



**ÉTUDE D'IMPACT
ENVIRONNEMENTAL ET
SOCIAL (EIES) DU «
REPOWERING » DU PARC
ÉOLIEN DE SIDI DAOUD**

**Rapport EIES
Version Finale – R11**

Août 2023

TABLE DES MATIERES

Résumé non Technique	i
1 Contexte et objectifs du projet.....	13
1.1 Introduction.....	13
1.2 Présentation des parties du projet.....	14
1.3 Projet de Repowering du parc Éolien de Sidi Daoud.....	16
2 Choix des éoliennes et configuration du réseau électrique.....	27
2.1 Éoliennes.....	27
2.2 Ligne souterraine d'interconnexion.....	27
2.3 Centre de transformation et cellules 33 kV.....	27
2.4 Poste électrique transformateur 33 / 90 kV.....	29
2.5 Réseau de mise à la terre.....	29
2.6 Tour du parc.....	30
2.7 Réseau de communications.....	30
2.8 Ligne de transmission haute tension (LHT).....	30
2.9 Impacts du parc éolien liés à la configuration choisie des éoliennes.....	31
3 Description de la phase de préconstruction.....	32
3.1 Travaux de génie civil.....	33
3.2 Installations électriques et électromécaniques à démanteler.....	33
3.3 Alternatives du démantèlement.....	33
4 Description des activités de chantier de construction.....	38
4.1 Chemin interne du parc éolien et voies d'accès.....	38
4.2 Plateformes de montage des éoliennes.....	46
4.3 Fondation des éoliennes.....	49
4.4 Études géotechniques projetées.....	52
4.5 Montage des éoliennes.....	54
4.6 Canalisations souterraines.....	56
4.7 Zone de stockage.....	57
4.8 Bureaux.....	58
4.9 Zone de regroupement et d'évacuation des déchets.....	58
4.10 Sécurité-incendie.....	58
4.11 Installations sanitaires.....	58
4.12 Réfectoires et dortoirs.....	58
4.13 Dépotoir.....	58
4.14 Ateliers de maintenance.....	59
4.15 Récupération et élimination des terres de fouille.....	59
4.16 Centrale à béton de chantier.....	59

4.17	Travaux de génie électrique du parc éolien.....	59
4.18	Servitudes existantes et prévues.....	59
4.19	Mise en service des éoliennes.....	60
5	Description de la phase d'exploitation.....	61
5.1	Production d'électricité.....	61
5.2	Intervenants et responsabilités.....	61
5.3	Gestion de la production électrique et surveillance à distance.....	61
6	Gestion des déchets du projet.....	64
6.1	Phase de construction.....	64
6.2	Phase d'exploitation.....	64
6.3	Phase de démantèlement.....	65
6.4	Récapitulatif de la génération des déchets par phase de projet.....	66
7	Cadre réglementaire et institutionnel.....	67
7.1	Cadre réglementaire national.....	67
7.2	Cadre institutionnel.....	75
7.3	Réglementation et normes adoptées par les bailleurs de fonds.....	77
8	Analyse de l'état initial du site et son environnement physique et naturel.....	87
8.1	Délimitation des aires de l'étude.....	87
8.2	Milieu physique.....	88
8.3	Milieu humain.....	106
8.4	Milieu naturel.....	116
9	Actions de consultation et d'information menées par le projet.....	154
9.1	Échanges avec la direction technique du projet à l'occasion des différentes études menées.....	154
9.2	Réunions tenues par les responsables du projet avec la population, les autorités locales et communales	154
10	Plan de consultation publique.....	155
10.1	Principes Généraux.....	155
10.2	Outils et Méthodes.....	155
10.3	Conclusion sur les consultations publiques.....	158
11	Identification et évaluation des impacts socioéconomiques et environnementaux.....	160
11.1	Méthodes d'évaluation de l'importance des impacts.....	160
11.2	Production mondiale d'énergie éolienne.....	161
11.3	Intérêt de l'énergie éolienne.....	162
11.4	Synthèse des contraintes environnementales issues de l'état initial.....	163
11.5	Impacts temporaires liés aux travaux de chantier.....	164
11.6	Impacts permanents et directs de la phase d'exploitation.....	169
11.7	Impacts liés à la phase de démantèlement.....	179
11.8	Impacts potentiels du projet sur la santé.....	180

11.9	Synthèse des impacts potentiels du projet sur l'environnement	184
12	Analyse des effets cumulatifs du projet avec d'autres projets dans la région	185
12.1	Parcs éoliens proches du site	185
12.2	Impact cumulatif sur le paysage	187
12.3	Impacts cumulatifs écologiques	188
12.4	Impacts de production énergétique	189
12.5	Impacts économiques et environnementaux	189
13	Mesures de prévention, de réduction, de compensation et d'accompagnement	190
13.1	Réglementation et mesures à prendre	190
13.2	Mesures préventives	191
13.3	Mesures à prendre pendant les phases de préconstruction et de chantier	191
13.4	Mesures préconisées pour la phase exploitation	194
13.5	Mesures compensatoires	200
13.6	Mesures d'accompagnement	200
13.7	Démantèlement et remise en état	203
14	Plan de Gestion Environnementale et Sociale	212
14.1	Objectifs du PGES	212
14.2	Mesures de bonification et d'atténuation	212
14.3	Mesures de prévention des risques	223
14.4	Plan de renforcement des capacités	225
14.5	Gestion des déchets et des sols contaminés	227
14.6	Gestion des matières dangereuses	227
14.7	Plan d'hygiène, sécurité, santé et urgence	228
14.8	Plan de suivi et de surveillance environnementale et sociale	230
14.9	Suivi de la biodiversité	236
14.10	Coûts estimatifs globaux du Programme de Gestion Environnementale et Sociale	238
14.11	Modèle d'acte d'engagement relatif à la mise en œuvre des mesures environnementales et sociales	239
15	Description de la zone C (hors zone d'étude)	240
16	Conclusions	241
17	Références consultées	243
18	Annexes	244

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation des centrales éoliennes de la STEG en Tunisie	16
Figure 2 : Localisation du parc éolien Sidi Daoud dans la Municipalité d'El Haouaria Nord, secteur Saheb Jebel Nord.....	17
Figure 3 : Carte de localisation de la zone d'étude (Comete ,2020)	18
Figure 4 : Carte des gisements éoliens à l'échelle de la Tunisie à 80m de hauteur (Atlas éolien de Tunisie, ANME)	19
Figure 5 : Augmentation annuelle de la demande en énergie en kWh par personne de 1972 à 2014 (Source Banque Mondiale : 18.09.2020).....	20
Figure 6 : Plan du site du projet de repowering porté sur fond topographique.	22
Figure 7 : Hiérarchie de l'utilisation des déchets (European Waste Framework Directive 2008/98/EC).....	32
Figure 8 : Équipements et servitudes existants sur le site	33
Figure 9 : Moyens et différentes alternatives de démolition/traitement des semelles de fondation des éoliennes (source : Scottish Natural Heritage 2013.)	36
Figure 10 : Longueur des principales composantes à transporter sur site.....	38
Figure 11 : Chemins existants du parc éolien	40
Figure 12 : Accès logistique pour la construction du parc éolien	40
Figure 13 : État d'une partie du sol et du réseau de drainage	41
Figure 14 : Chemins existants à maintenir (jaune) et ceux prévus pour aménagement (bleu)	41
Figure 15 : Section type du chemin.....	42
Figure 16 : Chemin principal d'accès aux éoliennes dans le parc	43
Figure 17 : Chemin du parc 1.....	44
Figure 18 : Chemin du parc 2 (B)	45
Figure 19 : Utilisation des plateformes symétriques pour l'optimisation de la conception du parc.....	48
Figure 20 : Utilisation des plateformes tournées pour l'optimisation de la conception du parc	49
Figure 21 : Conception en 3D de la fondation.....	50
Figure 22 : Schéma conceptuel de la fondation (Sans échelle).....	50
Figure 23 : Semelle préparée pour le coulage du béton	51
Figure 24 : Processus de coulage du béton après ferrailage.....	52
Figure 25 : Remplissage de la fondation.....	52
Figure 26 : Position des forages suivant le choix des positions des éoliennes.....	53
Figure 27 : Un exemple de descriptif des opérations de montage de la tour d'une éolienne.....	54
Figure 28 : Exemple de montage de pale d'éolienne	55
Figure 29 : Exemple de panneau d'affichage de prescriptions de sécurité.....	56
Figure 30 : Emplacement prévu pour les zones de stockage	57
Figure 31 : Normes appliquées aux Études d'Impact Environnemental et Social (Site Officiel : KfW Development Bank)	78
Figure 32 : Délimitation des aires d'étude du projet	87
Figure 33 : Projection des aires d'emprise du projet sur la carte topographique de la région.....	89
Figure 34 : Projection des aires d'emprise du projet sur la carte MNT.....	90
Figure 35 : Carte géologique simplifiée de la péninsule du Cap Bon (Extrait de la carte géologique au 1/500.000 de la Tunisie ; Service Géologique de la Tunisie).....	91
Figure 36 : Carte géologique de la zone d'étude située dans la partie Ouest du graben de Tazaghane. Extrait de la carte géologique à 1/50.000 de Sidi Daoud n°8 ; Service géologique de la Tunisie.....	92
Figure 37 : Carte pédologique de la plaine d'El Haouaria et de la zone du projet.	93
Figure 38 : Carte d'occupation des sols de la plaine d'El Haouaria et dans la zone du projet.....	93
Figure 39 : Carte des bioclimats de la partie Nord-Est de la péninsule du Cap Bon.....	94
Figure 40 : Diagramme ombrothermique de la station d'El Haouaria ; moyennes mensuelles de 1966 à 2010.....	95
Figure 41 : Variations des précipitations annuelles à la station d'El Haouaria sur une longue période (20 ans : 1966 à 2004) d'après la Direction Générale des Ressources en Eau (2004).	95
Figure 42 : Variation des précipitations annuelles durant huit ans (2012 à 2020) à la station d'El Haouaria, source : données ONAGRI, MARHP.	96
Figure 43 : Fréquence des vents dans la zone du projet et estimation du potentiel énergétique à différentes hauteurs, par différentes méthodes.	97
Figure 44 : Répartition du nombre annuel moyenne chute de grêle en Tunisie dans la période 1976-2005 (d'après INM). ...	98
Figure 45 : Carte hydrographique de la zone d'étude et des proximités de la ville d'El Haouaria.	99
Figure 46 : Niveaux piézométriques et écoulement de la nappe phréatique de la plaine d'El Haouaria.	100
Figure 47 : Carte de répartition des nappes phréatiques dans la région d'El Haouaria-Tazaghane.	100

Figure 48 : Carte de répartition des nappes profondes dans la région d'El Haouaria-Tazaghane.	101
Figure 49 : Carte de salinité de salinité (en g/L) des eaux de la nappe phréatique d'El Haouaria.	102
Figure 50 : Distribution des nitrates (en mg/L) dans les eaux de la nappe phréatique d'El Haouaria 'année 2001).	102
Figure 51 : Carte de l'aléa sismique (en fractions de g : accélération de la pesanteur) en Tunisie et dans le Bassin Méditerranéen.	105
Figure 52 : Séismes enregistrés durant les trois dernières décennies dans la région du Cap Bon, golfe de Tunis et golfe de Hammamet. (Source : Incorporated Research Institutions for Seismology).	105
Figure 53 : Couverture de la région du projet par le réseau Tunisie-Télécom par la téléphonie mobile (3G, 4G et 5G). Source : Tunisie Télécom 2020 (Bonne (bleu) à très bonne (bleu foncé) couverture.	107
Figure 54 : Carte du réseau routier dans la région d'El Haouaria.	108
Figure 55 : Carte du réseau de transport d'électricité de la Tunisie (situation 2016)	110
Figure 56 : Principaux ensembles naturels, réserves naturelles, sites protégés et sites RAMSAR situés dans l'aire éloignée du Projet.	119
Figure 57 : Situation d'un point d'écoute choisi près des éoliennes dans la partie Ouest du parc A et vues des habitats remarquables dans les quatre sens.	130
Figure 58 : Situation des éoliennes du parc actuel dans une zone d'étranglement entre deux collines pouvant constituer un corridor de vol d'oiseaux.	131
Figure 59 : Zone d'installation des éoliennes E41 et E42 (zone de repos et halte favorable pour les oiseaux)	132
Figure 60 : Carte du patrimoine archéologique à la pointe Nord du Cap Bon.	145
Figure 61 : Projection des points NSP de mesure sur la carte topographique du site.	147
Figure 62 : Projection des points NSP de mesure sur la photo satellite de Google.	147
Figure 63. Fréquence de vitesse de vent dans le site	148
Figure 64 : Projection des isolignes d'intensité du bruit pour le site de Sidi Daoud, sur la carte topographique. (13 x N149/4.5 MW)	149
Figure 65 : Projection des isolignes d'intensité du bruit pour le site de Sidi Daoud, sur la carte topographique. (13 x SG145/4.5 MW)	150
Figure 66 : Projection des isolignes d'intensité du bruit pour le site de Sidi Daoud, sur la carte topographique. (13xV136/4.2 MW)	151
Figure 67 : Capacité cumulée de production d'énergie éolienne et capacité installée annuelle dans le Monde en GW 161	161
Figure 68 : Kg équivalent carbone émis / tn équivalente pétrole pour divers énergies (Source : ADEME et EDF)	162
Figure 69 : Comportement des oiseaux face à une ligne d'éoliennes dans l'Aude-France (d'après le Bureau d'études ABIES & LPO Ligue, 2001).	171
Figure 70 : Axes de migration des oiseaux en Tunisie, dispersion et contournement du parc d'El Haouaria (Source : Ecoressources International, 2013).	172
Figure 71 : Bilan européen des mortalités avérées de chauves-souris sous les éoliennes (T. Dürr, 16.12.2015 : http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de)	174
Figure 72 : Bloc diagramme représentant géométriquement la perception future du parc éolien de Sidi Daoud 179	179
Figure 73 : Disposition actuelle des éoliennes du parc éolien de Sidi Daoud marquées sur une image de satellite Google.	185
Figure 74 : Description d'une éolienne AE61 actuellement installée dans la tranche C du parc à maintenir en service 186	186
Figure 75 : Poste de Menzel Témime 187	187
Figure 76 : Vue du parc éolien à partir du Jebel El Haouaria et impacts paysagers cumulatifs..... 187	187

TITRE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Augmentation relative du linéaire du réseau MT-BT de la STEG en 2019.....	14
Tableau 2 : Évolution du nombre de clients électricité (HT, MT, BT)	14
Tableau 3 : Bilan de production d'électricité par la STEG en 2019 (en GWh)	14
Tableau 4 : Équipements des centrales de la STEG en Tunisie	17
Tableau 5 : Principales caractéristiques du P. E. Sidi Daoud (tranches A et B) selon le choix d'éoliennes.	21
Tableau 6 : Coordonnées des éoliennes. Configuration I, II et III. UTM WGS84, fuseau 32	22
Tableau 7 : Coordonnées du polygone d'emprise du poste électrique du parc (fuseau 32, UTM WGS84).....	23
Tableau 8 : Échéancier des activités principales de la phase de préconstruction	25
Tableau 9. Caractéristiques communes des cellules du réseau de moyenne tension.....	29
Tableau 10 : Impacts permanents / temporaires du P. E. Sidi Daoud.....	31
Tableau 11 : Sommaire des options de traitement pour chaque composante de la phase de préconstruction (démolition de l'existant avant Repowering).	37
Tableau 12 : Fuseau granulométrique des calibres (pourcentage de poids)	43
Tableau 13 : Tracé géométrique du chemin principal	44
Tableau 14 : Tracé géométrique du chemin du parc 1.....	45
Tableau 15 : Tracé géométrique du chemin du parc 2 (B).....	45
Tableau 16 : Résumé de quantités	45
Tableau 17 : Estimation de sol granulaire pour la conception des plateformes	48
Tableau 18 : Paramètres géotechniques par type de matériau.....	50
Tableau 19 : Prédimensionnement de la semelle (cas d'exemple).....	51
Tableau 20 : Quantification des matériaux pour la fondation (cas d'exemple).....	51
Tableau 21 : Positions considérées pour la réalisation des sondages.....	53
Tableau 22 : Quantités estimées de déchets de maintenance d'une des nouvelles éoliennes	65
Tableau 23 : Synthèse de la production de déchets du projet et leur traitement.	66
Tableau 24 : Valeurs limites fixées (seuils en décibels) par l'arrêté du président de la municipalité Maire de Tunis du 22/08/2000.	70
Tableau 25 : Normes environnementales et sociales de la Banque Mondiale pouvant être déclenchées par le Projet	81
Tableau 26 : Températures mini-maxi et moyennes mensuelles de température et de précipitation de la station El Haouaria.	95
Tableau 27 : Données pluviométriques de la péninsule du Cap du 18 au 26 septembre 2018 relatives aux inondations catastrophiques de la journée du 23.09.2018 (valeurs en mm), source : données ONAGRI.	96
Tableau 28 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) à la station d'El Haouaria (1968-2004 ; INM, 2005)	96
Tableau 29 : Quantités estimées d'eau industrielle pour les besoins du projet.....	103
Tableau 30 : Récapitulatif des risques naturels et technologiques dans la zone du projet (municipalité El Haouaria Nord).	104
Tableau 31 : Taux de couverture des infrastructures de services publics dans la zone	107
Tableau 32 : Chefs de ménage enquêtés, classés selon le genre.....	112
Tableau 33 : Classes d'âge de la population enquêtée.....	112
Tableau 34 : Situation matrimoniale des personnes interrogées	113
Tableau 35 : Structure de la famille dans la zone d'étude	113
Tableau 36 : Résidence permanente ou provisoire des chefs de famille par rapport à la zone du projet.....	114
Tableau 37 : Distance des habitations par rapport à la zone du projet en kilomètres.....	114
Tableau 38 : Caractéristiques des maisons de la population enquêtée.....	115
Tableau 39 : Occupation des ménages enquêtés.....	115
Tableau 40 : Répartition des activités des ménages par secteur.....	115
Tableau 41 : Liste des parcs nationaux de Tunisie	117
Tableau 42 : Liste systématique de l'herpétofaune du Cap-Bon (d'après Nouira, 2001)	122
Tableau 43. Liste systématique des mammifères marins (Bradai & Karaa, 2015) et non marin (Cheniti, 2001 ; Koepfli et al., 2015) y compris les chiroptères (Dalhoumi et al., 2011) du Cap-Bon.....	123
Tableau 44. Calendrier d'échantillonnage	124
Tableau 45. Liste des espèces de chauve-souris de la Tunisie et leur statut de conservation global selon la liste rouge de IUCN (2020). VU – Vulnérable, NT – Quasi menacé, LC – Préoccupation mineure, DD – Données insuffisantes.	125
Tableau 46. Espèces/genres de chauves-souris détectées par détection acoustique et leur statut de conservation global selon la liste rouge de IUCN (2020) : VU – Vulnérable, NT – Quasi menacé, LC – Préoccupation mineure, DD – Données	

insuffisantes ; N. points - nombre de points d'échantillonnage où chaque espèce a été détectée ; N. contacts – nombre total de contacts pour chaque espèce.	126
Tableau 47. Liste systématique des espèces d'oiseaux en migration observés sur l'aire d'étude	129
Tableau 48 : Liste des espèces d'intérêt (sédentaires : en fond vert ; migratrices en fond blanc).....	133
Tableau 49. Liste totale des espèces enregistrées dans l'aire de Sidi Daoud et statut de conservation. Catégories de la Liste Rouge de l'UICN mentionné dans le tableau : Vulnérable (VU), Quasi Menacé (NT) et Préoccupation Mineure (LC). * Espèces d'oiseaux planeurs. Phénologie : S – Sédentaire ; H - Hivernant ; MP - Migrant de passage ; NM – Nicheur migrateur	136
Tableau 50. Liste totale des espèces enregistrées dans l'aire de Sidi Daoud et statut de conservation (résultats des campagnes automne et hivernale). Catégories de la Liste Rouge de l'UICN mentionné dans le tableau : Vulnérable (VU), Quasi Menacé (NT) et Préoccupation Mineure (LC). * Espèces d'oiseaux planeurs. Phénologie : S – Sédentaire ; H - Hivernant ; MP - Migrant de passage ; NM – Nicheur migrateur.....	139
Tableau 51 : Points potentiels d'impact de bruit pour le site de Sidi Daoud (UTM WGS84, fuseau 32).....	146
Tableau 52 : Résultats de la perception du bruit aux points NSP considérés (configuration I).....	149
Tableau 53 : Résultats de la perception du bruit aux points NSP considérés (configuration II).....	150
Tableau 54 : Résultats de la perception du bruit aux points NSP considérés (configuration III).....	151
Tableau 55 : Résultats de la simulation stroboscopique à l'emplacement des sites de mesures choisis.	153
Tableau 56 : Plan de consultation publique et de divulgation de l'information.....	157
Tableau 57 : Critères d'évaluation des impacts	160
Tableau 58 : Bilan électricité de la Tunisie de 2016 à 2018 (en GWh)	163
Tableau 59 : Synthèse des sensibilités techniques, paysagères, environnementales et socioéconomiques du projet Repowering.	164
Tableau 60 : Impacts positifs majeurs du projet de Repowering (LT long terme = 5 à 20 ans)	184
Tableau 61 : Impacts temporaires majeurs du projet sans mesures compensatoires (CT= Court terme 0 à 1 an)	184
Tableau 62 : Impacts permanents majeurs du projet nécessitant des mesures de réduction.....	184
Tableau 63 : production moyenne annuelle d'électricité	189
Tableau 64 : Coûts des mesures réductrices (PM : C'est une locution utilisée pour dire qu'il y a bien un impact, qu'il faut retenir mais qui ne nécessite pas de dépenses, pour mémoire. ; À évaluer : nécessité de conduite d'une étude rigoureuse en début d'exploitation pour évaluer les coûts de mesures palliatives : bridage de certaines éoliennes par exemple).....	204
Tableau 65 : Coûts des mesures d'accompagnement (PM : pour mémoire)	211
Tableau 66 : Mesures de bonification et/ou d'atténuation des impacts positifs et négatifs significatifs du Projet	213
Tableau 67 : Mesures de prévention des risques	223
Tableau 68 : Budget du plan de renforcement des capacités.	226
Tableau 69 : Activités à entreprendre pour l'évaluation de l'application des mesures recommandées dans le PGES.....	231
Tableau 70 : Indicateurs de suivi et de contrôle des mesures d'atténuation du PGES et niveau de performance exigé	232
Tableau 71 : Programme de Suivi Environnemental et Social	233
Tableau 72 : Coûts estimatifs des mesures de bonification, d'atténuation ou compensation des impacts potentiels du PGES	239

REVISION DE DOCUMENTATION

Rev 00 : Décembre 2020
Rev 01 : Janvier 2021
Rev 02 : Mai 2021
Rev 03 : Août 2021
Rev 04 : Octobre 2021
Rev 05 : Août 2022
Rev 06 : Septembre 2022
Rev 07 : Novembre 2022
Rev 08 : Décembre 2022
Rev 09 : Janvier 2023
Rev10 : Mai 2023
Rev 11: Août 2023

ABRÉVIATIONS

AASTHO	American Association of State Highway and Transportation Officials
ANGed	Agence Nationale de Gestion des Déchets
ANME	Agence Nationale de Maitrise de l'Energie
ANPE	Agence Nationale de Protection de l'Environnement
APD	Avant-Projet Détaillé
APS	Avant-Projet Sommaire
BP	Before Present
BT	Basse Tension
CAPEX	Capital Expenditure
CBR	California Bearing Ratiotest
CCNUCC	Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements climatiques
CES	Cadre Environnemental et Social
CESD	Centrale Électrique Sidi Daoud
CMS	Control Monitoring System
CND	Contribution Nationale Déterminée
COPIIL	Comité de Pilotage
CRC	Comité de reconnaissance et de Réconciliation
CRDA	Commissariat Régional au Développement Agricole
dB(A)	Décibel acoustique
DGAT	Direction Générale de l'Aménagement du Territoire
DGPC	Direction Générale des Ponts et Chaussées
DGRE	Direction Générale des Ressources en Eau
DHU	Direction de l'Hydraulique Urbaine
DTN	Dinars Tunisiens
EHS	Environnement, Hygiène sécurité
EIE	Étude d'Impact sur l'Environnement
EIES	Étude d'Impact Environnemental et Social
ENR	Energie Renouvelable
ENRC	Energie renouvelable non Conventionnelle
EPC	Engineering Procurement Constructon
EPI	Équipement de Protection Individuel
ETP	Evapo-Transpiration
fck	Résistance caractéristique à la compression de béton
FTE	Fonds de Transition énergétique
GES	Gaz à Effet de Serre
GW	Gigawatt
HSE	Hygiène, Sécurité, Environnement
HT	Haute Tension
INM	Institut National de la Météorologie
ISP	Institut Supérieur du Patrimoine
JORT	Journal Officiel de la République Tunisienne
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
kV	kilovols
kWh	kilowatt par heure
LED	Diode Electroluminescente

LIDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
Ma	Million d'année
ME	Ministère de l'Environnement
mg/L	Milligramme par Litre
MGP	Mécanisme de Gestion des Plaintes
MO	Matière Organique
MT	Moyenne Tension
Mtep	Millions de Tonnes Equivalent-Petrole
MW	Mégawatt
MWh	Mégawatt par Heure
NSP	Noise Sensibility Point
OACA	Office de l'Aviation Civile et des Aéroports
OCDE	Organisation de Coopération et de Développement Économique
ODD	Objectifs de Développement Durable
OIT	Organisation Internationale du Travail
ONG	Organisation non-Gouvernementale
ONPC	Office National de la Protection Civile
PAP	Partie Affectée par le Projet
PAR	Plan d'Action de Réinsertion
PCB	Polychlorobiphényle
PCT	Polychloroterpène
PE	Parc Éolien
PEPP	Plan d'Engagement des Parties Prenantes
PES	Politiques Environnementale et sociale
PET	Polyéthylène Téréphtalate
PHSSU	Plan d'Hygiène, Santé, Sécurité et Urgence
PMGP	Plan du Mécanisme de Gestion des Plaintes
PO	Politique opérationnelle
POI	Plan d'Opération Interne
PST	Plan Solaire Tunisien
PVC	Polychlorure de Vinyle
RIO	Rio de Janeiro
RN	Route Nationale
RR	Route Régionale
SAMU	Service d'Aide Médicale Urgente
SCADA	Supervisory Control and Data Acquisition
STEG	Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz
TEqCO2	Tonne Équivalent Gaz carbonique
tn	Tonne
UGP	Unité de Gestion du Projet
UICN	Union Internationale de la Conservation de la Nature

RESUME NON TECHNIQUE

INTRODUCTION

Les parcs éoliens, surtout ceux de nouvelle génération, comportent des aérogénérateurs dont les mâts dépassent 80m, et la hauteur sommet de pale, 165m. En Tunisie comme en Europe, ces parcs sont au regard de la loi, des installations classées pour la protection de l'environnement et doivent faire l'objet d'une demande d'autorisation. La demande d'autorisation administrative a récemment été définie par la loi n°2015-12 du 11 mai 2015 relative à la production d'électricité à partir des EnR, telle que modifiée par la loi n°2019-47 du 29 mai 2019 sur l'amélioration du climat des affaires. Le décret gouvernemental n° 2016-1123 du 24 août 2016, fixe les conditions et les modalités de réalisation des projets de production et de vente d'électricité à partir des ENR.

Pour l'autorisation de construction d'un parc éolien, l'étude d'impact sur l'environnement (décret 2005-1991 du 11 juillet 2005) et l'EIES exigée par les Bailleurs de Fonds constituent la pièce maîtresse du dossier de demande d'autorisation du parc éolien. Le décret gouvernemental n° 2016-1123 du 24 août 2016, fixe le contenu du dossier de demande d'autorisation et les modalités d'instruction et de délivrance.

L'étude d'impact environnemental et social comme exigé par les Bailleurs de Fonds (dont la KfW), détaille les thématiques suivantes :

- les noms et qualité du porteur du projet ;
- les noms et qualités du ou des auteurs et contributeurs de l'étude ;
- une description du projet (objectifs, alternatives, justifications, etc.) ;
- une analyse de l'état initial du site du projet ;
- une analyse des impacts environnementaux et sociaux du projet, y compris ses impacts cumulés ;
- l'analyse de compatibilité du projet avec les schémas directeurs et plans de développement urbain, et des programmes y afférents ;
- une présentation des méthodes et des éventuelles difficultés rencontrées lors de la réalisation de l'EIES ;
- les mesures d'évitement, de réduction, de compensation ou d'accompagnement.

L'EIES doit aussi être accompagnée d'un résumé non technique, dont l'objet est de faciliter la prise de connaissance par le public des informations contenues dans l'étude d'impact environnemental et social. Celle-ci constitue une pièce majeure de la demande de financement et d'autorisation d'installation.

Le résumé non-technique représente une synthèse des éléments développés dans l'EIES. Pour des informations plus exhaustives sur le projet, il est toujours nécessaire de se reporter au rapport de l'EIES et aux documents annexes.

L'étude d'impact et autres études spécifiques ont été réalisées par des bureaux d'études indépendants, mandatés par la STEG.

Domaine d'intervention	Société
Étude d'Impact Environnemental et Social	Comete Enginnering
Plan d'Engagement des Parties Prenantes	Comete Enginnering
Étude de faisabilité	Barlovento Recursos Naturales
Étude de bruit (en annexe)	Barlovento Recursos Naturales
Étude d'ombrage (stroboscopique) (en annexe)	Barlovento Recursos Naturales

L'étude d'impact environnemental et social et les études spécifiques annexes sont présentées séparément. Les méthodologies employées par les différents bureaux d'étude ont permis d'identifier et de hiérarchiser l'ensemble des enjeux environnementaux et socio-économiques et les sensibilités et vulnérabilités des composantes de l'environnement régional et local. Une description et une analyse complète de l'état initial de la zone du projet permet de proposer la conception du parc éolien, la plus respectueuse de l'environnement. Les méthodologies adoptées sont conduites selon les recommandations dans le Guide : "Environmental, Health and Safety Guidelines for Wind Energy" du Groupe de la Banque Mondiale.

PROJET DE REPOWERING DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD (CAP BON, TUNISIE)

Le présent document, résumé non technique de l'étude d'impact environnemental et social, accompagne la demande de financement et d'autorisation pour un projet éolien situé dans la Péninsule du Cap Bon en Tunisie, au gouvernement de Nabeul (Délégation d'El Haouaria, commune d'El Haouaria Nord).

Le projet concerne la construction de treize (13) éoliennes d'une puissance unitaire de 4,2 à 4,5 MW selon le choix du modèle d'éolienne à retenir, soit une puissance totale du parc de 54,6 à 58,5 MW. Ces éoliennes viendront en remplacement celles installées dans le parc éolien de Sidi Daoud existant. Ces dernières installées en deux tranches (Tranche A, en 2000 ; et tranche B, en 2003), sont venues en fin de vie et doivent donc être démantelées au préalable, avant l'installation des treize éoliennes de nouvelle génération.

Porteur du Projet : Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz, Tunisie.

Le développement du présent projet a été assuré par les services de la STEG-en étroite collaboration avec la KfW et la Société Espagnole Barlovento Recursos Naturales. L'exploitation parc éolien de Sidi Daoud est assurée par la STEG.

Nouvelle puissance totale du parc : 88,9 à 92,8 MW

L'étude de faisabilité du parc éolien de Sidi Daoud qui sera constitué de treize 13 nouvelles éoliennes (choisies, comme cas d'exemple, parmi les marques : Nordex-Acciona N149-4.5 MW, Siemens- Gamesa SG145-4.5 MW, Vestas V136 / 4.2 MW), plus 26 aérogénérateurs MADE AE61 (1.3 MW/unité). Ces dernières ont un mât haut de 58 et une hauteur sommet de pale de 90,5 m. Les nouvelles éoliennes auront un mât d'environ de 100m, avec hauteur sommet de pale qui avoisine 180m.

Production estimée : Le parc en exploitation permettra une production annuelle de plus de 200 GWh. Ceci représente la consommation de plus de 100.000 foyers par an, sur la base d'une consommation de 2000 kWh par foyer/an. L'éolienne ne produit pas de GES contre une production moyenne de ces gaz de l'ordre de 180 g/kWh effectif pour une centrale à cycle combiné (gaz-fuel), et de plus de 1000 g/kWh effectif, pour une centrale au charbon.

JUSTIFICATIONS DU CHOIX DU PROJET

a) Contexte énergétique

La politique énergétique en Tunisie est d'accélérer l'investissement et le développement des énergies renouvelables, en particulier l'éolien. Dans l'après 2011, le pays a pris beaucoup de retard dans ce domaine, en parallèle du creusement sensible du déficit énergétique global. Il a aussi pris des engagements dans le cadre de l'Accord de Paris pour la lutte contre les effets pervers du climat, entré en vigueur le 4 novembre 2016, et pour réduire son bilan d'émission de carbone de 41% par rapport à l'année de base 2010 (CND ; en TeqCO_2) à l'Horizon (2030). Ceci vise également à renforcer l'indépendance énergétique en équilibrant mieux les différentes sources d'approvisionnement, et en évitant les fluctuations de prix des fuels fossiles étroitement liés aux fluctuations des prix dues à des changements de politiques des pays producteurs.

Le projet éolien contribue aussi sensiblement à augmenter la part des énergies renouvelables dans la capacité installée de la STEG et de ses partenaires pour la production d'énergie électrique.

b) Choix du site d'implantation

Sur la base de réflexions et d'études techniques, le porteur de projet s'est intéressé aux progrès de la technologie dans le domaine, et à l'exploitation de l'énergie dynamique du vent dans l'une des régions au potentiel éolien le plus élevé. La nécessité de démantèlement des éoliennes des deux tranches A et B du parc existant venant en fin de vie, s'impose également. Il a donc été judicieux de choisir un projet dans la commune d'El Haouaria Nord qui s'est accoutumée à la présence de ce type d'activité depuis deux décennies. Par son implantation dans une zone inhabitée, le développement de ce parc éolien se conforme aussi aux Schémas Directeurs de Développement nationaux et régionaux, et à l'équipement des zones les plus défavorisées du pays pour créer une nouvelle dynamique de développement économique et social.

Le site du parc éolien pour ses deux tranches A et B à rééquiper occupe un "platier" de la ligne de crête d'un chaînon de collines orienté en Ouest-Est Ouest dans la commune d'El Haouaria Nord, mis chemin entre la ville de Sidi Daoud sur la côte Ouest de la péninsule du Cap Bon, et la ville d'El Haouaria située à la pointe NE de cette péninsule.

Le projet a débuté en 2019. La STEG, en collaboration de la KfW pour le financement et de la Société Barlovento Recursos Naturales, basée en Espagne, pour les aspects techniques, a commencé la présentation de ce projet de Repowering à ses partenaires dans le domaine, aux autorités du gouvernement de Nabeul et aux communes des voisinages du parc éolien existant de Sidi Daoud.

Ce projet est apparu bien soutenu par ces autorités régionales et communales, mais aussi par les partenaires. Plusieurs réunions d'échange d'information et de concertation ont été conduites dans la période de 2019, pour assurer l'intégration des équipements projetés et rendre plus cohérent le développement futur du parc éolien de Sidi Daoud.

En plus du soutien politique auprès du gouvernement, des autorités régionales et des élus communaux, l'acceptabilité des propriétaires privés des parcelles agricoles de la zone rurale d'implantation et des représentants de la société civile, le projet a déjà pris son cheminement dans un contexte de pôle de développement industriel dans une zone favorable pour ce type d'activité industrielle propre.

c) Choix de la variante de projet

L'objectif majeur fût le choix de la variante d'implantation parmi plusieurs partis, en prenant en considération les différentes contraintes techniques connues sur l'aire d'étude, mais aussi les contraintes écologiques et paysagères relevées par les experts. Ces contraintes ont été organisées par ordre de priorité afin de hiérarchiser les critères selon leur degré d'importance. Les résultats de l'étude ont permis au porteur de projet de comparer plusieurs variantes d'implantation, et de les soumettre aux avis des experts en technologie de l'éolien, paysage, ombrage, écologie et acoustique, etc., qui ont pu apporter leur analyse et leur avis.

Ainsi l'implantation des éoliennes choisie, suit de près le tracé des éoliennes des tranches A et B du parc à démanteler. C'est cette variante qui représente la meilleure implantation du point de vue globale et engendre un moindre impact sur l'environnement, tout en conservant les servitudes existantes et une partie du réseau de transport d'électricité, et en affectant la superficie minimum de terrains supplémentaires en cours de travaux. Les avantages de la variante finale sont présentés dans le tableau ci-dessous :

Le projet final sera constitué de treize (13) nouvelles machines à choisir parmi trois modèles qui s'équivalent ou presque sur le plan technologique et de puissance nominale (Nordex-Acciona N149-4.5 MW, Siemens- Gamesa SG145-4.5 MW, Vestas V136 / 4.2 MW)¹. Il sera aussi supplanté par les vingt-six aérogénérateurs MADE AE61 gardés en service jusqu'à l'horizon 2030.

La hauteur du mât de ces nouvelles éoliennes varie de 90 à 105 m, et le diamètre du rotor de 136 à 149 m, ce qui conduit à une hauteur sommet de pale de l'ordre de 180 m au maximum. La puissance nominale dépendra du fabricant à choisir dans le cadre de l'Appel d'offre d'approvisionnement. Le tableau suivant présente les éoliennes :

Alternative	Nordex-Acciona	Siemens- Gamesa	Vestas
Configuration	I	II	III
Fabricant / Modèle d'éolienne	N149-4.5 MW	SG145-4.5 MW	V136 / 4.2 MW
Nombre d'éoliennes	13	13	13
Hauteur de moyeu (m)	105	90	105
Diamètre du rotor (m)	149	145	136
Puissance totale installée (MW)	58.5	58.5	54.6

Les travaux nécessaires pour l'exécution de ce repowering d'une partie (tranches A et B) du parc englobent la réalisation des installations suivantes :

- Voies d'accès, plateformes et fondations pour les éoliennes proposées ;
- Fourniture, installation et montage de 13 éoliennes ;
- Construction des canalisations souterraines du réseau à 33 kV (MT).
- Extension du poste électrique existant 33 / 90 kV.

¹ La sélection de ces trois turbines pour l'exemple n'est pas une recommandation du bureau d'études sur le modèle de turbine à choisir pour le projet du Repowering du parc éolien de Sidi Daoud. La décision finale devra être prise après le processus d'appel d'offres et prendra en considération d'autres aspects, comme l'évaluation économique du projet.

ANALYSE DU MILIEU PHYSIQUE

a) État initial

Le secteur du projet se positionne à la transition des entités paysagères des reliefs de la partie Nord-Est de la péninsule du Cap Bon et la plaine littorale d'El Haouaria. La géologie est dominée par des dépôts sableux du Pliocène et du Quaternaire formant les réservoirs d'aquifères, qui reposent sur des dépôts siliclastiques du Miocène supérieur déposés dans le fossé tectonique de Tazaghane.

Le site d'implantation du projet se situe sur la ligne de crête d'un chaînon de collines et sur ses contreforts Est occupés par des maquis et garrigues déboisés. Le substratum rocheux est dur, recouvert par un manteau de sols lithiques peu évolués. Ce site s'inscrit dans le contexte physiographique de fossé, dans un paysage rural, et à l'écart des agglomérations.

Le climat local est à tendance subhumide qui se caractérise par sa douceur, des écarts de température favorables à l'implantation du projet, et par des phénomènes extrêmes peu nombreux (vents, orages, tonnerre, canicule et sirocco, etc.). Les vents, principalement de direction Nord-Ouest au Sud-Est, sont dominants en cours d'année et favorables à l'implantation du parc éolien. Les eaux souterraines sont drainées vers l'axe du fossé du Tertiaire de Tazaghane et s'écoulent vers la côte Ouest de la péninsule comme indiqué par les lignes d'écoulement. Aucune source ne se trouve dans l'aire d'étude immédiate ou rapprochée.

Au point de vue des risques naturels, les communes de l'aire d'étude sont soumises au risque climatique (inondations, séismes, canicule, etc.) assez diffus qui se porte sur l'ensemble du territoire de la péninsule. La commune d'El Haouaria Nord qui accueille le projet, se classe en zone à aléa sismique faible. **L'enjeu global est jugé faible à nul.**

b) Impacts et mesures

Impact de la phase de travaux

Celle-ci englobe les travaux de démantèlement des éoliennes existantes venant en fin de vie, la remise en état et les travaux de construction des nouvelles 13 éoliennes, et aménagements et équipements connexes.

L'étude du démantèlement propose le recyclage, le retrait des câblages d'évacuation d'électricité, leur enlèvement, et le recyclage partiel des composantes des machines. Aucune manipulation d'huiles ou de graisse n'est prévue en cours de démontage, ce qui rend le risque de pollution pratiquement nul.

L'impact sur les formations géologiques sera négligeable car les travaux de décapage des plateformes et la démolition des fondations existantes, mais aussi les activités de terrassement pour les chemins d'accès, les nouvelles plateformes de montage, les postes de livraison et les nouvelles fondations resteront superficiels et ne nécessiteront pas de forage profond.

Impact en phase d'exploitation

L'installation du parc éolien à la place de l'existant, n'impliquera pas de changement de vocation de terres agricoles. La surface touchée (chemins d'accès et virages nouvellement créés, plateformes de grutage, fondations des éoliennes, emprise des postes de livraison) sera minimale, dans un espace qui continuera à être exploité par les agriculteurs riverains. Il est ainsi possible de conclure que les risques d'érosion, s'ils ont lieu, seront relativement équivalents à ceux déjà existants avant la phase de travaux.

Les risques de mouvements de terrain (glissement, tassement différentiel) et ceux induits par la remontée de nappe sont faibles. Une étude géotechnique est programmée avant commencement du chantier. Cette étude permettra de s'assurer de l'absence de cavités artificielles ou naturelles (karsts) au droit de chaque éolienne et son chemin d'accès. De même, l'étude permettra de valider le type de fondations à utiliser.

Les risques de pollutions éventuelles des sols sont très limités. Les éoliennes sont normalement munies de détecteurs de niveaux d'huile et de détecteurs d'incendie, permettant de prévenir toute fuite d'huile et de déclencher l'urgence d'arrêt immédiat de l'éolienne.

Mesures d'évitement et de réduction pendant le chantier : Pas de stockage d'hydrocarbures à proximité des zones sensibles – Entretien du matériel de chantier – disponibilité d'un Kit de dépollution d'urgence.

Mesures d'évitement et de réduction pendant l'exploitation : Choix des éoliennes contenant la quantité la plus faible de substances polluantes et des équipements antifuites.

Enjeu jugé faible à nul,	Effet de pollution est négligeable	Impact est jugé négligeable.
--------------------------	------------------------------------	------------------------------

Impacts en phase démantèlement

Cette phase est assez virtuelle puisqu'elle peut déboucher sur un nouveau projet de rééquipement (repowering). Cela n'introduira pas plus d'impacts sur le milieu physique que ceux qui viennent d'être cités en phase de préconstruction plus haut.

ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT HUMAIN

a) État initial

- **Activité économique** : Le site s'insère dans un cadre rural à vocation principalement agricole où les exploitants pratiquent essentiellement des activités céréalières, fourragères et de maraichage, mais aussi de la pêche. Les principales agglomérations de pivot à l'activité économique sont Sidi Daoud, Borj Essalhi, Menzel Salem, Ghourmene, Saheb Jebel. Les alentours du projet présentent un faible nombre de structures touristiques et d'hébergements. **L'enjeu est jugé faible**

- **Urbanisme** : La commune d'El Haouaria Nord est soumise à la réglementation sur l'urbanisme et aux schémas et programmes d'urbanisation. Il n'existe donc pas de zone destinée à de futures habitations et le projet éolien se situe à plus de 350 m des habitations existantes. **L'enjeu est jugé faible.**

- **Contraintes techniques** : Les principales contraintes techniques à prendre en compte dans le schéma d'implantation sont les voies de circulation, les lignes électriques de moyenne et basse tensions nécessaires. L'avis de l'ensemble des services de l'État sera demandé pour l'autorisation de construction afin de prévenir toute contrainte inattendue sur le site. **L'enjeu est jugé faible.**

- **Environnement sonore** : Les niveaux sonores simulés sont variables entre le jour et la nuit, mais de manière générale les niveaux attendus sont caractéristiques d'un environnement urbain à suburbain, et dans le cas de la plupart des éoliennes l'environnement est plutôt rural, calme et éloigné de tout habitat ou infrastructure de transport importante. Dans les zones inhabitées, la valeur du seuil à considérer serait du 70 dB² dans toutes les configurations de choix d'éoliennes. Néanmoins, les études de bridage de certaines machines peuvent facilement être conduites et peuvent apporter la remédiation nécessaire. **L'enjeu peut être jugé faible à moyen.**

b) Impacts et mesures

- **Activité économique** : Lors des chantiers de construction et de démantèlement, l'impact pour l'activité économique des communes alentours sera positif. Des entreprises de transport, de génie civil et électrique seront mandatées pour construire et démanteler le parc. Cette activité sera aussi stimulée et augmentée par de nombreux services (personnes affectées aux travaux, restauration, hôtellerie, etc.). Le recyclage des composantes à démanteler stimulera également les activités de bureaux d'études, de sociétés de recyclage des métaux, etc.

- **L'impact sur l'activité agricole** sera modéré et temporaire. Cet impact est surtout la gêne occasionnée quant à l'accès des riverains à leurs parcelles agricoles. Selon le rapport des plaintes, le nombre des parcelles directement impactées sont de 10 pour les phases A et B. Pour la phase A, il existe 06 parcelles touchées par le projet. Il s'agit de 04 parcelles où des anciennes éoliennes ont été installées et 02 parcelles que seront touchées lors de la phase de chantier. Les informations nécessaires sont insérées dans le rapport du Plan succinct de réinstallation PSR.

Durant la phase d'exploitation du parc éolien des emplois indirects seront créés pour la maintenance et l'entretien des machines ou encore pour les suivis environnementaux effectués ponctuellement.

Le parc éolien de Sidi Daoud génèrera aussi des **retombées économiques financières** qui au-delà de la production d'électricité, sera source de taxes à l'échelle nationale (TVA) et à l'échelle locale (TCL).

Mesures d'évitement et de réduction pendant le chantier : Site éloigné de tout enjeu – Entreprises mandatées localement.

Mesures d'évitement et de réduction pendant l'exploitation : Voies d'accès positionnées en concertation avec les propriétaires et exploitants – Câbles électriques enterrés et fondations recouvertes.

Enjeu jugé faible	Effet global positif	Impact global positif
-------------------	----------------------	-----------------------

Contraintes techniques : Les différents réseaux aériens et enterrés à démanteler ou à créer ont été répertoriés et sont connus et planifiés par le porteur du projet. Il n'existe donc aucun impact n'est attendu sur les réseaux en phase de

² Pour les zones industrielles et commerciales, selon la Directive sur les bruits de la Banque Mondiale

travaux comme en phase d'exploitation. Le parc n'induit pas de coupure accidentelle d'électricité ou de téléphone. Les voiries susceptibles d'être les plus impactées tant en phase chantier qu'en phase d'exploitation sont la RR1 et la RR 26 et la RD 946 lors de passages des camions et engins lourds de chantier ou aux véhicules légers pour la maintenance classique, mais ces gênes demeureront temporaires.

Mesures d'évitement et de réduction : Prise en compte des réseaux présents sur le site – Implantation des éoliennes à l'écart des principaux réseaux – Remise en état complète des voies en cas de dégradation – mesures de sécurité pour les voies de circulation utilisées lors du chantier.

Enjeu jugé faible	Effet faible à nul	Impact global faible à nul
--------------------------	---------------------------	-----------------------------------

- **Environnement sonore**

Phase chantier : les nuisances sonores seront dues à la circulation et à l'usage des engins de chantiers.

Phase d'exploitation des éoliennes : la réglementation à Tunis impose une limite de sonorité ne dépassant pas 60 dB(A) de jour et 50 dB(A) de nuit (zones urbaines et suburbaines), de 55 dB(A) de jour et 45 dB(A) de nuit (Zones urbaines) et ne dépassant pas 70 dB(A) pour une zone industrielle. Ces mesures sont à respecter. En plus de cela, les directives de la Banque Mondiale en matière de santé sont aussi à respecter.

Dans le cas du présent rapport, l'habitation isolée la plus proche d'éoliennes est située à Borj Essalhi à 356 m (par rapport aux nouvelles éoliennes de la phase A), ce qui réduit considérablement la perception du bruit.

Mesures d'évitement et de réduction en phase de travaux :

- Précautions appropriées pour limiter le bruit tel que l'interdiction de l'usage des appareils de communication sonores (sirènes, haut-parleurs...).
- Les engins devront être conformes aux dispositions en matière de limitation de leurs émissions sonores.
- Travaux réalisés uniquement de jour.

Mesures d'évitement et de réduction en phase d'exploitation :

Technique de bridage des éoliennes proches d'habitations même isolées, notamment de nuit (le cas échéant).

Enjeu jugé faible à moyen	Effet moyen	Impact faible à moyen
----------------------------------	--------------------	------------------------------

Mesures de suivi : Suivi acoustique après la mise en service pour résoudre le mode de bridage si nécessaire, dans les conditions les plus économiques. Ceci peut rendre **un impact négligeable**.

- **Ombrage**

Les éoliennes choisies ont une hauteur de 180 m sommet de pale au maximum. L'ombrage intermittent de ces grands aérogénérateurs sera important. Aucun bâtiment (bureaux ni d'habitation) n'existe à moins de 250m d'une éolienne là où l'ombrage est d'impact maximum. Une étude de simulation des ombres portées a été réalisée (étude stroboscopique, disponible en annexe 06) au niveau des zones d'habitations et des voies de circulation les plus proches (RR26, Routes Locales environnantes, habitations, etc.) dans le souci de respecter le voisinage et de remédier à l'effet d'ombrage.

Le calcul de simulation ne prend en compte ni les bosquets et haies, ni les bâtiments et constitue donc le cas le plus pénalisant. D'après les résultats obtenus, les ombres occasionneront un impact, notamment les agglomérations situées à l'Ouest, et Menzel Salem à l'Est, seront sujettes aux effets de papillotement.

Les valeurs en heures par année de l'ombre attendue (hh :mm) varient entre zéro et 211h par an, dépendant du point de contrôle choisi pour simulation. Le réseau routier passant autour du site sera le plus impacté par l'ombrage plus que les habitations, du fait de sa proximité avec les éoliennes. L'effet réel ressenti par l'utilisateur des routes est différent par rapport à ce même effet pour une personne au repos. Pour la personne au passage routier, l'effet de l'ombrage devient rapidement imperceptible Pour une personne en mouvement (dans une voiture roulante par exemple) cet effet devient rapidement non perceptible.

Enjeu moyen à fort	Effet moyen	Impact moyen
---------------------------	--------------------	---------------------

Mesures de compensation : Des plantations en fond de jardin dans les parcelles privées ayant une visibilité sur le parc seront proposées. Ces masques végétaux permettront de supprimer l'impact résiduel. Ceci peut conduire à **un impact négligeable**.

- **Santé humaine**

En phase de travaux, la vibration engendrée par les engins de chantier est susceptible d'entraîner des soulèvements et émissions de poussières, qui constitueront une très faible gêne pour le voisinage d'autant plus que le chantier se situera à plus 300m des premières habitations.

En phase d'exploitation, le balisage nocturne des machines induira une gêne potentielle pour les riverains. Les infrasons (émissions hertziennes) générés par les éoliennes sont engendrées par leur exposition au vent et à la rigidité et au fonctionnement des équipements. Ces infrasons sont faibles comparés à ceux relevés dans l'environnement urbain commun. Les champs électromagnétiques peuvent atteindre une intensité suffisante qui peut affecter l'organisme (processus biologiques). Cependant les champs électromagnétiques générés par une éolienne (génératrice d'électricité) sont d'une fréquence de l'ordre de 50 Hz, donc basse. Ces valeurs d'émissions demeurent toujours bien inférieures aux valeurs limites d'exposition.

Mesures d'évitement et de réduction en phase de travaux : Les pistes seront empierrées et arrosées par de l'eau pour limiter les émissions de poussières en période sèche - Les salissures de boue à l'extérieur du chantier en période humide sont aussi à prévenir.

Mesures d'évitement et de réduction en phase d'exploitation : Choix d'éoliennes de nouvelle génération limitant ces types de gêne – Respect de la distance réglementaire aux habitations – Respect des normes réglementaires – Les équipements électriques sont contenus dans les éoliennes ou dans des caisses métalliques et dans des locaux hermétiques et gardées et balisés pour les dangers.

Enjeu modéré	Effet faible à nul	Impact faible à nul
---------------------	---------------------------	----------------------------

- **Autres commodités de voisinage**

Il est difficile d'évaluer objectivement la gêne potentielle que représente le balisage des éoliennes pour les riverains du parc éolien. Cependant, les flashes lumineux sont perceptibles la nuit pour les personnes en mouvement, mais comme la majorité des personnes sont au repos à domicile, ou en train de dormir, souvent à volets fermés, les signaux lumineux ne feront pas plus que l'effet d'un repère. Le principal impact technique identifié est le risque de perturbation des ondes radioélectriques, et les ondes télévisuelles. En cas d'apparition de ces perturbations, la société d'exploitation est dans l'obligation légale d'intervenir et de rétablir à ses frais la bonne réception des signaux.

Mesures d'évitement et de réduction : Utilisation de LED pour le balisage – Diffusion du faisceau vers le haut – Synchronisation des feux de balisage – Respect de la distance réglementaire aux habitations.

ANALYSE DU PAYSAGE ET DU PATRIMOINE

a) **État initial**

Grand paysage de l'extrémité de péninsule

Le site du projet se situe dans un pôle industriel exceptionnel du parc, mais sans aucune densification définie ou attendu dans la Carte des infrastructures et équipements à l'horizon 2030 (DGAT). Ce parc est déjà intégré dans une zone à faible sensibilité sur le paysage et les milieux naturels. Le parc est présent depuis les années 2000, et sera donc perçu avec un certain recul par rapport aux lignes de force du paysage local et de l'espace maritime environnant. Le caractère rural et assez dégagé de la zone aura pour effet de casser la saturation paysagère et celle induite par les traits de barrière assez irréguliers des lignes d'éoliennes.

Les principaux enjeux patrimoniaux se concentrent sur les composantes de paysages (colline, espace forestier, Jebels, archipel de Zembra situé dans l'aire lointaine, et sur le patrimoine urbain en général (lieux de culture ou de culte). Les monuments historiques (sites byzantins et romains notamment) sont situés en dehors de l'aire rapprochée du projet et l'impact occasionné sera donc pratiquement nul.

La réserve naturelle de l'archipel de Zembra à une distance de près de 20 km, et les grottes historiques du Jebel El Haouaria, à environ 8 km présentent une forte sensibilité, mais compte-tenu de ces distances, l'enjeu global sera faible

Périmètre rapproché

Le projet se situe sur le chaînon de collines dirigées en Est-Ouest dans la plaine d'El Haouaria. Les agglomérations urbaines alentours (Borj Essalhi, Sidi Daoud, Menzel Salem et Ghourmene, notamment, et les champs agricoles proches, auront des vues directes sur le parc, imprégnées par le repère verticalité dans le paysage. La vue des habitations sera en retrait des aérogénérateurs situés sur la ligne de crête du chaînon et ne subiront pratiquement que peu l'effet d'écrasement. Au regard des entités verticales, les enjeux de saturation du paysage et de l'encerclement ont constitué l'une des priorités dans le choix d'implantation des éoliennes.

b) Impacts et mesures

Grand paysage

Le parc existant est suffisamment intégré dans le paysage ne subira pratiquement pas de modification de vues et de lignes de force au regard des barrières imposées par les éoliennes. Les soubresauts et vallées de la plaine, mais aussi les lignes structurales du paysage seront préservées des vues sur le parc qui seront masquées par la topographie et la végétation à prairies, reliquats forestiers et végétation de maquis et garrigues déboisés. À une certaine distance vers l'Est et vers l'Ouest notamment, seules les pales des éoliennes seront discernables. L'implantation des éoliennes a été élaborée afin de s'orienter dans la même direction que les vallées et chaînons de reliefs pour renforcer la cohérence paysagère globale.

Mesures d'évitement et de réduction : Implantation régulière, lisible et cohérente avec les lignes de force– Orientation suivant les grandes lignes du paysage (vallées, routes et autres parcs) – Recul nécessaire par rapport aux habitations et servitudes. **L'enjeu est jugé faible.**

Patrimoine culturel

Le parc éolien ne présente pratiquement aucune co-visibilité avec les monuments historiques situés dans les périmètres rapproché et éloigné du projet du fait même que ce patrimoine est globalement protégé des vues par le relief, la végétation ou les lignes de force des structures urbaines. Les éoliennes seront cependant visibles des hauts du Jebel El Haouaria, mais il s'agit d'une position qui est rarement fréquentée par le public.

Mesures d'évitement et de réduction : Choix du site éloigné de tout site patrimonial.

Enjeu jugé faible à modéré	Effet faible	Impact faible
----------------------------	--------------	---------------

Périmètre rapproché

Dans le périmètre rapproché du projet, les deux agglomérations de Sidi Daoud et Borj Essalhi sont situées en contrebas des collines portant les éoliennes et seront donc dans une mesure soustraite à la vue de la plupart des éoliennes, sauf localement la vue de leur sommet haut des pales. L'orientation des éoliennes en cohérence avec les lignes de force des reliefs diminuera aussi considérablement l'impact visuel.

La vue à partir des parcelles culturelles alentour existe, mais il s'agit de positions fréquentées par les seuls exploitants et leurs ouvriers notamment durant les périodes temporaires de semences et de récoltes, ce qui réduit l'impact global des vues d'éoliennes dans le paysage.

Mesures d'évitement et de réduction : Implantation sur chaînon de colline dégagé – respect des lignes de force du paysage.

Mesures de compensation : Enfouissement des lignes d'évacuation d'électricité MT – Éloignement des zones habitées — Aménagement paysager en entrée et sortie des villages éventuellement.

Enjeu jugé modéré	Effet modéré	Impact modéré
-------------------	--------------	---------------

ANALYSE DE L'ENVIRONNEMENT NATUREL

a) État initial

Habitats naturels

Le site s'inscrit dans un contexte agricole dont la diversité floristique est faible. Aucune espèce floristique protégée n'a été répertoriée sur le site d'étude. Les maquis et garrigues sont remarquables, puisqu'ils constituent un espace de nidification et de chasse pour l'avifaune, et de chasse pour les chiroptères. A ce plan, l'enjeu des espaces de culture alentours demeure faible. Les données d'observation et la bibliographie notent aussi quelques espaces de stationnement, de halte et d'approvisionnement de l'avifaune migratrice.

Avifaune

En général, le risque attendu de perte de la biodiversité aviaire en raison de la mise en œuvre de ce projet est élevé. L'avifaune sédentaire se caractérise par une grande richesse d'espèces, des petits passereaux aux plus gros oiseaux, comme les hérons, les mouettes ou les rapaces, qui sont susceptibles d'être fortement affectées par le parc éolien. Il existe également un grand nombre et une grande diversité d'espèces migratrices utilisant la zone du parc. Ici, la principale préoccupation concerne les espèces de rapaces planeurs qui se concentrent dans la zone à l'automne et surtout au printemps, lors de la migration. Une espèce dont le statut de conservation est quasi menacé, le Busard pâle, a été détectée et des impacts d'une certaine ampleur peuvent se produire.

Le site est donc caractérisé par :

- De nombreux d'oiseaux sédentaires ;
- Concentrations élevées d'oiseaux migrateurs ;
- Deux espèces menacées (la Tourterelle des bois qui est un nicheur migrateur dans la région et le Goéland d'Audouin qui est une espèce sédentaire) et deux espèces quasi menacées ;
- Nombre considérable de mouvements d'oiseaux à des altitudes de risque de collision élevées : un tiers des mouvements d'oiseaux planeurs sur l'ensemble des campagnes et près de la moitié des mouvements d'oiseaux non-planeurs lors de la deuxième campagne de printemps.

La destruction / dégradation de l'habitat sera probablement de faible importance car la zone occupée par les turbines et autres infrastructures est réduite et il y a déjà des routes d'accès adéquates à l'emplacement. Ceci nécessite quand même la prise des mesures d'atténuations particulièrement l'interdiction d'effectuer des travaux pendant la période de reproduction (mars-juin).

L'enjeu global est jugé faible mais pouvant localement être fort (lignes de migration).

Chiroptères

L'analyse de l'état initial a démontré que la zone du projet est caractérisée par une diversité moyenne d'espèces de chauves-souris, avec la présence de neuf espèces, qui représentent 43% des 21 espèces de chauves-souris connues pour la Tunisie. Trois de ces neuf espèces utilisent la zone de la centrale éolienne tout au long de la période échantillonnée : la Pipistrelle de Kuhl, le Murin du Maghreb et la Sérotine isabelle. De plus, deux à trois espèces identifiées dans la zone de la CESD ont un statut de conservation menacée.

Le site est donc caractérisé par :

- Diversité spécifique moyenne ;
- Nombre moyenne de contacts avec les chauves-souris ;
- Les chauves-souris sont communes dans toutes les classes de hauteur ;
- La zone balayée est supérieure à 17,5 ou supérieure à 37 mètres (selon le modèle d'éolienne choisi).

Au vu des données bibliographiques, l'aire d'étude est située à proximité d'une zone à enjeu pour les chiroptères (Grotte d'El Haouaria). Cette grotte est cependant située dans l'aire éloignée de l'étude. La pipistrelle commune et d'autres espèces (Sérotines) sensibles à la collision existent et représentent un enjeu dans le cadre du projet. L'activité au sein du périmètre rapproché est très localisée et étroitement liée à la présence de milieux semi-fermés (lisières de boisements, garrigues, maquis, haies). Ces lieux peuvent être fréquentés par les chauves-souris notamment pour la chasse. **L'enjeu global est jugé faible, mais localement fort.**

Autres faunes

Un certain nombre d'espèces existent sur le site, et elles ne sont pas protégées. Leur statut patrimonial est cependant moyen. L'enjeu régional peut être considéré modéré vu le risque de leur destruction dans un espace limité, notamment en phase de travaux. **L'enjeu est jugé modéré.**

b) Impacts et mesures

Aucune relation entre les zones naturelles d'intérêt localisées dans un rayon de 20 km n'a été identifiée autour du site d'étude et ce dernier, que ce soit au niveau du réseau hydrographique, de la topographie ou des espèces ayant motivé ce type de désignation. Le projet ne remettra donc pas en cause l'intégrité de ces zones d'intérêt. Aucun impact significatif lié au projet de repowering du parc n'est à retenir que ce soit en période de travaux ou d'exploitation.

Mesures d'évitement et de réduction : Choix du site à l'écart des zonages réglementaires.

Habitats naturels

Aucun habitat d'intérêt ni espèce floristique protégée ou remarquable ne seront détruits.

Mesures d'évitement et de réduction : Implantation des éoliennes en dehors des zones enherbées, donc à enjeu – Maintien des bandes enherbées.

Avifaune

En phase de travaux le projet peut présenter un risque de perturbation de la nidification lié à la présence d'engins et à la fréquentation du site. La réalisation des travaux pendant la période de reproduction des oiseaux augmente le risque de collision car cette période est une saison où les oiseaux se déplacent afin de construire leurs nids, de nourrir les jeunes ou encore de défendre leur territoire.

En phase d'exploitation l'emplacement des éoliennes peut constituer un obstacle aux déplacements de la faune volante ce qui engendre le risque fort de collision.

Mesures d'évitement et de réduction en phase travaux : Réalisation des travaux de jour – Commencement des travaux avant la période de reproduction des oiseaux – Nettoyage des roues des engins – Maintien des bandes enherbées le long des chemins aménagés afin d'offrir un habitat de substitution aux espèces remarquables et aux cortèges en milieu ouvert. Interdiction d'effectuer des travaux pendant la période de reproduction (mars-juin).

Mesures d'évitement et de réduction en phase d'exploitation : Éclairage réduit pendant la nuit / Arrêt temporaire saisonnier des turbines à la demande pour éviter la mortalité par collision des oiseaux planeurs migrateurs.

Enjeu fort	Effet faible à modéré	Impact faible à modéré
-------------------	------------------------------	-------------------------------

Mesures de suivi : un suivi hebdomadaire de chantier sera réalisé par un écologue afin de veiller au bon déroulement des travaux en respectant les mesures de réduction et d'évitement. Des suivis de l'avifaune ainsi que de leurs mortalités par collisions avec les turbines seront réalisés respectivement en phase de construction et d'exploitation. Ceci conduira à **un impact faible.**

Chauves-souris (ou chiroptères)

En phase de travaux le risque de dérangement ou de collision avec les chauves-souris est très faible car les travaux sont uniquement réalisés de jour. Le décapage linéaire préalable à l'implantation des chemins d'accès aux éoliennes, mais aussi des plateformes, peut entraîner la destruction d'habitat des proies des chauves-souris. En supprimant la végétation en place, les chemins seront désertés par les insectes qui sont les proies préférées des chauves-souris, diminuant ainsi leur surface de chasse et d'alimentation.

La pollution aux hydrocarbures par les engins de chantier, provoquerait la destruction ou l'altération de l'habitat des proies et donc des chauves-souris.

En phase d'exploitation, la production de chaleur au niveau de la nacelle des éoliennes attire les chauves-souris accroissant le risque de collision. La présence de source lumineuse, ainsi que la source de chaleur, attirent les insectes, favorisant alors l'attraction des chauves-souris.

Mesures d'évitement et de réduction en phase travaux : Prévenir la destruction de haies, de maquis et de garrigues/ Utiliser les routes existantes, en évitant la dégradation de la végétation / Minimiser l'étendue de la zone à perturber pendant la construction des éoliennes / Éviter tout travail de nuit, surtout pendant les mois de mars - juin.

Mesures d'évitement et de réduction en phase d'exploitation : Conduire les études pour surveiller la mortalité autour des éoliennes / Continuer le suivi de l'activité des chauves-souris avec des détecteurs automatiques pendant au moins deux ans / Mise en drapeau et augmentation de la vitesse de vent de démarrage.

Enjeu modéré à localement fort (à vérifier sur étude en phase d'exploitation)	Effet faible à modéré	Impact faible à modéré
---	-----------------------	------------------------

Mesures de suivi : L'étude en phase d'exploitation est nécessaire – Un suivi de mortalité et de fréquentation des chauves-souris sera mis en place pendant l'exploitation du parc éolien. Ceci ramènera un **impact faible**.

Autres faunes terrestres

En phase de travaux la circulation d'engins et de camions est susceptible de détruire des individus de la flore et de la faune. Les travaux nécessitent aussi la création de zones de dépôts temporaires pour cette phase. Ceci peut entraîner la destruction d'individus de la flore et de la faune terrestre. La pollution aux hydrocarbures par les engins de chantier, peut entraîner la destruction ou l'altération de l'habitat de la faune terrestre remarquable. La circulation des engins est susceptible de déranger le déplacement de certains individus.

En phase d'exploitation l'emplacement des éoliennes peut constituer un obstacle au déplacement des individus et donc réduire leur domaine vital. Cependant, aux vues des espèces répertoriées, l'impact sera faible.

Mesures d'évitement et de réduction en phase travaux : Réalisation des travaux de jour – Utilisation des plateformes étanches pour la manutention des engins – Maintien des bandes enherbées – Sensibilisation des personnels.

Mesures d'évitement et de réduction en phase d'exploitation : Choix de l'implantation à distance des enjeux – absence d'éclairage hormis le balisage obligatoire.

Enjeu modéré à localement fort	Effet faible	Impact faible
--------------------------------	--------------	---------------

ANALYSE DES EFFETS CUMULÉS

Impacts cumulés sur l'écologie

La présence à proximité du projet de la tranche C du parc à préserver jusqu'en 2030 peut engendrer une accumulation des impacts sur les voies migratoires, qu'il convient de prendre en compte afin d'évaluer les incidences du projet. Le parc éolien de Sidi Daoud (tranches A et B) est implanté aux confins Sud du champ des 26 éoliennes de troisième tranche, et lui sera relié en cours d'exploitation. Il peut en être conclu que le Repowering du parc ne créera pas de nouvelles perturbations, ni de nouveaux risques de collision autres que ceux engendrés par le parc dans sa situation présente.

Impacts cumulés sur l'environnement sonore

Les habitations alentours peuvent être concernées par les émissions sonores de l'ensemble des éoliennes du parc (A, B, C) qui fonctionneront de manière simultanée, sans bridage, de nuit notamment, et par des vents de vitesse d'environ 10m/s ou plus. Ce risque demeure cependant limité, et n'ira pas en augmentation à l'avenir car aucune autorisation d'un autre parc dans la zone n'a à notre connaissance été accordée jusqu'à ce jour.

Impacts cumulés sur le paysage et le patrimoine

Le contexte du site est déjà relativement densifié par le schéma régional éolien. Le parc est cependant conçu de manière à préserver un espace de respiration nécessaire dans la zone rurale locale et ses agglomérations. L'implantation des éoliennes en respectant les lignes de forme des aménagements urbains et dans le paysage, permet de limiter l'effet de saturation et surtout l'encercllement des agglomérations et lieux de vie alentours.

Impacts économiques et environnementaux cumulés

Le parc en exploitation permettra une production annuelle de plus de 200 GWh. Ceci représente la consommation de plus de 100.000 foyers par an, sur la base d'une consommation de 2000 kWh par foyer/an. L'éolienne ne produit pas de GES contre une production moyenne de ces gaz de l'ordre de 180 g/kWh effectif pour une centrale à cycle combiné (gaz-fuel), et de plus de 1000 g/kWh effectif, pour une centrale au charbon.

COUTS GLOBAL DU PGES ET DES PLANS Y AFFERENTS

Le coût global de financement des activités du PGES et des plans de suivi environnemental et social sont donnés dans le tableau suivant. Ce coût s'élève à 3 491 300 DTN à reporter entièrement sur le budget de financement du projet de Repowering du parc éolien de Sidi Daoud objet de la présente étude.

N° d'ordre	Activités et mesures du PGES	Coûts en DTN
1	Mesures réductrices des impacts du projet en phases de préconstruction et construction	1 001 000
2	Mesures réductrices des impacts du projet en phase d'exploitation	540 300
3	Mesures réductrices des impacts du projet en phase de démantèlement	1 950 000
TOTAL		3 491 300

CONCLUSIONS

Le repowering du parc éolien de Sidi Daoud, développé par la STEG, en étroite collaboration avec la KfW et Barlovento Recursos Naturales, s'inscrit dans la stratégie nationale d'indépendance énergétique et de diminution des émissions de gaz à effet de serre.

Le site du projet dans la commune d'El Haouaria Nord (péninsule du Cap Bon) présente toutes les caractéristiques favorables à l'implantation de nouvelles éoliennes dans le parc existant. Ce site s'inscrit également dans les schémas et programmes de développement régionaux.

Ce projet éolien a fait l'objet d'une longue démarche d'élaboration qui a associé de nombreux acteurs : élus locaux, services de l'état, associations, exploitants agricoles, utilisateurs du site et divers intervenants indépendants (acousticiens, naturalistes, paysagistes). Le choix de l'implantation finale et de la technologie employée s'est basé sur de multiples critères afin de trouver la solution garantissant la meilleure prise en compte des sensibilités physiques, humaines, naturelles, ainsi que patrimoniales et paysagères identifiées par analyse de l'état initial.

L'implantation retenue est composée de 13 éoliennes à implanter en ligne sur la trace de la crête d'un chaînon de collines local, en milieu rural, et en retrait des habitations et des voies de transport.

L'analyse des enjeux du site a permis de concevoir un projet éolien dont l'implantation engendre (phases de préconstruction, construction et exploitation) des impacts qui sont évités et réduits pour chacune des composantes de l'environnement. Des mesures supplémentaires sont proposées ici pour la réduction dans le cas où l'impact résiduel n'a pas pu être évité ou réduit par le choix fixé pour l'implantation. Par exemple, un fonds de plantation pourra être mis à disposition des riverains qui présenteraient des vues sur les éoliennes depuis leur domaine privé, pour masquer ou accompagner ces vues, ou pour pallier les effets d'ombrage.

La limitation de tous les impacts identifiés est globalement réussie. Des mesures compensatoires des impacts résiduels sont aussi proposées, dont l'enfouissement des lignes électriques dans les zones rurales fréquentées, et de continuer le suivi de l'activité des chauves-souris avec des détecteurs automatiques pour prévenir la collision de l'avifaune et des chiroptères et la mise en place d'un plan de bridage préventif de toutes les éoliennes au cas où des espèces migratrices sont reconnues (Serotine bicolore, Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, et Noctule de Leister, essentiellement) seront identifiées lors des études complémentaires.

L'exploitant accorde une attention particulière au suivi environnemental et social de son projet, en phases de préconstruction, de construction et d'exploitation. Le suivi en phase d'exploitation a pour objectif de mieux apprécier les éventuels effets du parc éolien sur l'environnement sonore et les milieux biologique et humain, et de prendre au cas nécessaire, les mesures correctrices les mieux adaptées.

En conclusion, le repowering du parc éolien de Sidi Daoud renforce la production d'énergie propre tout en répondant à la préservation de toutes les composantes de l'environnement. Il permet de contribuer à limiter les émissions de déchets et de gaz à effet de serre et à dynamiser l'économie locale. Il constitue ainsi un élément supplémentaire du développement durable constamment recherché.

1 CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

1.1 Introduction

En Tunisie, l'électricité est produite à 97% à partir du gaz naturel (18 988 GWh en 2018) avec une croissance moyenne de la demande de 4%/an. La part des énergies renouvelables (solaire + éolien) n'a pas encore dépassé 3%, malgré le potentiel énergétique énorme du pays dans ce secteur. Le salut de la Tunisie serait la rehausse continue à l'avenir, de la production d'énergie propre. De l'avis du MIPME et du MINISTÈRE DE L'ENVIRONNEMENT, cette orientation stratégique résout également le bilan global des émissions de GES en conformité avec les engagements du pays dans le cadre des ODD 2030, Conventions de Rio ; Accord de Paris (MIPME, 2018).

Notons que le bilan d'énergie primaire du pays (49% en 2018, contre 15 % en 2010) se creuse rapidement. En effet, de 1990 à 2018 :

- La consommation d'énergie primaire a augmenté de 111%, de 4,4 Mtep à 9,5 Mtep ;
- La production d'énergie primaire a chuté de 5,4 Mtep à 4,6 Mtep ;
- La détérioration du bilan s'est nettement accélérée depuis 2010, engendrant une baisse du taux d'indépendance énergétique, de 93% en 2010 à 51% en 2018 ;

La Tunisie signataire de l'Accord de Paris 2015, s'est engagée à réduire ses émissions de GES dans tous les secteurs pour baisser son intensité de carbone (GES) de 41% en 2030 par rapport à l'année 2010 (Contribution Nationale Déterminée). La réduction spécifique des GES dans le secteur de l'énergie visée à l'horizon 2030, est de 46%. Ceci passe obligatoirement par le développement du secteur d'énergie renouvelable en une période très courte. Cette orientation se conforme aussi à l'objectif 7 des ODD 2030 : *“garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable”*.

L'objectif du Plan Solaire à l'horizon 2030 (MIPME, 2019), prévoit de fournir une puissance installée additionnelle de 3 815 MW dont le secteur d'énergie éolienne tient la première place. Cette quantité est répartie comme suit :

- 1 755 MW d'énergie éolienne ;
- 1 510 MW d'énergie solaire photovoltaïque ;
- 450 MW d'énergie de centrales solaires thermiques à concentration (CSP) ;
- 100 MW provenant de centrales de biomasse.

Pour concrétiser les objectifs de ce plan, plusieurs appels d'offres ont été lancés depuis 2016-2017, mais les réalisations tardent à venir. Les retards sont accusés en raison de changements politiques fréquents, du monopole de la STEG, et de la rigidité des lois promulguées dans le domaine : loi n°2015-12 du 11 mai 2015 relative à la production d'électricité à partir des ENR. Cette loi a été modifiée par la loi n°2019-47 du 29 mai 2019 sur l'amélioration du climat des affaires. Le décret gouvernemental n°2016-1123 du 24 août 2016, fixant les conditions et les modalités de réalisation des projets de production et de vente d'électricité à partir des énergies renouvelables, s'applique également

Voyant les progrès technologiques dans le domaine de la production d'énergie éolienne, et conformément aux objectifs de développement durable et ceux du plan de diversification des sources de production d'électricité du pays, la Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz (STEG) compte rééquiper (repowering) une partie de ses anciennes turbines éoliennes du parc de Sidi Daoud d'une capacité totale de 17,820 MW.

La présente étude d'impact environnemental et social a pour objet d'analyser, au regard des critères environnementaux, l'impact du rééquipement du parc de nouvelles 13 éoliennes d'une puissance nominale de 4,2 à 4,5 MW sur la commune d'El Haouaria Nord (Gouvernorat de Nabeul). Le contenu de l'étude est conforme au décret 1991-2005 du 11 juillet 2005 relatif aux études d'impact des projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements, et tient aussi compte des directives et normes politiques de la Banque Mondiale appliquées par la KfW en matière de préservation de l'environnement.

La première partie de l'étude d'impact présente les activités du projet et un diagnostic de l'état initial de l'environnement et de sa sensibilité vis-à-vis des aménagements envisagés.

Une seconde partie présentera en détail les impacts potentiels du projet sur l'environnement, notamment l'analyse des effets cumulés avec d'autres projets connus et avec les plans, schémas et programmes de développement, et les raisons qui ont conduit le Maître d'Ouvrage à choisir le site et la configuration finale du projet. Dans un troisième temps, seront présentées dans un tableau de bonification/mitigation des impacts (PGES), les mesures que le Maître d'Ouvrage doit retenir pour éviter, réduire et compenser si besoin les éventuelles conséquences dommageables du projet sur l'environnement.

1.2 Présentation des parties du projet

1.2.1 Présentation du porteur du projet

La Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz (STEG), promoteur du projet et exploitant du parc éolien de Sidi Daoud, est une entreprise industrielle à caractère public créée en avril 1962, sous la tutelle du Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie. Dans le cadre d'un monopole public, la STEG a pour mission le transport et la distribution de l'électricité, du gaz naturel sur tout le territoire tunisien, la production nationale du GPL (gaz de pétrole liquéfié), et le développement des projets de production d'Energies Renouvelables. La principale mission de la STEG est de couvrir les besoins en énergie du pays dans les meilleures conditions économiques, de qualité et de respect de l'environnement et de sécurité de son personnel et des usagers.

La consommation annuelle nationale d'électricité a augmenté de 155 kWh (1971) à 1455 (2014) kWh *per capita*, soit une progression moyenne de l'ordre 4% par an (Banque Mondiale, 2020), avec des pointes de consommation électrique enregistrées durant les saisons estivales.

L'énergie électrique produite sur tout le territoire est évacuée à travers un réseau de haute tension (HT) maillé et interconnecté avec le réseau Maghrébin (Tunisie, Algérie, Libye et Maroc). Ce réseau est interconnecté avec le réseau Européen par l'Espagne via le Maroc.

D'après le Rapport Annuel STEG, 2019, les principales données de production par type d'énergie primaire, de bilan de production d'électricité, et de taux de croissance en 2019 par rapport à 2018, sont comme suit.

Tableau 1 : Augmentation relative du linéaire du réseau MT-BT de la STEG en 2019.

Réseau et équipements	2017	2018	2019	Taux de croissance 2019/2018 en %
Lignes MT en km	58 417	59 691	60 968	2,1
Lignes BT en km	112 898	115 698	119 453	3,2
Longueur totale de lignes MT-BT	171 316	176 389	180 419	2,9
Nombre de postes de transformation MT-BT	72 778	75 065	78 507	4,6

Tableau 2 : Évolution du nombre de clients électricité (HT, MT, BT)

Tension	2018	2019	Taux de croissance 2019/2018 en %
Haute tension	21	21	0
Moyenne tension	19 291	19 748	2,4
Basse tension	4 030 130	4 122 600	2,3
Total	4 049 442	4 142 369	2,3

Tableau 3 : Bilan de production d'électricité par la STEG en 2019 (en GWh)

Électricité disponible	2019	Électricité distribuée et pertes	2019
Energie injectée sur le réseau	20 362	Consommation facturée	16 810
Production STEG par source primaire	17 007	Consommation nationale	16 516
Gaz	16 441	Haute Tension	1262
Gas-oil	0,4	Moyenne Tension	6 956
Hydraulique	86	Basse Tension	8 169
Éolienne	500	Fraudes et proratas	129
Solaire	0,16	Ventes GECO	294
Achats STEG auprès de CPC*	3 071	Pertes totales en transport et distribution	3 500
Échanges + Achats SONELGAZ	156		
Achat auprès des tiers	138		
Autoconsommation Système Électrique	-42		
Total général	20 310	Total général	20 310

Actuellement, la STEG exploite deux parcs éoliens (Sidi Daoud et Bizerte : Kechabta + Metline) de production d'électricité. Le parc de Sidi Daoud est de puissance installée de 54 MW. Le Repowering des tranches A et B cette centrale, objet de cette étude d'impact, ramènera la puissance installée du site à environ 90 MW selon le type de turbine à installer.

1.2.2 Présentation du maître de l'ouvrage de l'étude de faisabilité

Barlovento Recursos Naturales SL (Barlovento) est une société spécialisée dans le conseil et la prestation de services dans le domaine des énergies renouvelables, développant la majeure partie de son activité dans le domaine de l'énergie éolienne et solaire.

Depuis 1998, Barlovento contribue activement au développement d'un monde plus durable grâce à ses connaissances techniques en matière d'énergies renouvelables.

- Assistance et Conseil dans plus de 25 000 MW éoliens et 3 000 MW photovoltaïques déjà construits (Due Diligence, investissement, contrats d'achat, etc.) ;
- Gestion de plus de 2 300 stations de mesure dans le monde entier ;
- Des Tests sur plus de 150 modèles d'éoliennes ;
- Conception de plus de 200 parcs éoliens.

La présence active de Barlovento dans plusieurs pays permet de garantir une assistance rapprochée du client, de comprendre les circonstances des lieux où les projets doivent être développés, et donc de fournir des solutions adaptées, en tenant compte des facteurs locaux qui peuvent influencer le développement de ces projets.

Les principales expertises de Barlovento portent sur l'énergie éolienne et solaire, l'intégration des énergies renouvelables au réseau, la production distribuée et d'autres services liés à l'environnement.

Dans le cadre de la présente EIES, Barlovento a signé un contrat avec la STEG pour le « Repowering du Parc Éolien Sidi Daoud, Tunisie ».

1.2.3 Présentation des Bureau d'Études

COMETE Engineering

bureau d'études et d'ingénierie pluridisciplinaire, fondé depuis plus de 30 ans, accompagne ses clients-partenaires, entreprises et institutions publiques et privées, dans l'identification, la conception, la réalisation et le suivi de leurs stratégies et projets.

Solidement établi dans le secteur de l'ingénierie, COMETE Engineering intervient essentiellement dans les domaines de l'énergie, du bâtiment, de l'aménagement du territoire, de l'environnement, des infrastructures de transport, de l'hydraulique, etc.

COMETE Engineering déploie également une forte expertise dans le domaine des études économiques, dans l'assistance à la conception de politiques et stratégies de développement public et dans le conseil au développement et à l'organisation des entreprises privées.

COMETE Engineering offre une gamme complète de prestations couvrant l'ensemble des phases du cycle de développement d'un projet, à l'élaboration des études techniques (APS, APD, dossier d'exécution) pour finalement l'aboutissement à l'assistance à la maîtrise d'ouvrage, la maîtrise d'ouvrage déléguée, la maîtrise d'œuvre d'exécution, et la supervision des travaux et pilotage de chantiers.

La mission du COMETE Engineering en matière d'environnement s'inscrit dans une approche multidimensionnelle intégrant le concept de développement durable.

L'ensemble des projets développés relève ainsi les enjeux liés à la protection de l'environnement, dans le cadre d'une démarche intégrée et concertée.

La pluridisciplinarité des équipes du COMETE Engineering permet d'intégrer l'ensemble des composantes réglementaires, juridiques, techniques, spatiales et socio-économiques spécifiques à chaque projet ce qui se traduit par une démarche pertinente en mesure de valoriser les contextes territoriaux et environnementaux.

COMETE Engineering a su développer une large expertise dans le domaine environnemental, qui lui permet aujourd'hui non seulement d'apporter cette dimension dans le cadre des projets d'énergies renouvelables :

- Études d'impact sur l'environnement
- Plan de gestion environnementale et sociale

Mais aussi de contribuer au développement des concepts environnementaux à l'échelle politique et institutionnelle.

STRIX

a été établie en 2001 et elle est une société internationale de conseil en environnement spécialisée dans le secteur de l'énergie qui offre une gamme complète de services en matière d'environnement, de biodiversité et d'innovation pour les projets de développement. STRIX s'a rapidement spécialisée dans l'évaluation de l'impact environnemental et social des grands projets d'énergie renouvelable et des lignes électriques subsidiaires, en mettant l'accent sur leur impact sur les zones et les espèces protégées, devenant ainsi une référence internationale pour l'évaluation et le suivi de l'impact sur la biodiversité de ces infrastructures.

Strix a été engagé pour réaliser des enquêtes détaillées sur les oiseaux et les chauves-souris dans la zone d'étude.

1.3 Projet de Repowering du parc Éolien de Sidi Daoud

1.3.1 Historique et objectifs du projet

Dans le cadre du développement durable et de la politique de diversification des sources de production d'électricité par la promotion des énergies renouvelables en Tunisie, la Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz (STEG) a été pionnière dans la création de parcs éoliens. STEG Energies Renouvelables est la filiale créée en 2010 pour gérer les unités de production d'électricité à partir des énergies renouvelables. La STEG est aussi l'acteur dominant de la production d'électricité, et l'acheteur unique de toute énergie électrique, dotée du monopole du transport, de la distribution et de la commercialisation de l'électricité dans le pays.

La capacité installée de la STEG en 2017 est de 4 838 MW, représentant 91,1 % de la production totale d'électricité en Tunisie. Cette capacité se décompose en :

- 94,3 % de centrale à gaz (turbines à vapeur, à combustion, cycles combinés) ;
- 1,2 % de capacité hydroélectrique ;
- 4,5 % de capacité éolienne.

En effet, la STEG a opté depuis les années 1990 pour le développement de l'énergie éolienne pour la production d'électricité, avec la réalisation des deux parcs éoliens de Sidi Daoud (54 MW) et de Bizerte (190 MW).

En 2017, la STEG a produit 14 806 GWh d'énergie électrique, représentant 81,1 % de la demande d'électricité en Tunisie. Le reste est couvert par des producteurs indépendants et des importations. Parmi cette énergie produite, 54,1 % a été vendue aux clients raccordés en haute et moyenne tension (HT/MT).

La capacité installée des centrales éoliennes et les dates de leur mise en route progressive sont comme suit.



Figure 1 : Localisation des centrales éoliennes de la STEG en Tunisie

Tableau 4 : Équipements des centrales de la STEG en Tunisie

Centrale de Sidi Daoud	Étape 1	Étape 2	Étape 3
Aérogénérateurs	32	10	26
Puissance installée (MW)	10,5	9	34,5
Date de mise en service	Aout 2000	Septembre 2003	Juin 2009

Centrale de Bizerte	Metline	Kechabta	Extension Metline	Extension Kechabta
Aérogénérateurs	46	45	26	26
Puissance installée (MW)	60,7	59,4	34,3	34,3
Date de mise en service	2012	2012	2012 - 2015	

Le parc de Sidi Daoud datant de l'année 2000, situé près de la côte Nord du Cap Bon, dans le Gouvernorat de Nabeul, Délégation El Haouaria, dans le secteur El Jebel Nord appartenant à la municipalité d'El Haouaria Nord.

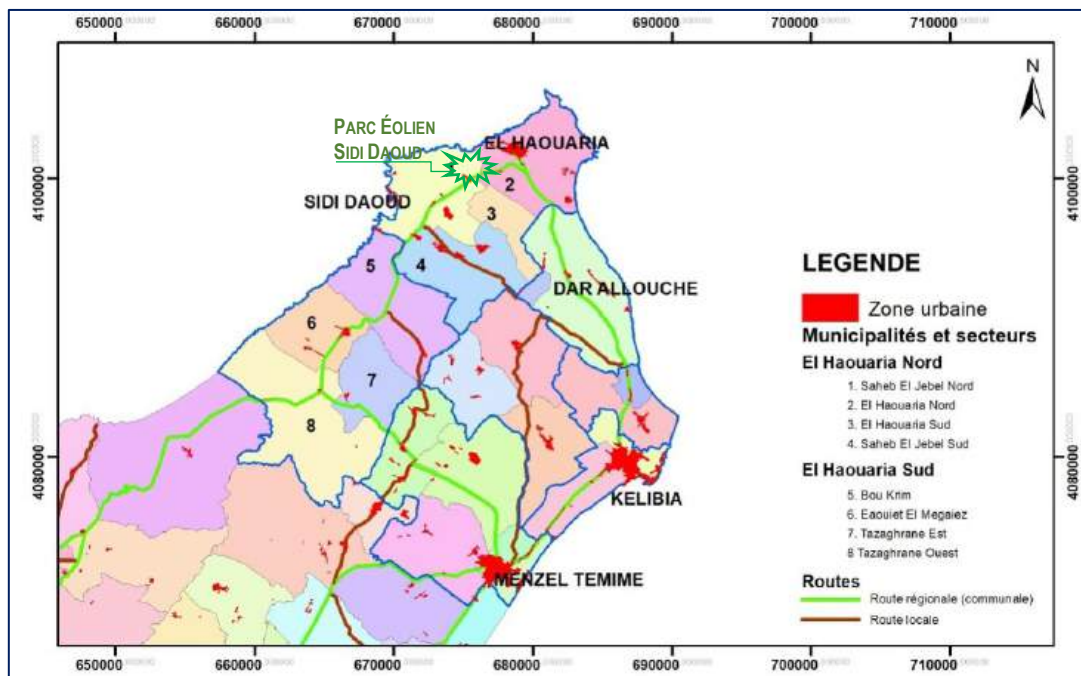


Figure 2 : Localisation du parc éolien Sidi Daoud dans la Municipalité d'El Haouaria Nord, secteur Saheb Jebel Nord

Ce parc éolien comprend actuellement 68 générateurs en exploitation (capacité totale effective d'environ 54 MW) qui ont été construits en trois étapes :

Étape 1 (tranche ou phase A du parc) : mise en service en 2000 de 32 générateurs de 330 KW de puissance unitaire, avec des mâts de 30m de hauteur, situés le long d'une colline locale de 60 à 80 m au-dessus du niveau moyen de la mer. La distance moyenne entre deux mâts successifs est de l'ordre de 85 m.

Étape 2 (tranche ou phase B du parc) : mise en service en 2003 de 10 aérogénérateurs dont 9 éoliennes de type AE46 d'une puissance unitaire de 660 KW avec des mâts de 45m de hauteur, et un aérogénérateur d'une puissance unitaire de 1320 KW avec un mât de 60m de hauteur, situés à l'Est de ceux de première étape, sur les contreforts des collines à une moyenne de 30 au-dessus du niveau moyen de la mer.

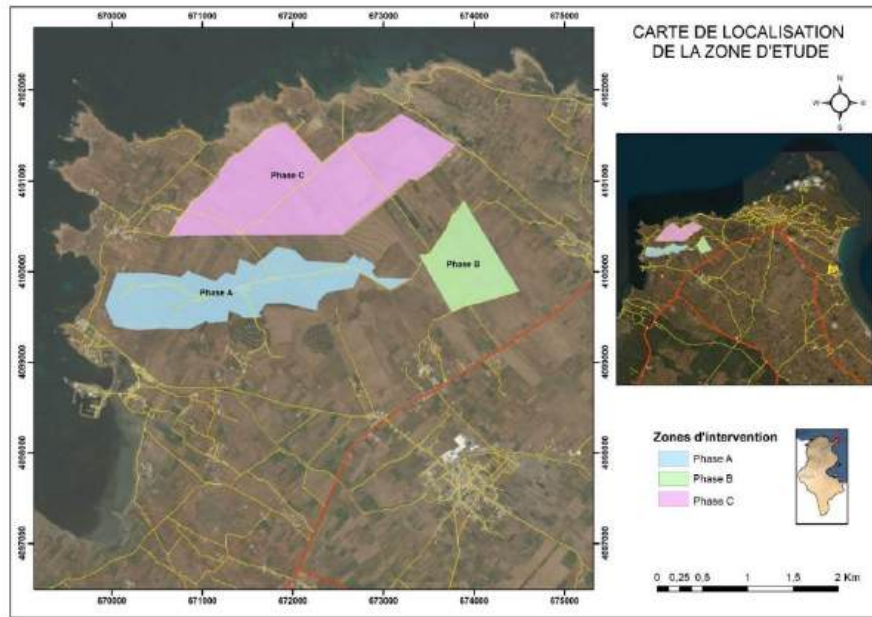


Figure 3 : Carte de localisation de la zone d'étude (Comete, 2020)

Étape 3 : mise en service en 2009 de 26 générateurs avec des mâts de 60m de hauteur et de 1320 kW de puissance unitaire. Ces générateurs sont situés sur trois lignes au Nord-Nord-Est de ceux de première étape, en bordure de la côte Nord du Cap Bon, avec une élévation moyenne toujours de l'ordre de 30m au-dessus du niveau moyen de la mer.

Dans la situation actuelle les générateurs des étapes 1 et 2 ont pratiquement atteint leur fin de vie fixée à 20 ans (2020 et 2023, respectivement), et de ce fait ils sont devenus obsolètes. Profitant de l'évolution technologique sans cesse en progression dans ce domaine, la STEG a décidé de lancer le projet de renouvellement/rééquipement (Repowering) des installations des deux premières phases visant à atteindre une capacité totale installée de l'ordre de 90 MW du parc de Sidi Daoud.

Le projet objet de la présente EIES commanditée par la STEG et Barlovento, est destiné à l'étude de faisabilité du rééquipement/repowering, à la construction et à la mise en service de nouveaux générateurs à l'emplacement de ceux des deux premières étapes indiquées. Trois configurations ont été étudiées dépendant du choix de technologies disponibles et de leur fiabilité comme présenté ci-dessous.

L'énergie produite par chaque éolienne sera acheminée par un réseau de câbles souterrains à 33 kV et collectée de la même manière dans le poste électrique existant du parc à 33 / 90 kV, avec cinq cellules de ligne pour les circuits du parc éolien. L'énergie globale générée sera transportée par la ligne HT existante (90 kV) de Menzel Temime.

Une étude de cadrage préalable a permis d'exposer le design conceptuel préliminaire du parc éolien de Sidi Daoud pour clarifier :

- tous travaux de construction, opérations et installations nécessaires au rééquipement/repowering dans ce parc éolien ;
- les supports d'appui technique facilitant l'obtention des Autorisations Administratives exigées pour ce type de projet.

1.3.2 Justifications du projet

1.3.2.1 Contexte énergétique en Tunisie

Selon l'Atlas réalisé par l'ANME, la Tunisie dispose d'un gisement éolien très important. De manière globale, les conditions de vent sont favorables (vitesse supérieure à 7m/s à 60 m de hauteur) non seulement dans les régions du Cap Bon et de Bizerte, mais aussi en Tunisie centrale (Kasserine, Sahel) et dans le Sud (Gabès, Médenine, Djerba, Zarzis, Tataouine, Tataouine, Médenine, Kébili).

Le potentiel global en énergie éolienne à 80m de hauteur, est estimé à 8000 MW.

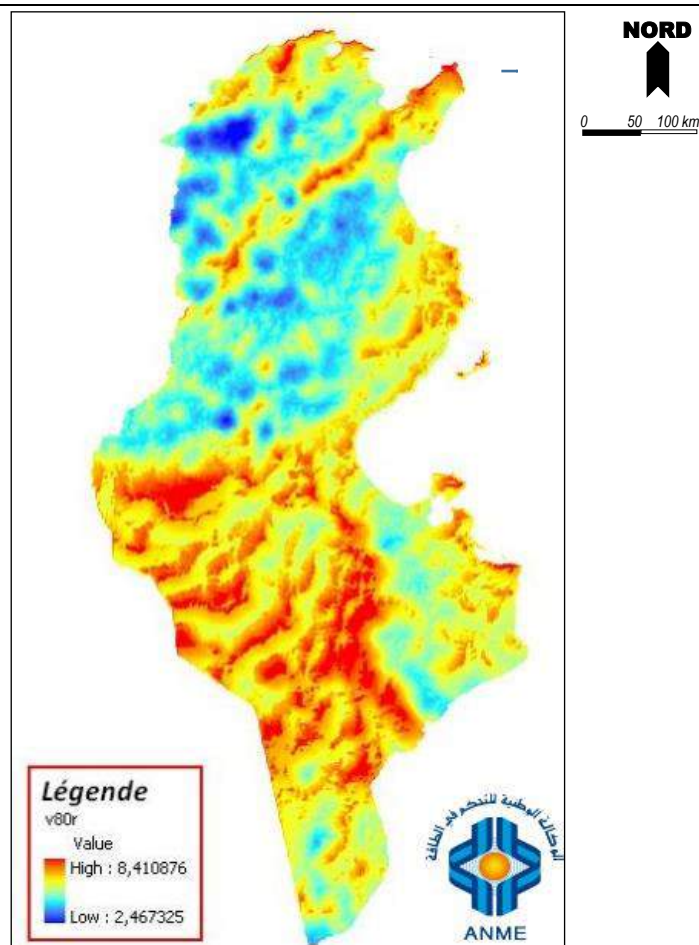


Figure 4 : Carte des gisements éoliens à l'échelle de la Tunisie à 80m de hauteur (Atlas éolien de Tunisie, ANME)

Pour des raisons de déficit de la balance énergétique notamment à partir de l'année 2004 (Loi n°2004-72 relative) la maîtrise de l'énergie ; JORT n°63 du 06 août 2004), la Tunisie a intensifié sa politique de gestion visant l'économie, la rationalisation et la diversification des sources de production de l'énergie en adoptant les mesures d'incitation nécessaires visant les producteurs et les consommateurs. Plus récemment, la Loi n°2015-12 du 11 mai 2015, relative à la production d'électricité à partir des énergies renouvelables, a été consacrée au développement de la production électrique à partir des énergies renouvelables, mais aussi à la création de fonds de transition énergétique.

Le Décret Gouvernemental n° 2016-1123 du 24 août 2016 fixant les conditions et les modalités de réalisation des projets de production et de vente d'électricité à partir des énergies renouvelables, précise les conditions et procédures pour la mise en œuvre de projets d'électricité à partir d'énergies renouvelables et le PPA (Power Purchase Agreement), et constitue une avancée importante dans ce secteur.

Deux arrêtés du Ministère de l'Industrie, des Mines et de l'Énergie réglementent également le transport (HT/MT) et le contrat type de vente d'électricité ENR à la STEG :

- Arrêté de la du 9 février 2017, portant approbation du contrat type de transport de l'énergie électrique produite à partir des énergies renouvelables pour la consommation propre, raccordée aux réseaux haute et moyenne tension et d'achat de l'excédent par la STEG.
- Arrêté du 30 août 2018, portant approbation de la révision du contrat type de vente à la société tunisienne de l'électricité et du gaz de l'énergie électrique produite à partir des énergies renouvelables soumis à l'autorisation.

Les plans du Gouvernement Tunisien, à travers le Plan Solaire Tunisien (PST) sont basés sur l'obtention de production énergétique pour l'année 2020, avec 10 % de l'énergie produite à partir des sources énergies renouvelables, et 30% du mix énergétique produit de cette source pour l'année 2030.

Les options technologiques adoptées par la STEG peuvent s'expliquer par sa préoccupation constante pour trouver le compromis optimum entre les requis de disponibilité, la confiance, le contrôle de coûts et le respect de l'environnement.

1.3.2.2 Demande énergétique

Le projet du Repowering du parc éolien de Sidi Daoud a pour but de renouveler l'équipement en fin de vie existant afin d'améliorer les techniques d'exploitation et le rendement de cette centrale. Ceci permet de répondre en partie à l'augmentation progressive et continue de la demande dans le secteur de l'énergie (4%/an en moyenne), tendance qui devrait continuer, sinon augmenter sensiblement à l'avenir.

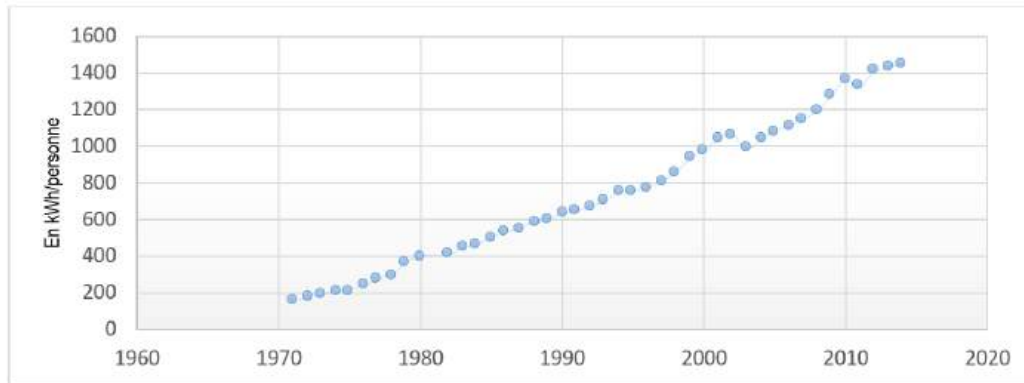


Figure 5 : Augmentation annuelle de la demande en énergie en kWh par personne de 1972 à 2014 (Source Banque Mondiale : 18.09.2020)

L'étude de faisabilité indique que le présent Repowering du parc éolien Sidi Daoud exigera un investissement économique majeur. Il génèrera des emplois permanents et transitoires, principalement durant la phase de construction. L'énergie produite par ce parc et injectée dans le réseau national, permettra de fournir plus d'énergie propre non conventionnelle (ERNC) et de contribuer à la sécurité de l'alimentation en électricité.

Le Repowering du parc éolien prévoit la mise en place d'un système électrique, de communications et de mise à la terre associé, et de nouvelles plateformes de montage d'éoliennes.

Outre la production d'énergie propre, le projet exige en particulier le respect de l'environnement, en prenant les mesures minimales nécessaires pour mener à bien la construction et l'exploitation ultérieure des éoliennes et du système électrique local et régional.

L'investissement inclut le budget d'exécution matérielle d'une partie du parc éolien mais aussi les coûts de raccordement. L'objectif est aussi de contribuer à l'amélioration de la vie communautaire dans la zone du projet par la création de sources de revenu de ménages (agents de maîtrise, conduction d'engins, approvisionnement en électricité, etc.), et par la même dans l'ensemble du Gouvernorat de Nabeul.

1.3.2.3 Identification d'alternatives et design conceptuel

L'objectif majeur de l'étude de faisabilité est de définir le design conceptuel du projet du Repowering avec la conception basique des travaux de génie civil et tous les aspects d'intégration des équipements électromécaniques (éoliennes, facilité de transport d'électricité). Ce design intègre essentiellement les éléments suivants :

- Évaluation des voies d'accès au projet ;
- Tracé des voies internes d'accès aux installations du projet ;
- Choix et réalisation des travaux de fondation type en éoliennes et plateformes ;
- Travaux de transport d'électricité en moyenne tension ;
- Vérification de la capacité de la LHT Menzel Témime à 90 kV ;
- Travaux d'extension du poste électrique du parc éolien.

Barlovento a réalisé le design conceptuel préliminaire définissant la configuration en layout du projet avec les modèles d'éoliennes suivants :³

- N149/4.5 MW (alternative Nordex-Acciona Wind Power).
- SG145/4.5 MW (alternative Siemens-Gamesa Renewable Energy) ;

³ Configuration (comme cas d'exemple) en optimisant la capacité du site

- V136/4.2 MW (alternative Vestas).

La sélection de l'ensemble ou de l'un de ces trois modèles de turbines dans la configuration envisagée n'est pas une recommandation de Barlovento sur le modèle de turbine à choisir pour le rééquipement du parc. La décision définitive devra être prise à la suite du processus d'appel d'offres et prendra en considération d'autres aspects dont en particulier l'évaluation socioéconomique de ce projet.

Ce projet désigné **Repowering du Parc Éolien Sidi Daoud**, prévoit en plus du rééquipement en éoliennes, la construction des voies internes d'accès nécessaires, des plateformes de montage d'éoliennes, de modification du bâtiment de contrôle et une extension du poste électrique. Les installations seront dotées d'un système électrique, de communications, de mise à la terre et de blindage et protection contre les surtensions.

Les alternatives de développement du projet doivent permettre de réconcilier entre les choix et le design de différentes composantes du projet : position en termes de distance et répartition spatiale des éoliennes dans le contexte existant (layout préliminaire), production moyenne d'énergie, efficacité électrique, distribution des tranchées des lignes MT, voies internes d'accès, emplacement et dimensionnement du poste électrique du parc.

L'étude préliminaire a analysé trois alternatives de choix d'éoliennes pour ce parc, proposées par Barlovento à la STEG, permettant de réaliser le layout optimal.

La conception optimale établie se base sur les trois alternatives de configurations I, II et III. **La décision finale quant au choix du modèle d'éolienne devra être prise dans le cadre du processus d'appel d'offres et prendra en considération d'autres aspects, dont en particulier l'évaluation socio-économique du projet.**

Les travaux nécessaires pour l'exécution de ce repowering d'une partie (tranches A et B) du parc englobent la réalisation des installations suivantes :

- Voies d'accès, plateformes et fondations pour les éoliennes proposées ;
- Fourniture, installation et montage de 13 éoliennes ;
- Construction des canalisations souterraines du réseau à 33 kV (MT).
- Extension du poste électrique existant 33 / 90 kV.

Les données générales du projet et ses activités aux différentes phases, sont décrites ci-dessous en considérant les alternatives envisagées, basées sur le choix de type d'éoliennes.

Tableau 5 : Principales caractéristiques du P. E. Sidi Daoud (tranches A et B) selon le choix d'éoliennes.

Alternative	Nordex-Acciona	Siemens- Gamesa	Vestas
Configuration	I	II	III
Fabricant / Modèle d'éolienne	N149-4.5 MW	SG145-4.5 MW	V136 / 4.2 MW
Nom du projet	Parc Éolien Sidi Daoud		
Hauteur de moyeu (m)	Gouvernorat de Nabeul		
Maître de l'Ouvrage	Société Tunisienne d'Électricité et de Gaz		
Hauteur d'éolienne (m)	105	90	105
Puissance totale installée (MW)	58.5	58.5	54.6
Réseau de Moyenne Tension (MT)	Conducteur en aluminium/cuivre à 33kV		

1.3.3 Projet de rééquipement du parc

L'étude préalable a conduit au choix de l'installation de treize éoliennes de nouvelle génération pouvant garantir une puissance installée de 54 MW environ des tranches A et B destinées au repowering.

1.3.3.1 Choix de configuration du projet

La configuration à choisir pour le Repowering englobera 13 éoliennes, situées dans l'espace disponible après le démantèlement des installations obsolètes des phases A et B. Les éoliennes de la phase demeureront exploitées. Les cotes moyennes varieront de 19 à 90m. La carte topographique suivante décrit l'emplacement et la position en hauteur des différentes éoliennes. L'espacement moyen prévu entre les mâts sera de l'ordre de 300m.

En effet, selon la conception du parc éolien par Barlovento, la distance minimale entre éoliennes est d'au moins :

- 2.2 diamètres en considérant le modèle d'éolienne N145/4.5 MW.
- 2.4 diamètres en considérant le modèle d'éolienne V136/4.2 MW.
- 2.3 diamètres en considérant le modèle d'éolienne SG145/4.5 MW.

Les distances en directions non-prédominantes sont inférieures aux standards de l'industrie (3 diamètres) entre les éoliennes. Le fabricant d'éoliennes pourra définir une stratégie de gestion des secteurs de vents (*Wind Sector Management* / WSM en anglais) pour diminuer les charges entre éoliennes.

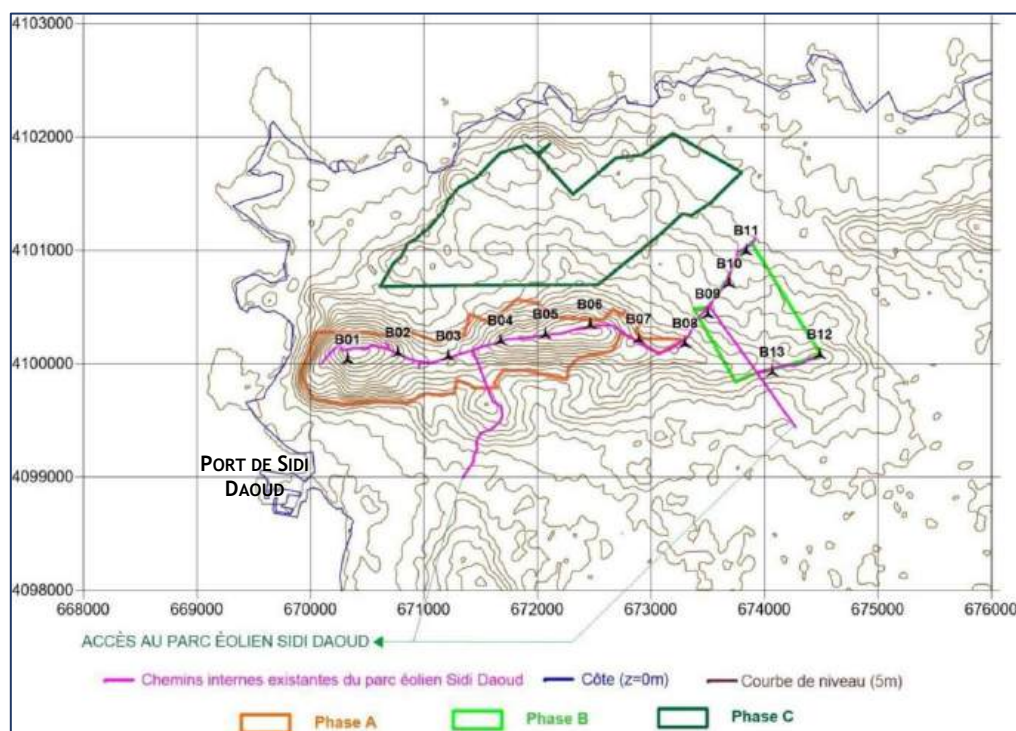


Figure 6 : Plan du site du projet de repowering porté sur fond topographique.

L'emplacement des nouvelles éoliennes, la zone de stockage et la centrale à béton de chantier sont inclus dans le périmètre de la centrale éolienne. Les coordonnées du layout préliminaire pour le projet P. E. Sidi Daoud sont données dans le tableau suivant.

Tableau 6 : Coordonnées des éoliennes. Configuration I, II et III. UTM WGS84, fuseau 32

Éolienne ⁴	Easting m	Northing m
B01	670 327	4 100 047
B02	670 755	4 100 080
B03	671 226	4 100 047
B04	671 678	4 100 187
B05	672 074	4 100 242
B06	672 461	4 100 339
B07	672 882	4 100 214
B08	673 278	4 100 186
B09	673 493	4 100 456
B10	673 695	4 100 731
B11	673 845	4 101 016
B12	674 483	4 100 101
B13	674 076	4 099 946

⁴ Le layout considéré pour les trois configurations est le même dû à la similarité des turbines en termes de puissance et de diamètre du rotor.

Les coordonnées du polygone d'emprise du poste électrique existant dans le parc éolien Sidi Daoud sont les suivantes :

Tableau 7 : Coordonnées du polygone d'emprise du poste électrique du parc (fuseau 32, UTM WGS84)

Point	Easting m	Northing m
S1	671 513	4 100 133
S2	671 532	4 100 083
S3	671 474	4 100 060
S4	671 456	4 100 112

1.3.3.2 Normes applicables

Tous les travaux décrits pour ce projet sont planifiés conformément aux dispositions légales, normes et autres réglementations générales en vigueur, ainsi qu'aux normes techniques spécifiques des municipalités concernées et de la STEG exploitant le réseau général de distribution d'électricité dans le pays. La réglementation appliquée au projet peut être détaillée comme suit.

1.3.3.2.1 Génie civil et structures

- AASTHO-1993, "Conception de routes à faible volume de circulation pour la conception de la structure de la chaussée (couches de chaussée).
- Spécifications du fabricant (pour les chemins internes des parcs éoliens. Ces spécifications sont toujours plus restrictives que les règlements nationaux au sujet des voies rurales).
- Eurocode 2 - Calcul des structures en béton.
- Eurocode 4 - Calcul des structures mixtes acier-béton.
- Eurocode 7 - Calcul géotechnique.
- Norme EN 15129 : 2019 Dispositifs antisismiques.
- Norme ministérielle espagnole 6.1-IC du 2003 : Sections des pavés.

1.3.3.2.2 Installations électriques et normes générales

- IEC 60038, 2009. Tensions normales.
- ASTM B398. Standard Specification for Aluminum-Alloy 6201-T81 Wire for Electrical Purposes.
- ASTM B399. Standard Specification for Concentric-Lay-Stranded Aluminum- Alloy 6201-T81 Conductors.
- IEC 61109, 2008 Isolateurs pour lignes aériennes – Isolateurs composites de suspension et d'ancrage destinés aux systèmes à courant alternatif de tension nominale supérieure à 1 000 V – Définitions, méthodes d'essai et critères d'acceptation.
- Dielectric Phenomena in High Voltage Engineering.
- IEC 60071-1, 2006, Coordination de l'isolement.
- IEC 60660, 2008, Isolateurs – Essais des supports isolants d'intérieur en matière organique destinés à des installations de tension nominale supérieure à 1 000 V jusqu'à 300 kV non compris.
- IEC 60076-1, 2011, Transformateurs de puissance - Partie 1 : Généralités.
- IEC 62271-100, 2008, Appareillage à haute tension – Partie 100 : Disjoncteurs à courant alternatif.
- IEC 62271-101, 2012, Appareillage de connexion et de contrôle à haute tension - Partie 101 : Essais synthétiques.
- IEC 62271-102, 2018, Appareillage à haute tension - Partie 102 : Sectionneurs et sectionneurs de terre à courant alternatif.
- IEC 62271-200, 2011, Appareillage à haute tension – Partie 200 : Appareillage sous enveloppe métallique pour courant alternatif de tensions assignées supérieures à 1 kV et inférieures ou égales à 52 kV.
- IEC 60099-4, 2014, Parafoudres - Partie 4 : Parafoudres à oxyde métallique sans éclateurs pour réseaux à courant alternatif
- IEC 60502-2 2014 : Câbles de puissance à isolation extrudée et leurs accessoires pour des tensions nominales entre 1 kV ($U_m = 1,2$ kV) et 30 kV ($U_m = 36$ kV) - Partie 2 : câbles pour des tensions nominales entre 6 kV ($U_m = 7,2$ kV) et 30 kV ($U_m = 36$ kV).
- IEC 61869-3-2011 : Transformateurs de mesure - Partie 3 : Exigences complémentaires pour les transformateurs de tension inductifs.

- IEC 61869-2-2012 : Transformateurs de mesure - Partie 2 : Exigences complémentaires pour les transformateurs de courant.
- Norme UNE 21144-1 - 1 : 2012 : Câbles électriques. Calcul du courant admissible. Partie 1-1 : Équations de l'intensité du courant admissible (facteur de charge 100%) et calcul des pertes. Généralités.
- UNE EN 60909 : Courants de court-circuit dans les réseaux triphasés à courant alternatif - Partie 0 : Calcul des courants.

1.3.3.2 Normes applicables aux éoliennes

- IEC 61400-01, Ed. 3, Éoliennes, Exigences de conception. Spécifications de sécurité.
- IEC 61400-11, 2012, Techniques de mesure du bruit acoustique.
- IEC 61400-12, 2017, Systèmes de génération d'énergie éolienne - Mesures de performance de puissance des éoliennes de production d'électricité.
- IEC 61400-13, 2015, Mesure des charges mécaniques.
- IEC 61400-21, 2008, Mesure et évaluation des caractéristiques de qualité de puissance des éoliennes connectées au réseau.
- IEC 61400-23, 2014, Essais en correcte grandeur des structures des pales.
- IEC 61400-24, 2010, Protection contre la foudre.
- IEC 61400-25-6, 2016 Communications pour la surveillance et la commande des centrales éoliennes.

1.3.4 Horizons temporels du projet

Le projet s'articule en quatre phases : préconstruction (démantèlement des éoliennes des deux tranches A et B du parc, devenues obsolètes), construction, exploitation et démantèlement en fin de vie du projet pour la remise en état des lieux.

1.3.4.1 Préconstruction

Les activités de cette phase correspondent dans la réalité à la phase de démantèlement du parc dans l'EIE anté, au départ de la construction des éoliennes actuelles du parc. Ces travaux intégrés ici, ont l'objectif général du démantèlement suivant :

- libération de l'espace nécessaire à la réalisation du repowering du Sidi Daoud et remise en l'état préalable du site ;
- Réhabiliter les infrastructures et équipements qui seront reconduits pour utilisation en cours de repowering (construction, exploitation, démantèlement) ;
- Assurer un impact environnemental minimal de toutes les activités du démantèlement de préconstruction, selon le critère fondamental de la minimisation des déchets et des effets sur le milieu naturel et humain.

Cette phase du projet correspond essentiellement :

- au démantèlement des éoliennes obsolètes des tranches anciennes A et B du parc ;
- au démantèlement des réseaux électriques internes ;
- à l'élimination des déchets industriels correspondants ;
- au démantèlement des semelles de fondation de ces éoliennes ;
- au démantèlement des plateformes de service y associées.

D'autres travaux peuvent être engagés quant au démantèlement partiel d'équipements électriques, en vue de rénovation selon les dimensions de la nouvelle configuration programmées pour rééquipement du parc.

La durée impartie à la réalisation de tous ces travaux de démantèlement et de remise en état des lieux ne peut pas être facilement estimée dans la situation actuelle. Cependant, Barlovento, spécialisé dans le domaine, propose l'échéancier suivant.

Tableau 8 : Échéancier des activités principales de la phase de préconstruction

		Mois												
	Activités	1	2	3	4	5	6 et suivants							
DÉPART 1	Déconnexion départ 1 : 16 unités d'éoliennes AE32						Travaux de construction de Repowering des tranches A et B du parc éolien Sidi Daoud							
	Démantèlement du câblage													
	Démontage d'éoliennes : 16 unités AE32													
	Destruction partielle de semelles ; 16 unités													
DÉPART 4	Déconnexion départ 4 : 16 unités AE 32													
	Démantèlement de câblage													
	Démantèlement d'éoliennes : 16 AE32													
	Destruction partielle de semelles : 16 unités													
DÉPART 6	Déconnexion départ 6 : 10 AE46, 1 AE52, 1 AE61													
	Démantèlement de câblage ; 9AE46, 1 AE61													
	Démontage d'éoliennes													
	Destruction partielle de semelles : 12 unités													
Sécurité et santé														
Surveillance environnementale														
Hydroensemencement, revégétalisations														

1.3.4.2 Phase de construction

L'estimation de façon précise de la durée de construction de ce "nouveau parc éolien" est difficile. Plusieurs types travaux peuvent être conduits aisément dans le temps, alors que le montage d'équipements et exceptionnels et leur mise en route que sont les éoliennes, ne peut se faire que dans des fenêtres climatiques choisies, avec des vitesses de vent relativement basses ($\leq 3\text{m/s}$). Les durées suivantes de chantier ne sont donc données qu'à titre indicatif, et dans des conditions climatiques supposées favorables.

Ces activités impliquent l'intervention d'équipes spécialisées dans différents domaines, et verront se succéder ou se chevaucher les interventions d'équipes différentes selon la nature des lots d'activités. Des entreprises hautement spécialisées dans la technologie de l'éolien sous le regard du constructeur, se chargeront de l'assemblage et de la mise en route des nouvelles éoliennes.

1.3.4.3 Exploitation

La phase d'exploitation est estimée à 20 ans, dépendant des recommandations du fournisseur d'éoliennes mais aussi des progrès de la technologie dans le domaine. Les principales activités de la phase d'exploitation se résument comme suit :

- **Contrôle de la production et de l'état fonctionnel des équipements**

L'évacuation d'énergie au réseau de transport d'électricité sera assurée depuis le bâtiment d'exploitation par l'intermédiaire du poste local MT/HT (30 kV/ 90 kV) d'une superficie actuelle d'environ 500 m². Il renferme deux transformateurs fonctionnels et un transformateur de réserve à huile de refroidissement synthétique ne contenant pas des PCBs (interdits d'importation en Tunisie depuis 1985 ; Conventions de Stockholm, Bâle, Rotterdam, et Barcelone). La ligne de transport d'électricité HT (90 kV) existante, d'une distance de 22.5 Km environ, permettra de relier le poste MT/HT de Sidi Daoud au poste HT de Menzel Temime.

- **Exploitation et contrôle à distance**

La production d'électricité se faisant en hauteur, la supervision et la gestion des systèmes de production et de transport d'électricité ne peuvent se faire qu'à distance. L'exploitant surveille en continue et agit à distance sur toutes les installations en disposant de liaisons de télécommunication mises en place sur ces installations, mais aussi d'un système de monitoring qui peut être localisé parfois au pied d'une éolienne ou dans le poste de livraison.

Ce système désigné SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) permet à chaque instant à l'exploitant de vérifier le fonctionnement des éoliennes, de détecter les avaries et défauts éventuels. Il peut également commander en cas de besoin, l'arrêt/démarrage des éoliennes à distance (vents exceptionnels, tempêtes, survitesse, etc.). Le parc actuel est déjà équipé par un Système SCADA.

Une gestion supplémentaire à distance ou Monitoring et de maintenance est proposée par le constructeur de l'éolienne ou sous-traitée par une société spécialisée. Les opérateurs surveillent en continue les éoliennes du constructeur à l'échelle mondiale. En cas d'événement anormal, une vérification des paramètres techniques est réalisée pour relever les anomalies de fonctionnement. En cas d'alerte d'incident (incendie, survitesse, avaries diverses, etc.), l'opérateur arrête immédiatement la machine pour la mettre en sécurité et enclenche la procédure d'information à l'exploitant et aux secours.

- **Monitoring**

Une équipe d'Opération et de Maintenance est chargée de gérer l'exploitation technique des éoliennes. Cette équipe est autorisée à se connecter en permanence au SCADA du parc éolien pour assurer la surveillance. Elle demeure également en contact continu avec le constructeur, l'exploitant et toutes les parties prenantes dont en particulier les services de secours.

- **Plan d'opération d'intervention**

Un plan d'opération d'intervention est préparé au préalable afin d'identifier en phase exploitation toutes les informations pratiques sur le site éolien (identification du parc, moyens d'intervention disponibles dans le parc, nombre et type d'éoliennes, localisation de l'installation, accès possibles, numéro de téléphone de l'exploitant et des intervenants possibles, etc.) afin de garantir conditions optimales pour l'intervention des secours (rapidité, mobilisation des moyens d'intervention nécessaires, moyens d'évacuation des sinistrés, etc.). Ce POI est déclenché en cas d'urgence.

- **Entretien des installations**

La maintenance est de trois types :

Maintenance préventive : Elle englobe les opérations d'entretien courantes (vidange, graissage, notamment) et la vérification de l'état de fonctionnement des composants de l'éolienne, la prévision du remplacement anticipé d'une composante donnée pour pallier la panne, etc.

Maintenance curative : Elle intervient à la suite d'une panne, et doit être soigneusement programmée et limitée dans le temps pour réduire la perte de production.

Maintenance conditionnelle : C'est un système de maintenance appelé CMS (*Control Monitoring System*). Ce système futuriste est géré par des automates qui permettent d'anticiper les problèmes éventuels en détectant les degrés d'usure précoce des pièces d'équipement dans la nacelle (rotor, axe de rotation, relais de transmission, pignons des roulements, etc.).

1.3.4.4 Démantèlement ultérieur

Cette phase de démantèlement implique notamment :

- Le démontage des équipements devenus obsolètes (e.g. générateurs électriques, éoliennes).
- L'élimination/valorisation des déchets industriels et rebuts de chantier.
- Le démantèlement des fondations des éoliennes.
- Le décapage des plateformes de service des éoliennes et la remise définitive en état des lieux.
- La remise en état des voies pour l'usage commun.

La durée nécessaire pour la réalisation de ces activités, et l'échéancier par type des travaux à effectuer ne peut pas être estimée dans la situation actuelle.

2 CHOIX DES EOLIENNES ET CONFIGURATION DU RESEAU ELECTRIQUE

La description plus détaillée de chacune des installations qui font partie du parc éolien Sidi Daoud est présentée ci-dessous.

2.1 Éoliennes

Le choix de l'équipement se fera en fonction de la qualité et de la fiabilité des éoliennes du fabricant, de la production, du prix, des garanties, de la disponibilité, des conditions de fourniture, ainsi que des certifications de performance et de l'approbation pour assurer la viabilité du projet. Actuellement, la tendance qui reflète ces considérations est de l'ordre de 4.0 MW de puissance nominale. Dans la conception en cours des études de cadrage et de faisabilité, l'utilisation des éléments suivants a été prise en compte : des éoliennes de 4.5 MW de puissance nominale (modèle N149 / 4.5 MW fabriqué par Nordex-Acciona Wind Power et modèle SG145 / 4.5 MW fabriqué par Siemens Gamesa Renewable Energy) et 4.2 MW de puissance nominale (modèle V136 / 4.2 MW fabriqué par Vestas).

Les modèles d'éoliennes sélectionnés se composent d'un rotor d'axe horizontal, situé à grande hauteur, actionné par trois pales. Le système de pales est relié au rotor par un multiplicateur au générateur. Tout l'équipement est situé sur une tour avec une fondation en béton armé.

Les modèles considérés pour ce projet sont des éoliennes à pas réglé avec une orientation active et rotor de trois pales. Ces modèles utilisent une technologie OptiTip® qui permet à l'éolienne de fonctionner à des vitesses variables, ce qui aide à maintenir la production autour de la puissance nominale. À basse vitesse, la puissance de sortie est optimisée par la régulation de la vitesse optimale du rotor et l'angle de pitch.

2.2 Ligne souterraine d'interconnexion

L'énergie produite par l'ensemble des éoliennes est captée par un réseau MT souterrain et transportée vers le poste électrique existant du parc, dont le rapport de transformation est de 33 / 90 kV.

Comme mentionné ci-dessus, en tenant compte de l'emplacement des éoliennes et de la puissance maximale admissible des conducteurs en fonction du type d'éolienne, 5 groupes ou circuits à MT à 33kV ont été conçus pour les trois configurations. Les lignes d'interconnexion à 33 kV seront constituées de ternes de conducteurs unipolaires groupés en Trèfle et directement enterrés dans les tranchées.

Les sections de conducteur sont adaptées dans chaque tronçon du circuit aux charges maximales attendues, et la chute de tension prévue être inférieure au 3%. Les câbles seront conçus avec des sections décroissantes au fur et à mesure qu'ils s'éloignent des cellules MT du poste électrique vers les extrémités des lignes des éoliennes.

Les conducteurs à utiliser doivent être du type câble HERSATENE RHE-OL 19/33 kV IEC 60502-2 2014 et de section appropriée avec isolation polyéthylène réticulé (PER) pour une tension nominale de 19 / 33 kV. Dans tous les cas, les câbles choisis doivent être conformes aux prescriptions réglementaires concernant la densité de courant, le court-circuit et la chute de tension, tout en garantissant des pertes minimales de transmission.

Les sections finales de câbles choisies sont optimisées sur la base de l'analyse économique des pertes de puissance et du coût de la section de câble sélectionné.

Le dimensionnement et le calcul des sections et les pertes du circuit MT ont été conduits selon les critères suivants :

- Critère de l'intensité maximale admissible.
- Critère de chute de tension maximale admissible.

Dans un premier temps, les sections sont calculées en fonction du courant maximal admissible. Par la suite, les sections sont vérifiées selon le critère de chute de tension maximale, et les ajustements de section nécessaires sont effectués si l'un ou l'autre des critères susmentionnés n'est pas respecté.

2.3 Centre de transformation et cellules 33 kV

Chaque éolienne dispose d'un centre de transformation à l'intérieur de la tour dont les principaux composants seront :

- Transformateur ;
- Cellule de protection du transformateur ;
- Cellules d'entrée et sortie pour la continuité des circuits existants ;
- Matériel de sécurité.

Le transformateur, dont la puissance nominale dépendra du modèle d'éolienne choisi, sera chargé d'augmenter l'énergie produite par l'éolienne depuis une tension de 690 V à 33 kV, pour éviter, dans la mesure du possible, des pertes excessives par le transport vers le poste électrique du parc éolien. En conséquence, les éoliennes seront raccordées en parallèle à chacun des centres de transformation au moyen de lignes électriques souterraines, formant des regroupements ou des circuits à moyenne tension. Les travaux correspondant aux infrastructures peuvent être décrits comme suit :

- Montage et installation des centres de transformation 33 kV dans l'intérieur / extérieur de chaque éolienne.
- Montage et installation des cellules d'entrée et sortie moyenne tension pour la continuité de l'équipement existant.
- Montage en pont à moyenne tension depuis le centre de transformation (CT) à la cellule de protection.
- Interconnexion entre éoliennes jusqu'au poste électrique de livraison du parc à partir du réseau souterrain MT.
- Éléments de protection, télésurveillance et auxiliaires.
- Matériel de sécurité.

L'appareillage de commutation MT doit se composer des éléments de coupure et de protection de 33 kV logés dans chaque centre de transformation :

Interrupteur - sectionneur

Il aura la fonction de coupure en charge et en même temps les fonctions de sectionnement et de mise à la terre. Il sera actionné manuellement, en hexafluorure de soufre (SF₆) et aura les ancrages correspondants pour éviter les fausses manœuvres.

Interrupteur - fusible

Il aura pour fonction de protéger le transformateur contre les surintensités et en conséquence, de réaliser une coupure en charge. Il peut aussi être actionné manuellement, la coupure sera en isolation SF₆.

Les centres de transformation doivent tous être avec la conception, seulement le nombre de cabines ou de cellules de distribution secondaire varie, en fonction de la situation de chaque éolienne dans le circuit d'interconnexion. Dans chaque éolienne un ensemble de cellules compactes sera installé avec isolation et coupure en SF₆, formé par :

- Cellule d'entrée (0L), pour l'entrée de ligne depuis l'éolienne / s précédente / s. Raccordement des câbles MT reliant l'éolienne au poste électrique de transformation (directement ou à travers d'autres éoliennes). Cette ligne ne peut pas être interrompue depuis l'éolienne elle-même, en conséquence, ces câbles seront toujours sous tension (sauf si la ligne est coupée d'une éolienne ou d'une cellule précédente).
- Cellule de protection du transformateur (1P), pour connecter les câbles provenant du transformateur de l'éolienne elle-même. Cette partie contient une protection contre les courts-circuits réalisée à l'aide de fusibles et également un interrupteur de connexion permettant de connecter / déconnecter uniquement l'éolienne à laquelle elle appartient. Cet interrupteur de connexion peut être actionné manuellement, en déclenchant l'un des fusibles de protection ou par le système de contrôle de l'éolienne. Il existe également un sectionneur de mise à la terre qui permet de mettre le transformateur à la terre. Ce sectionneur ne peut être activé et désactivé que manuellement.
- Cellule de sortie (1L), pour la sortie de ligne vers l'éolienne prochaine ou vers le poste électrique de transformation. Raccordement des câbles MT qui relient l'éolienne à d'autres éoliennes situées plus loin du poste électrique. Cette partie est équipée d'un interrupteur-sectionneur qui permet de mettre hors service les éoliennes situées plus loin du poste électrique. Il dispose également d'un sectionneur de mise à la terre. Selon la position de l'éolienne dans le parc éolien, cette partie peut ne pas exister (fin de ligne), être simple (cas le plus courant), double (bifurcation de ligne) ou triple, jusqu'à un maximum de 4 lignes.

En conséquence, les cellules de protection et de manœuvre situées dans chacun des centres de transformation varieront en fonction de la situation de chaque éolienne dans le circuit d'interconnexion et seront constituées de deux, trois et quatre unités ayant les fonctions suivantes :

- **Cellule 0L + 1P** : composée d'un sectionneur de ligne et d'une protection du transformateur. Elle est utilisée dans les éoliennes en fin de circuit.
- **Cellule 0L + 1L + 1P** : consistant dans un sectionneur de ligne et une protection du transformateur. Elle est utilisée dans les éoliennes intermédiaires du circuit ou au début d'interconnexion avec le poste électrique.

Comme indiqué ci-dessus, l'ensemble du parc éolien sera composé de cellules **0L+1P** (éoliennes B01, B07, B09, B11 et B12), **0L+1L+1P** (éoliennes B02, B03, B04, B05, B06, B08, B10 et B13)) qui formeront le réseau moyenne tension du circuit. Les caractéristiques communes à toutes les cellules sont les suivantes :

Tableau 9. Caractéristiques communes des cellules du réseau de moyenne tension

Caractéristiques	Valeur/unités
Isolement	SF6
Fréquence	50 Hz
Niveau basique d'isolement	170 kV
Tension d'essai de l'impulsion à la fréquence industrielle (à terre et entre phases)	70 kV
Capacité de courant de court-circuit (1s)	25 kA

2.4 Poste électrique transformateur 33 / 90 kV

À partir du poste électrique existant du parc éolien Sidi Daoud, toute l'énergie produite par le Repowering du parc éolien Sidi Daoud ainsi que celle livrée par la tranche C de ce parc située plus au Nord, sera évacuée vers la ligne HT existante de Menzel Témime de puissance nominale 106 MVA.

Actuellement, le poste électrique de Sidi Daoud comporte deux transformateurs de puissance de 40 MVA à tension 33 / 90 kV.

Ce poste a été conçu pour abriter 3 transformateurs, de sorte que ses éléments sont correctement dimensionnés pour accueillir un troisième transformateur ayant les mêmes caractéristiques que celles des deux existants.

D'une manière interne, la STEG a décidé de considérer pour l'étude de faisabilité, l'installation d'un troisième transformateur avec des caractéristiques similaires à celles déjà sur place.

Il existe une position libre, déjà construite, pour l'installation d'un nouveau transformateur. Par conséquent, aucune action ne sera requise sur la barre à haute tension, sauf pour l'installation des équipements de manœuvre, de mesure et de protection requises par la position du nouveau transformateur.

L'extension du poste électrique impliquera l'installation des éléments suivants :

- Transformateur 30 / 40 MVA (ONAN / ONAF) 33/90 kV (TR3),
- Position du transformateur 3,
- Ensemble de cellules à 33 kV,
- Transformateur des services auxiliaires.

2.5 Réseau de mise à la terre

Chaque éolienne et le centre de transformation correspondant auront une installation de mise à la terre. Cette installation est complétée par un seul réseau de terre equipotentiel avec un conducteur en cuivre de 50 mm² de section qui sera installé dans la canalisation commune avec les câbles de puissance et de communications, en interconnectant toutes les éoliennes entre elles, et qui sera également connecté au réseau de terre de mise à la terre du poste électrique du parc.

Ce conducteur, installé au fond de l'excavation, en contact direct avec le terrain, agira comme une électrode horizontale, en améliorant grandement la résistance de terre de l'installation.

Dans la fondation de chaque éolienne, un anneau de mise à la terre sera installé auquel sera raccordé le renfort de la semelle de sorte que, conformément à la réglementation, la résistance de terre sera inférieure à 10 Ohms. Des mesures de tension des pas et de contact doivent être effectuées sur toutes les éoliennes.

Terre de protection

Les éléments métalliques de l'installation qui ne sont normalement pas sous tension mais qui peuvent l'être en raison de défauts ou de circonstances extérieures doivent être mis à la terre. Les cellules auront une section de terre qui les interconnectera, en constituant le collecteur de terre de protection.

Terre de service

Le neutre du transformateur doit être mis à la terre à chaque poste de transformation. La connexion à l'électrode générale se fera par une barrette de mesure de résistance en cuivre, installée dans un boîtier avec un degré de protection IP54.

2.6 Tour du parc

Afin de continuer à évaluer le comportement du vent dans la région et d'avoir un historique des données à ce sujet, au moins une tour dans le parc doit être disponible. Une tour anémométrique (autoportante ou soutenue par des haubans selon les caractéristiques du sol) sera installée sur un bloc en béton, constituée d'un support en treillis pour la fixation des appareils de mesure. Ce support sera construit de profilés angulaires en acier galvanisé à chaud.

La hauteur maximale du sol au sommet de la tour sera la hauteur du moyeu définitif du projet. L'alimentation électrique se fera à partir du réseau MT à 33 kV par la même canalisation de câbles. Un tube en polyéthylène de 50 mm de diamètre sera posé à travers lequel les conducteurs à 220V seront insérés pour alimenter les appareils de mesure.

Normalement, la tour du parc est située dans une position spécifique pour permettre d'effectuer l'essai de la courbe de puissance sur au moins une des éoliennes du site.

Voyant la position des éoliennes de la tranche C du parc, il n'existe plus de place pour installer une tour non perturbée. En revanche, à 2.5 diamètres vers le Nord-Ouest entre les positions des éoliennes B09 et B10, une tour pourrait être installée pour effectuer l'essai de la courbe de puissance dans ces turbines, en tenant toujours compte du fait qu'environ trois éoliennes de la tranche C soient arrêtées pendant l'essai pour éviter de perturber les mesures.

Une autre possibilité qui devrait être étudiée ultérieurement, bien qu'elle ne soit pas standard aujourd'hui, est d'installer un système LIDAR dans le poste électrique.

2.7 Réseau de communications

L'installation sera exploitée à distance. Le poste électrique sera équipé d'un système de télécontrôle qui sera responsable de la collecte des signaux, des alarmes et des mesures de l'installation pour la transmission aux centres d'exploitation à distance de l'entreprise d'exploitation du PE Sidi Daoud.

Des circuits de commande et de signalisation relieront les éoliennes et les mâts de mesure à la salle de communications (SCADA), située dans le poste électrique du parc.

L'information à transmettre sera traitée et préparée par le système de contrôle intégré et la transmission se fera par téléphone, par radio ou par fibre optique.

La signalisation et la manœuvre du parc éolien à partir du poste de contrôle central se fera par câble en fibre optique, adapté à une installation enterrée directement. Elle sera adaptée aux équipements de contrôle à installer aux éoliennes ainsi qu'au poste électrique. Le câble doit pouvoir être enterré directement dans les mêmes conduits que les conducteurs de puissance et doit être protégé contre l'action des rongeurs au moyen d'une armature en acier.

2.8 Ligne de transmission haute tension (LHT)

Le poste électrique de Sidi Daoud évacue la puissance générée à partir de la ligne HT Menzel Témime. Les caractéristiques principales de cette ligne sont comme suit :

- Ligne aérienne.
- Conducteur : L412 Crocus.
- Longueur : 22.7 km.
- Capacité de puissance nominale 106 MVA.
- La ligne Menzel Témime dispose de la capacité suffisante pour évacuer la puissance générée par le parc éolien Sidi Daoud à la suite du nouveau projet de repowering.
- Le niveau de charge maximale à prévoir dans la ligne est de 92.18 %.

2.9 Impacts du parc éolien liés à la configuration choisie des éoliennes

Il s'agit d'identifier les impacts engendrés par les travaux de construction. Pour ce faire, les installations et équipements du parc éolien Sidi Daoud doivent être présentés.

Pour les terres, l'occupation sera permanente, seule la surface de dépôt des pales est destinée à la servitude temporaire.

Les surfaces des zones à occuper, nécessaires à la construction et au fonctionnement ultérieur du parc éolien, sont données dans le tableau suivant. Les zones occupées par les différentes infrastructures du parc selon l'usage considéré, peuvent être d'occupation temporaire ou permanente.

- Chemins internes du PE et route d'accès (impact permanent).
- Plateformes de montage des éoliennes (impact permanent).
- Fondation des éoliennes (impact permanent).
- Canalisations souterraines (impact permanent)
- Zone de stockage (impact temporaire).
- Centrale à béton de chantier (impact temporaire).

Le tableau suivant présente les impacts identifiés et désagregés pour chacun des éléments à installer, en fonction du type d'impact.

Tableau 10 : Impacts permanents / temporaires du P. E. Sidi Daoud

Superficie totale occupée par le parc éolien en cours des phases d'exploitation et de travaux (en m ²)				
Configuration		Configuration I N-149	Configuration II SG-145	Configuration III V-136
Permanente	Chemins internes d'accès et route principale	37.368	37.368	37.368
	Plateforme de montage des éoliennes	75.387	52.000	49.920
	Fondation éolienne	4.720	4.720	4.720
	Canalisations souterraines	8.296	8.296	8.296
	Poste de transformation électrique	3.870	3.870	3.870
Temporaire	Zone de stockage	68.900	68.900	68.900
	Centrale à béton	8.100	8.100	8.100
Surface totale occupée permanente		129.641	106.254	104.174
Surface totale occupée		206.641	183.254	181.174

3 DESCRIPTION DE LA PHASE DE PRECONSTRUCTION

Les activités de démantèlement des éoliennes, des infrastructures et des équipements des tranches A et B du parc existant, sont décrits ici comme des travaux de phase de préconstruction du projet.

Notons que toutes les routes internes du parc, la sous-station d'évacuation d'électricité, et la ligne d'interconnexion au réseau HT demeureront en service pour le Repowering. Le démantèlement des éléments de génie civil sera conduit selon les méthodes les plus favorables du point de vue technique, économique et environnemental. Les déchets en acier et en cuivre seront récupérés et recyclés.

Pour les éoliennes, plusieurs options de démolition, d'enlèvement ou de recyclage sont envisagées (démontage, mise au rebut, et vente d'éoliennes destinées à être utilisées dans de nouveaux projets ou comme pièces de rechange). Les transformateurs élévateurs BT/MT sont aussi potentiellement récupérables et donc exploitables.

Dans les alternatives pour chaque déchet, le *Scottish Natural Heritage* propose la hiérarchie des décisions suivante pour les différentes options de traitement. Cette hiérarchie correspond à celle proposée par le *European Waste Framework Directive* (Directive 2008/98/EC) dans la prise de décision en matière de gestion des déchets :

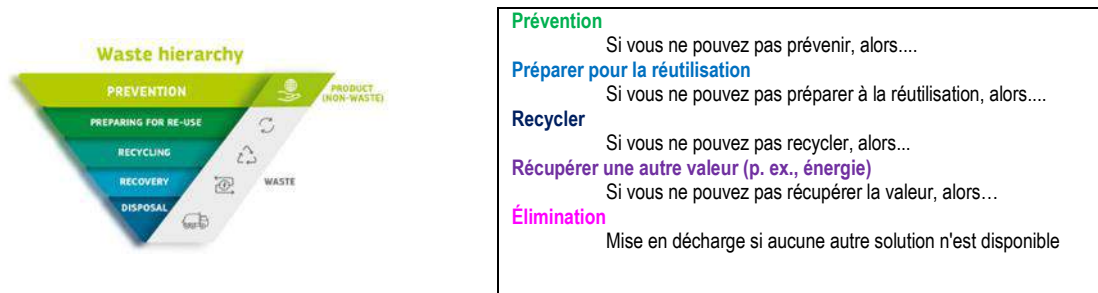


Figure 7 : Hiérarchie de l'utilisation des déchets (*European Waste Framework Directive 2008/98/EC*)

Option prévention : Il s'agit dès le part et à tout moment de prévenir la production de déchets. Dans cette alternative, de nombreux éléments n'ont pas besoin d'être remplacés, ce qui génère un avantage économique et prévient la production de déchets.

Option réutilisation : Les éléments qui doivent être remplacés, doivent regagner un nouveau cycle de vie (utilisation par la STEG, ou par des tiers acheteurs qui en généreront des avantages économiques).

Option recyclage : Les composants séparés, triés et recyclés (cuivre, aluminium, fer, pales en fibres de verre, transformateurs, etc.), peuvent générer des sources de revenu.

Option valorisation : Les composants ou parties de composants difficilement recyclables ou non recyclables, peuvent être valorisés comme déchets inertes utilisables à d'autres fins utiles.

Option élimination en déchèterie : Celle-ci est réservée, sous ses deux formes, déchets dangereux ou déchets inertes, peut entraîner des dépenses importantes.

Description des équipements et infrastructures pour démantèlement

La figure suivante montre les équipements, aménagements et utilitaires existants :

- Éoliennes à démanteler (en rouge) ;
- Chemins existants (en jaune) à aménager ;
- Bâtiments de transformation (en orange) à démanteler ;
- Éoliennes à conserver (en vert) ;
- Poste électrique et ligne existante (en bleu) à conserver.

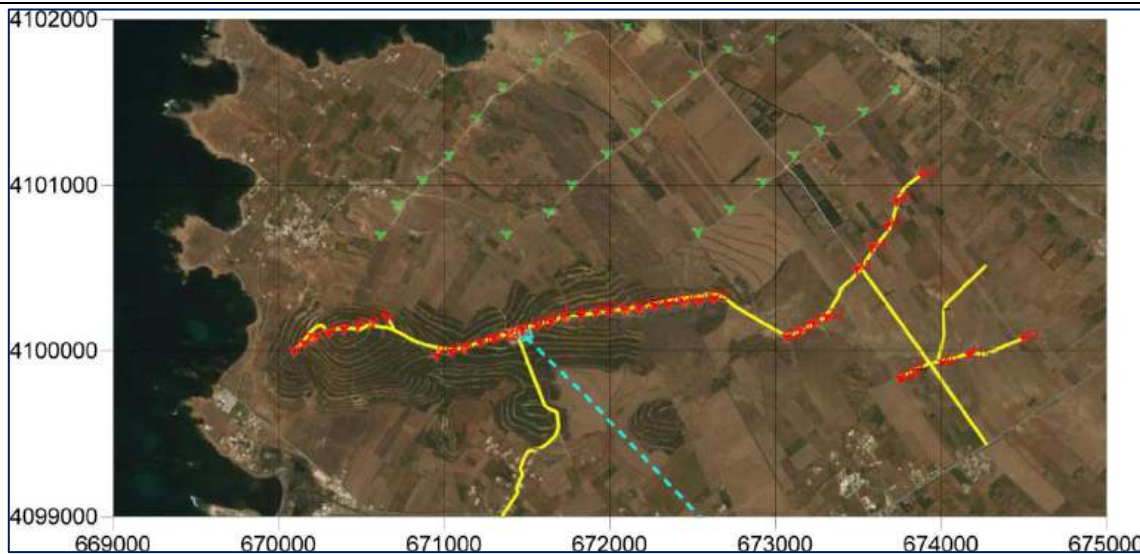


Figure 8 : Équipements et servitudes existants sur le site

3.1 Travaux de génie civil

Ceux-ci englobent :

- Chemin d'accès (pavé) : 1 362 m ;
- Chemins internes (non pavé) : 6 846 m ;
- Plateformes 12 x 16 m : 32 unités ;
- Plateformes 25 x 40 m (environ) : 12 unités ;
- Fondations AE32 (34 m3) : 32 unités ;
- Fondations AE46 (130 m3) : 10 unités ;
- Fondations AE52 (approx. 130 m3) : 1 unité ;
- Fondations AE61 (approx. 250 m3) : 1 unité ;
- Fondations du mât (approx. 2 m3) : 4 unités ;
- Tranchées : pas de mesure exacte (environ 8 200 m avec 3 et 6 tubes en PVC) ;
- Bâtiments : 8 unités d'environ 6x4 m de surface, et d'un étage.

3.2 Installations électriques et électromécaniques à démanteler

- Éolienne AE32 : 32 unités ;
- Éolienne AE46 : 9 unités ;
- Éolienne AE52 : quelques morceaux d'une unité ;
- Éolienne AE61 : 1 unité ;
- Transformateurs BT/MT : 8 unités ;
- Câblage en cuivre / aluminium de différentes sections : environ 36 900 m ;
- Câblage de commande : environ 8 200 m ;

Chacun des éléments sera traité différemment au cours de la phase du démantèlement.

3.3 Alternatives du démantèlement

3.3.1 Cas des éoliennes

La STEG n'envisage pas la possibilité de réutiliser les éoliennes (seule l'éolienne AE-61 sera démontée pour être utilisée en pièces détachées).

Recyclage et récupération des éoliennes

La tour et la nacelle sont composées d'acier et d'autres métaux non ferreux, mais aussi de petites quantités de matériaux composites et en plastique. Les matériaux composites et les plastiques ne sont pas immédiatement recyclés et doivent être remis à un gestionnaire de déchets ou éliminés dans des endroits autorisés. En revanche, l'acier et les matériaux non ferreux sont recyclables et ont un prix de vente élevé (pour le cuivre, notamment) comme ferraille.

Les pales sont fabriquées en fibre de verre et en polymères avec du PVC ou PET qui sont difficiles à recycler. Il est possible que certains fabricants artisans soient intéressés par des pièces de pales destinées à être utilisées comme matière première dans la fabrication de meubles.

Les pales peuvent être broyées et pulvérisées en une poudre fine. Cette poudre peut servir d'additif pour les ciments spéciaux (ciments avec fibres ou similaires). Autrement, les pales doivent être compactées et déposées dans une décharge autorisée pour matières non-dangereuses.

Processus de démontage des éoliennes

Ce processus s'effectue en étapes :

- Désactivation des éoliennes, avec mise en position "make safe" (ou une position équivalente telle que décrite dans le manuel d'exploitation) ;
- Déconnexion (ou coupure, si la déconnexion n'est pas possible) des câbles de B/M tension et de commande.
- Enlèvement de liquides et autres consommables de la turbine (huile, huile hydraulique, autres lubrifiants ou graisses). Ces produits seront soigneusement collectés et confiés à un opérateur spécialisé ;
- Démontage des pales à l'aide d'une grue, une par une, bien que la recommandation de Barlovento, étant donné la petite taille des rotors, soit la descente conjointe du moyeu et des trois pales au sol (en réciproque de l'opération de montage) pour un démontage ultérieur au sol, pour pallier tous risques de déséquilibre lors du démontage pale par pale ;
- Démontage et descente de nacelle par la grue ;
- Démontage des sections de la tour : généralement, au moins la section inférieure nécessitera une découpe par oxycoupage.

Des grues de 80 tonnes ou plus, seront utilisées pour les travaux. Ces grues ont une capacité suffisante pour abaisser les rotors, les nacelles et toutes les sections des tours des éoliennes AE32 et AE-46.

Après le démontage d'une éolienne, la semelle de fondation, partiellement ou totalement enterrée et d'où sortent l'anneau d'ancrage et le début de la canalisation électrique, doit être démantelée (voir ci-dessous).

3.3.2 Composantes électriques

a. Câbles à moyenne tension et commande

Les câbles existants ne peuvent pas être réutilisés. Le diamètre et les caractéristiques des câbles destinés au repowering sont différents des câbles existants. De plus, la norme IEC exige l'utilisation de câbles neufs et certifiés pour les nouvelles installations.

Les câbles ne peuvent aussi pas être abandonnés sur place puisqu'ils peuvent entraîner des complications et des confusions potentielles en cours de phase de construction du repowering, présenter des risques de vol de cuivre, voire des accidents potentiels.

Les câbles doivent donc être retirés, sans pouvoir être réutilisés. Ces câbles en cuivre ou en aluminium peuvent facilement être recyclés.

Une pelle rétrocaveuse permet de retirer les câbles en les tirant vers l'extérieur. À certains endroits et en l'absence de regards, lorsque le câble casse, il devient nécessaire d'ouvrir la canalisation.

b. Transformateurs

Les transformateurs existants ne peuvent pas être utilisés dans le projet du repowering, puisqu'ils sont spécifiques aux éoliennes selon leur conception par le constructeur.

La durée de vie utile des transformateurs qui n'ont pas de pièces mobiles, est généralement longue. Leur possibilité de réutilisation est élevée, comme c'est le cas pour d'autres transformateurs que la STEG a remplacé ou retirés par le passé dans d'autres installations dans le pays. Ces transformateurs peuvent être réutilisés par la STEG ou revendus à des tiers.

Dans le cas extrême, ces transformateurs peuvent être recyclés puisque leurs composants (acier et cuivre) sont très recherchés.

3.3.3 Éléments de génie civil

a. Semelles de fondation

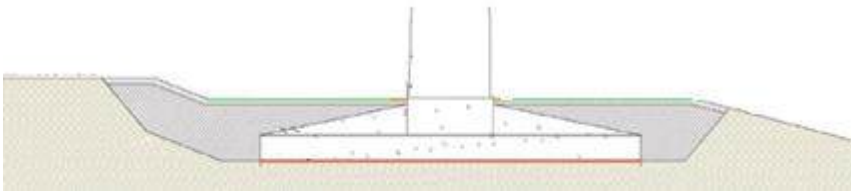
Les semelles existantes doivent être démantelées en tout ou partie, non seulement pour des raisons de dimensions différentes des nouvelles éoliennes par rapport à celles actuelles, mais aussi du fait même que les nouvelles éoliennes ne peuvent pas être implantées aux mêmes endroits.

Il existe plusieurs possibilités de démantèlement des semelles :

- Alternative 1 : démolir complètement la semelle, remplir l'excavation résultante par de la terre végétale, remettre en état les lieux et végétaliser. C'est une alternative à prix élevé.
- Alternative 2 : démantèlement du béton et de l'ancrage de l'éolienne dans la partie supérieure de la semelle sur 30 à 50 centimètres à l'aide d'une excavatrice de 40 tonnes, et remplissage de l'excavation par de la terre végétale. Cette alternative est de coût intermédiaire.
- Alternative 3 : laisser la semelle sur place, enlever l'anneau de fondation et recouvrir la cavité avec du béton ou avec une plaque métallique (cette procédure a auparavant été pratiquée pour les éoliennes du Sidi Daoud). C'est une alternative à prix bas.

Les semelles sont démolies par des excavatrices de 40 tn qui peuvent également être utilisées pour d'autres travaux de démantèlement. Pour ce démantèlement, l'usage d'un marteau hydraulique s'impose.

L'option 2 précédente est considérée comme la plus appropriée d'un point de vue environnemental, avec un coût de mise en œuvre relativement acceptable.

	
Démantèlement de la semelle par marteau	Profil type d'une semelle
	
Enlèvement partiel de semelle	Semelle totalement enlevée

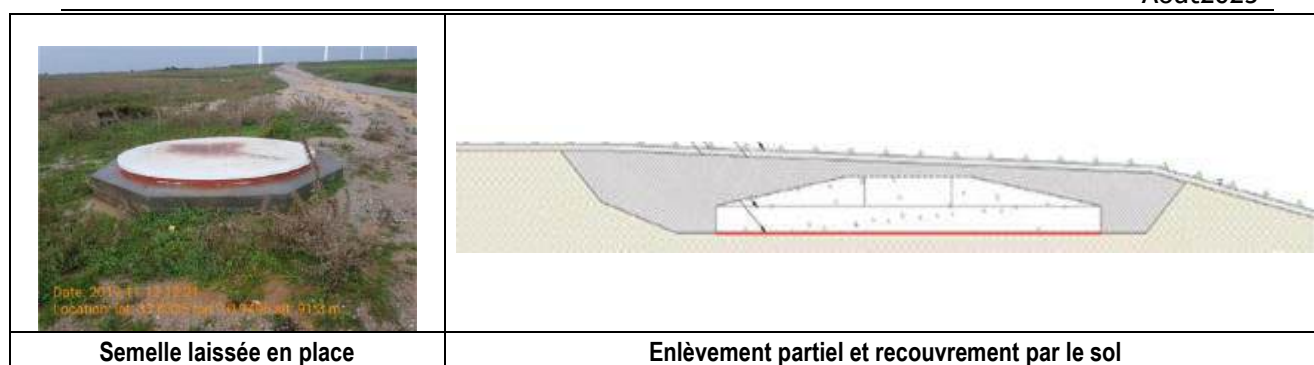


Figure 9 : Moyens et différentes alternatives de démolition/traitement des semelles de fondation des éoliennes (source : Scottish Natural Heritage 2013.)

3.3.4 Plateformes

Les plateformes existantes ne peuvent pas être réutilisées notamment pour des raisons de dimensionnement. Les nouvelles plateformes qui seront construites auront des dimensions et une capacité portante plus grandes que celles des plateformes actuelles. Les options de valorisation ou de mise en décharge, peuvent s'avérer inutiles. Ces plateformes anciennes, sont déjà altérées en surface et revégétalisées de manière spontanée. Il est recommandé d'appliquer un hydro-ensemencement sur leurs surfaces pour accélérer le phénomène d'altération biologique et l'extension de la couverture végétale qui permettent de les intégrer dans le paysage.

3.3.5 Chemin d'accès et internes

Certains chemins intérieurs doivent être réhabilités pour les besoins de travaux. Le tracé des chemins du parc convient parfaitement à toutes les phases de démantèlement, de construction (repowering) et d'exploitation, mais aussi pour le démantèlement éventuel ultérieur.

3.3.6 Tranche électrique

Les câblages enterrés dans des tuyaux seront extraits et recyclés comme indiqué plus haut. Si les canalisations s'avèrent nouvellement construites, il serait possible d'utiliser les mêmes sections pour faire passer les nouveaux câbles. Les anciennes canalisations ne peuvent en revanche pas convenir (rupture des tubes en PVC, déformation des canalisations sous contrainte mécanique dans le sol, déchets de faunes réfugiées dans les tuyaux, etc.). Toutefois, les canalisations abandonnées doivent être maintenues enterrées sur place pour éviter la génération de déchets.

3.3.7 Bâtiments des transformateurs

Il existe 8 bâtiments. Leurs dimensions sont d'environ 6 x 4 m. Ils sont construits dans le style architectural de la zone (angles droits, toit plat, fenêtres et murs blanchis à la chaux) afin d'être bien intégrés dans le paysage. Leur état est adéquat. Ils abritent des transformateurs BT/MT qui seront être réutilisés.

Bien que l'état de ces bâtiments soit convenable, ils s'avèrent inutiles pour le repowering, car les nouvelles éoliennes incorporent chacune son transformateur (généralement situé dans la nacelle). La réhabilitation et l'entretien de ces bâtiments qui demeureront vides, voire leur abandon, peut entraîner leur vandalisme. Il est donc proposé de les démolir à la pelle mécanique équipée d'un marteau pneumatique. Les produits de démolition sont à éliminer dans une décharge autorisée.

La période d'exécution de cette tranche des travaux (préconstruction) est estimée à six mois.

Tableau 11 : Sommaire des options de traitement pour chaque composante de la phase de préconstruction (démolition de l'existant avant Repowering).

Composante	Prévention	Réutilisation	Recyclage	Valorisation	Déchèterie
Éoliennes	Pas possible ; repowering	Préférable	Possible	Possible (pales seules)	Possible (pales seules)
Fondations	Préférable (STEG)	Pas possible	Possible ; acier seul.	Pas possible	Possible ; éclats de béton seuls.
Transformateurs	Pas possible	Possible ; préférable	Possible ; si non-réutilisés.	Pas possible	Pièces non recyclables ; huiles et graisses
Plateformes	Possible ; préférable (STEG)	Pas possible	Pas possible	Peu potable ; remplissage ponctuel.	Non récupérable
Chemins d'accès	Préférable	Préférable	Pas possible	Pas envisagé	Pas envisagé
Bâtiments	Pas possible ;	Inutiles	Possible ; acier de béton	Peu probable ; usages ponctuels.	Préférable ; produits de démolition.
Postes électriques	Préférable (STEG)	Préférable	Pas possible	Pas envisagé	Pas envisagé
Tranchées électriques	Préférable	Pas possible	Pas possible	Pas possible	Pas envisagé

4 DESCRIPTION DES ACTIVITES DE CHANTIER DE CONSTRUCTION

Les travaux en génie civil nécessaires pour l'installation, opération et maintenance des équipements, notamment les éoliennes et les réseaux d'accès et électriques, constituant le PE Sidi Daoud, englobent les tâches suivantes :

- Aménagement de l'accès au parc éolien et les voies internes entre éoliennes.
- Plateformes de montage des éoliennes.
- Fondations des éoliennes.
- Canalisations souterraines de transport d'électricité MT.
- Plusieurs zones de stockage, y compris une centrale à béton de chantier et installations connexes.
- Travaux d'extension du poste électrique.

Le mouvement des terres devrait être minimisé en affectant le moins de surface possible, afin de réduire l'impact sur la végétation et les risques d'érosion associée.

4.1 Chemin interne du parc éolien et voies d'accès

4.1.1 Critères de conception des voies

Les chemins dans un parc éolien doivent être conçus en un réseau de voies qui permettent l'accès à chacune des éoliennes, et de la même manière, et de les relier aux routes existantes aux alentours.

Le tracé des chemins, ses sections types et la conception générale visent à garantir la moindre incidence possible sur le terrain existant et sur le réseau hydrographique, en réduisant autant que possible leur longueur et le mouvement des terres, tant pour des raisons économiques que pour l'intégration de ces voies dans l'environnement local.

Bien que chaque fabricant puisse prescrire une géométrie différente pour le transport des composants d'installations, certains critères généraux valables pour plusieurs fabricants ont été établis.

La taille envisagée des éléments à transporter peut aller jusqu'à environ 75m en longueur (y compris engin de transport). est indiquée ci-après :

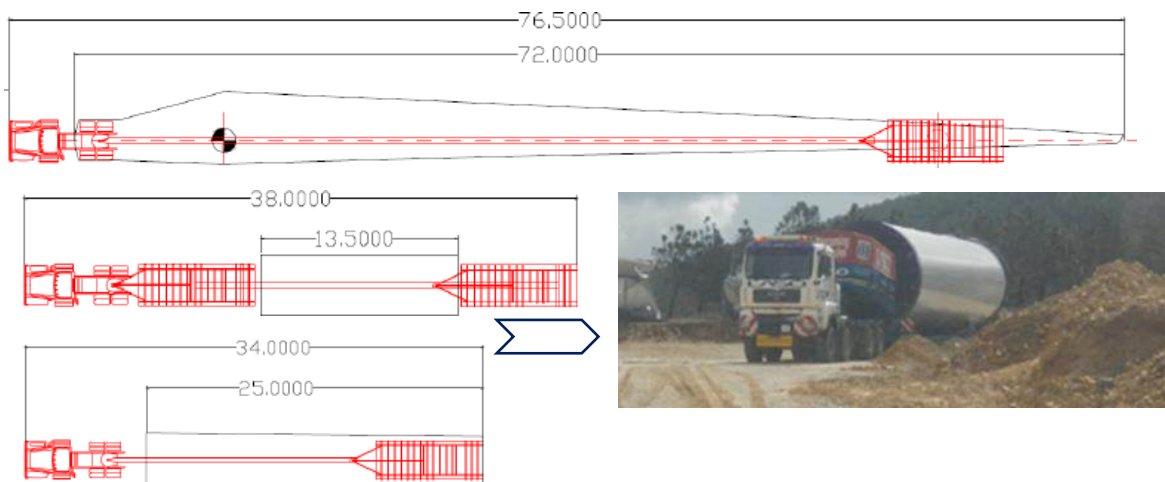


Figure 10 : Longueur des principales composantes à transporter sur site.

Ci-dessous, les conditions du tracé appliquées sont présentées avec une série de mesures générales à prendre en compte au moment de conditionner la voie d'accès au parc éolien et ses chemins internes :

- Le conditionnement principal du tracé est lié à l'emplacement exact de chaque éolienne. Il faut retrouver la voie la plus courte et avec le moins de mouvement de terrain et d'impact environnemental pour y arriver.
- Dans la mesure du possible, les routes existantes seront utilisées et conditionnées, le cas échéant, afin de diminuer l'impact environnemental et les surcoûts. Pour ce projet en particulier, les chemins existants des tranches A et B du projet seront utilisés.
- Dans ce sens, il faudrait assurer que le tracé se réalise en déblais, en évitant autant que possible les tranchées.
- L'un des paramètres les plus déterminants lors de la définition du tracé sont les spécifications du constructeur d'équipements, qui de plus sont véhiculés par des engins de dimensions et de poids spéciaux. Pour ce design conceptuel préliminaire, les spécifications d'éoliennes d'au moins 4 MW de puissance, ont été respectées.
- L'accès au parc et aux chemins internes exige la construction ou aménagement d'une route de largeur de chaussée de 6 m en plus d'une extension de gravier et de fossés latéraux.
- L'occupation du parc sera ajustée en fonction des terrains disponibles dans la zone d'action.
- Pour l'accès à la tour du parc coïncidant avec la route existante, une largeur de voie de 4 m sera aménagée.
- Les rayons de courbure minimums doivent se situer entre 70 et 90 m (sauf dans des cas particuliers à vérifier avec le fabricant d'éoliennes). Les pentes seront inférieures au 9% avec des sections ponctuelles inférieures à 12 % ($\leq 300\text{m}$ en longueur). Cette pente doit être réduite autant que possible dans les courbes fermées. Des pentes maximales entre 12% et 14 % peuvent être obtenues avec des sols appropriés ($f_{ck} > 20 \text{ N / m}^2$, i.e. en béton).
- Le tracé des chemins à accotement, avec des largeurs suffisantes pour la circulation des véhicules de transport lourds sont nécessaires pour la construction et opération postérieure du parc éolien.
- Le sol sera nivelé et compacté, en étendant une couche de roulement en gravier (matériau composé de granulats naturels, à granulométrie homogène).
- De manière générale, les chemins seront construits avec une pente du dévers de voie de 2% par rapport à l'axe et de chaque côté pour favoriser l'évacuation des eaux de ruissellement. La pente latérale pourrait atteindre une valeur maximale de 3,5% pour les sections courbes, avec des accords entre les pentes correspondantes dans chaque cas.
- Section droite entre les courbes : pas de minimum, selon la disposition du concepteur. Si possible, maintenir une distance de 160 mètres ou plus entre deux courbes successives pour faciliter l'accès de pales.
- Paramètre vertical selon : $K_v > 500$.
- Aucune surélévation en courbes ne sera appliquée en raison des faibles vitesses pendant le transport.

4.1.2 Voies d'acheminement des éoliennes sur site

L'acheminement des nouvelles éoliennes vers le site du projet se fera depuis la ville de Tunis (port de Rades). Il est prévu d'éviter dans la mesure du possible l'autoroute nationale. Le trajet suivra la route nationale RN1, puis la RR26 à partir de Borj Cedria et en passant ensuite par Soliman, Takelsa, Zaouiet Mgaiez, jusqu'au Parc Éolien de Sidi Daoud.

Il est donc nécessaire de s'assurer des conditions nécessaires précédentes, liées à l'état et aux caractéristiques des voies à suivre, depuis le départ de convois du matériel réceptionné, jusqu'aux sites des éoliennes. Ces conditions exigent un transport hautement sécurisé de ces convois exceptionnels de matériels industriels que sont les composantes des éoliennes.

Toute intervention sur les aménagements des voies publiques pour permettre le passage de ces convois doit être autorisée par les autorités compétentes.

4.1.3 État actuel de la configuration des voies d'accès au parc

Les chemins existants ne sont pas exclusivement utilisés par le parc. Dans certains cas, ces chemins desservent aussi des parcelles agricoles et sont donc utilisés par les habitants et agriculteurs des agglomérations voisines.

La principale voie d'accès au bâtiment de contrôle (en rouge ci-dessous) est revêtue. Le reste des routes (en jaune) sont revêtues de matériaux granulaires.



Figure 11 : Chemins existants du parc éolien

La route pavée actuelle est adaptée à l'accès au bâtiment de contrôle et au poste électrique existants. Elle peut servir de route d'accès secondaire au site pendant la phase construction. En revanche, en raison de sa pente et ses sinuosités, elle ne sera pas utilisée pour les travaux de logistique en cours construction de la nouvelle centrale éolienne, ce qui nécessite un cheminement géométriquement assez exigeant. Par conséquent, l'accès au parc se fera par la route rurale existant au Sud-Ouest et qui assure l'articulation entre les tanches A et B du parc.



Figure 12 : Accès logistique pour la construction du parc éolien

La longueur totale des routes actuelles du parc, à l'exclusion de l'accès pavé qui n'est pas à aménager, est de 6 228 m. La largeur des voies varie de 4,00 à 6,00 m.

Dans l'état actuel, le revêtement du chemin d'accès au parc est insuffisant, annonçant la perte progressive de la couche granulaire supérieure, une remontée de graves et une érosion hydrique en surface. De plus, certaines sections de route n'ont pas la géométrie convenable en termes de rayon de courbure pour l'accès des engins de transport des éoliennes. L'état du réseau de drainage apparaît aussi menaçant et inadéquat comme le montre la figure suivante.



Figure 13 : État d'une partie du sol et du réseau de drainage

La figure suivante situe les chemins qui seront aménagés (en bleu) par rapport à ceux qui seront maintenus (en jaune) :

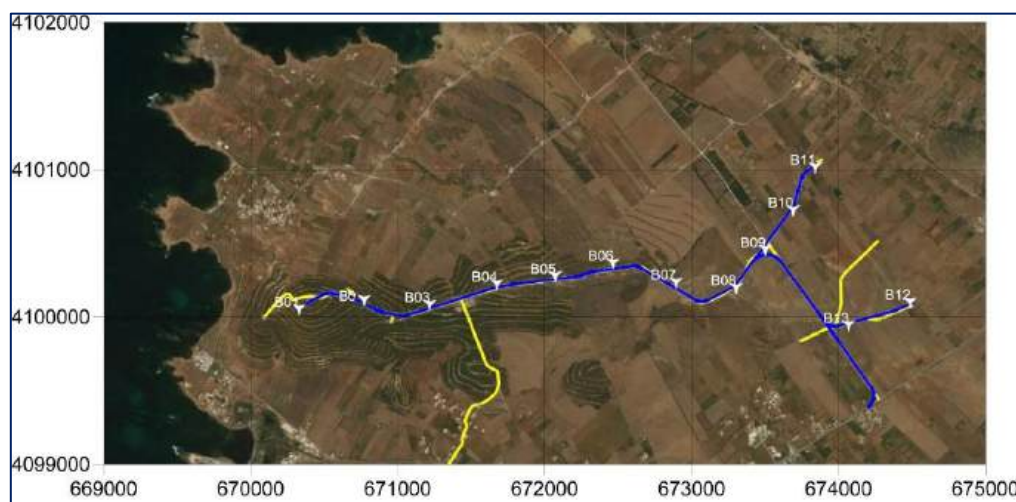


Figure 14 : Chemins existants à maintenir (jaune) et ceux prévus pour aménagement (bleu)

En tout, 6 228 m de longueur de chemin sont envisagés, dont 5 581 m suivent les chemins existants.

Pour le design conceptuel final, les paramètres de conditionnement à la suite de l'étude géotechnique et topographique ont été pris en compte pour l'aménagement de l'accès principal au parc éolien mais aussi son réseau d'accès interne.

Il est aussi utile de mentionner ce qui suit :

- Pour la conception d'ingénierie finale des voies, le mouvement de terre à déplacer sera calculé sur la base des indications des cartes topographiques disponibles.
- Les talus des déblais et remblais seront définis à partir des résultats de l'Étude Géotechnique et topographique
- Les spécifications des éoliennes du fabricant sélectionné seront prises en compte pour l'élaboration de la conception finale des voies.

4.1.4 Caractéristiques géotechniques des voies d'accès au parc

Les détails des types de chemins à aménager pour le Repowering du parc éolien sont présentés ci-dessous : voie d'accès au parc éolien et voies d'interconnexion des éoliennes.

La surface des routes doit avoir une valeur CBR minimale entre 11 et 20 (environ 150 MPa) et la capacité de charge des routes doit être d'au moins 2 Kg/cm², ce qui doit permettre une charge de 12 Tn par essieu des camions.

Dans la phase d'ingénierie du contrat EPC, le fournisseur assurera la capacité de charge au moyen d'essais de charge à la plaque (un essai tous les 700 à 1000 mètres de route). Si les valeurs minimales indiquées ne sont pas atteintes (ou d'autres valeurs qui peuvent être exigées par le fabricant d'éoliennes), le sol sera aménagé, même en utilisant une couche de stabilisation à la chaux ou avec du ciment. Toutefois, étant donné la forte capacité du sol constatée en cours de visite, il ne sera pas prévu dans le CAPEX de prendre des mesures pour améliorer les caractéristiques physiques indiquées pour le sol.

En l'absence d'autres informations géotechniques, un traitement de surface des routes dans de nouveaux tronçons a été prédéfini, consistant en :

- L'excavation du terrain naturel sur 30 cm de profondeur, ajout de matériau sélectionné, puis compactage.
- La mise en place d'une couche de gravier de 30 cm d'épaisseur, puis compactage à 98% de la densité indiquée par l'essai Proctor modifié.

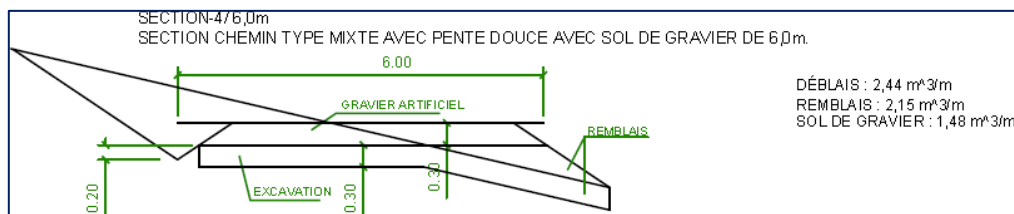


Figure 15 : Section type du chemin

Le traitement suivant sera appliqué aux sections de route existantes :

- Profilage et nivellement au moyen d'une niveleuse ;
- Mise en place de couche de gravier de 30 cm d'épaisseur, compactage à 98% de la densité indiquée par l'essai Proctor modifié.

L'approvisionnement en matériaux sélectionnés et en gravier se fera auprès de carrières locales officielles.

Les caractéristiques minimales souhaitées du matériau sélectionné sont les suivantes :

- La couche de sol sélectionnée sera obtenue en mélangeant la quantité nécessaire de gravier (au bon dosage) avec le sable fin superficiel trouvé sur site, qui sera excavé et retiré pour être traité pour la mise en place des matériaux granulaires du parc. Le matériau sélectionné à l'issue de ce processus doit présenter les caractéristiques suivantes :
 - Teneur en matière organique inférieure à 0.2% (MO < 0,2%).
 - Teneur en sels solubles dans l'eau, y compris les sulfates, inférieure à 0.2% (SS < 0,2%).
 - Diamètre équivalent maximal n'excédant pas cent millimètres (Dmax ≤ 100 mm)
 - Tamisage, ou matière passant à travers le tamis 0,40 mm, inférieur ou égal à quinze pour cent (# 0,40 ≤ 15%)

Les caractéristiques minimales du sol de gravier sont les suivantes :

- Les matériaux pour l'extraction du gravier proviendront de la trituration, totale ou partielle, de la pierre en carrières ou de gravier naturel.
- Teneur en matière organique inférieure à 0.1% (MO < 0,1%).
- L'essai Los Angeles (norme EN 1097-2 : 2010 Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques de granulats - Partie 2 : Méthodes pour la détermination de la résistance à la fragmentation) des agrégats pour la récolte ne doit pas dépasser 35.
- La granulométrie du matériau (norme EN 933-1) doit être comprise dans l'un des seuils indiqués dans le tableau suivant et dans tous les cas, le tamis de 0,063 mm (norme EN 933-2) doit être inférieur aux deux tiers (< 2/3) du tamisage par le tamis de 0,250 mm (norme EN 933-2) :

Tableau 12 : Fuseau granulométrique des calibres (pourcentage de poids)

Type des graves	Tamis selon norme UNE-EN-933-2 (mm)									
	40	32	20	12.5	8	4	2	0.500	0.250	0.063
Grave 0/32	100	88-100	65-90	52-76	40-63	26-45	15-32	7-21	4-16	0-9
Grave 0/20		100	75-100	60-86	45-73	31-54	20-40	9-24	5-18	0-9
Grave 0/20*		100	65-100	47-78	30-58	14-37	0-15	0-6	0-4	0-2

4.1.5 Chemins internes du parc éolien

Pour accéder aux éoliennes, il est prévu le maintien et l'amélioration des chemins existants, et la construction de nouvelles sections afin d'éviter le mouvement supplémentaire et inutile des terres dans la recherche de l'optimisation des connexions afin de réduire leur longueur. De cette manière, il a été possible de minimiser le mouvement des terres nécessaire et de réaliser un chemin avec les caractéristiques appropriées pour la circulation du transport spécial dans la phase du Repowering et par la suite en cours d'exploitation du parc éolien.

Il s'avère nécessaire d'optimiser l'accès suivant les voies existantes et de les adapter aux pentes et rayons de courbure admissible pour le transport spécial et sécurisé des matériels nécessaires au Repowering du parc éolien.

4.1.6 Voie principale

La voie principale d'accès est conçue par la crête, en suivant autant que possible le tracé du parc éolien existant (phases A et B) et prend en compte une partie importante du parc éolien. Cette voie débute du point p.k.0+000) à la plateforme de l'éolienne B01 et se termine (p.k.4+166) à l'extrémité de la plateforme de l'éolienne B11. Elle mesure en tout 4 166 m de distance.

Cette voie dispose de deux liaisons aux points p.k.3+380 et p.k.3+590 qui donnent accès au chemin de la tranche A du parc. La voie principale donne accès aux sites des installations suivantes et dans cet ordre : B01, B02, B03, zone de stockage 1, zone de stockage 2, bâtiment de contrôle, chemin d'accès pavé existant, poste électrique, B04, B05, B06, B07, B08, B09, chemin du parc 1, B10 et B11.



Figure 16 : Chemin principal d'accès aux éoliennes dans le parc

Elle est conçue pour assurer le bon déroulement de l'accès logistique à toutes les plateformes. Cependant, l'accès des pales aux plateformes B09 et B08 doit se faire en sens inverse, par une liaison routière.

Les sections dont elles se composent sont les suivantes :

Tableau 13 : Tracé géométrique du chemin principal

Section	Type	Courbure	Début	Final	Longueur
1	Droit		0+000.00m	0+174.74m	174.736m
2	Courbe	130.000m	0+174.74m	0+264.74m	90.001m
3	Droit		0+264.74m	0+356.61m	91.870m
4	Courbe	170.000m	0+356.61m	0+405.12m	48.512m
5	Droit		0+405.12m	0+569.87m	164.754m
6	Courbe	235.544m	0+569.87m	0+634.17m	64.298m
7	Droit		0+634.17m	0+745.37m	111.198m
8	Courbe	108.000m	0+745.37m	0+799.57m	54.202m
9	Droit		0+799.57m	1+400.94m	601.374m
10	Courbe	180.000m	1+400.94m	1+422.86m	21.917m
11	Droit		1+422.86m	1+535.26m	112.396m
12	Courbe	570.000m	1+535.26m	1+571.97m	36.712m
13	Droit		1+571.97m	1+967.81m	395.843m
14	Courbe	265.000m	1+967.81m	2+028.02m	60.212m
15	Droit		2+028.02m	2+054.35m	26.326m
16	Courbe	272.000m	2+054.35m	2+109.09m	54.743m
17	Droit		2+109.09m	2+365.42m	256.324m
18	Courbe	95.000m	2+365.42m	2+429.30m	63.883m
19	Droit		2+429.30m	2+857.88m	428.584m
20	Courbe	90.000m	2+857.88m	2+948.34m	90.458m
21	Droit		2+948.34m	3+136.06m	187.714m
22	Courbe	90.000m	3+136.06m	3+177.34m	41.285m
23	Droit		3+177.34m	3+814.53m	637.185m
24	Courbe	90.000m	3+814.53m	3+846.94m	32.416m
25	Droit		3+846.94m	4+022.66m	175.716m
26	Courbe	90.000m	4+022.66m	4+083.43m	60.773m
27	Droit		4+083.43m	4+166.42m	82.989m

4.1.7 Chemin du parc 1 (tranche A)

Il se suit principalement en un chemin existant. Il commence au point p.k. 0+000 sur le chemin principal à proximité de l'éolienne B09. Au début, il dispose d'une double bifurcation, pour tourner à droite ou à gauche, donnant accès aux points p.k. 3+380 et p.k. 3+590 du chemin principal pour terminer au point p.k. 1+422 de la route RR26 par une liaison. Il mesure 1422 m de long, et possède deux liaisons aux points p.k. 0+715 et p.k. 0+890 qui donnent accès au chemin de la tranche 2 (B) du parc.

Le chemin du parc 1 donne accès aux éléments suivants, et dans cet ordre : chemin du parc 2, zone de stockage principale et la route RR26. Il n'y a pas d'éolienne sur son parcours. Comme ce chemin du parc est également utilisé par les villageois de la région, il sera nécessaire, pendant la phase de construction, d'établir un plan de travail compatible avec les usages agricoles et autres transits nécessaires.

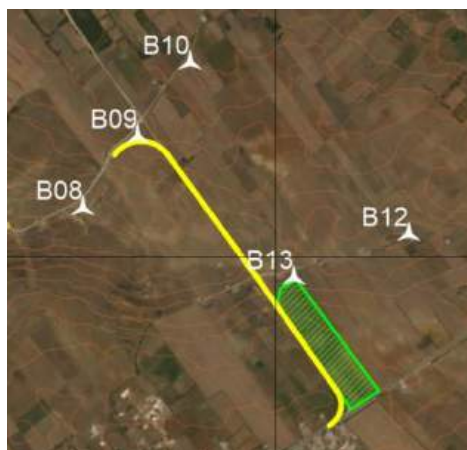


Figure 17 : Chemin du parc 1

Les sections dont ce chemin se compose sont les suivantes :

Tableau 14 : Tracé géométrique du chemin du parc 1

Section	Type	Courbure	Début	Final	Longueur
1	Courbe	120.000m	0+000.00m	0+223.06m	223.058m
2	Droit		0+223.06m	1+277.23m	1 054.172m
3	Courbe	90.000m	1+277.23m	1+422.09m	144.860m

4.1.8 Chemin du parc 2 (tranche B)

Ce chemin suit le tracé d'une route existante. Il commence au point p.k. 0+000) sur le chemin du parc 1 et se poursuit au point p.k. 4+166 au bout de la plateforme d'éolienne B12. Il mesure 639 mètres de long.

Le chemin du parc 2 donne accès aux éléments suivants, et dans cet ordre : B13 et B12.



Figure 18 : Chemin du parc 2 (B)

Les sections dont il se compose sont les suivantes :

Tableau 15 : Tracé géométrique du chemin du parc 2 (B)

Section	Type	Courbure	Début	Final	Longueur
1	Courbe	90.000m	0+000.00m	0+107.91m	107.906m
2	Droit		0+107.91m	0+499.97m	392.062m
3	Courbe	120.000m	0+499.97m	0+519.25m	19.282m
4	Droit		0+519.25m	0+639.25m	119.995m

4.1.9 Résumé des linéaires de voies

Aux fins de parvenir à l'incorporation dans le CAPEX, les mesures métriques suivantes seront prises en compte :

Tableau 16 : Résumé de quantités

Catégorie de chemin	Longueur sur chemin existant (m)	Nouvelle longueur du chemin (m)	Longueur totale (m)
Chemin principal	3 660	506	4 166
Chemin du parc 1	1 320	102	1 422
Chemin du parc 2	601	38	639
TOTAL	5 581	647	6 228

4.1.10 Route d'accès principal

Pour arriver au parc éolien de Sidi Daoud, il existe une route principale d'environ 1.5 km de long qui donne accès directement au bâtiment administratif de la STEG ainsi qu'au poste électrique d'évacuation du parc. Cette route donne accès aux installations de la première tranche A du parc. Elle se trouve sur le plateau, à quelques mètres au-dessus du niveau de la mer et permet d'atteindre le sommet de la colline à environ une altitude de 60 m.

Pour accéder aux installations de la tranche B du parc éolien, sur le plateau, il existe aussi un chemin depuis la route nationale RRN26. Il s'agit d'un chemin partiellement goudronné d'environ 600 m de longueur qui relie cette route nationale aux premières éoliennes.

De manière similaire, l'accès au parc éolien par la deuxième tranche B (route également utilisée pour pouvoir accéder à la dernière tranche C du parc éolien) se trouve aussi en bon état. Cependant, une étude de détail sera nécessaire selon les recommandations du fabricant afin d'adapter cet accès à la circulation de convois exceptionnels de transport d'équipements.

Lorsque le convoi arrive au site, les pièces seront livrées chacune soit directement à la plateforme correspondante, soit dans la zone de stockage habilitée par le fabricant faisant ainsi attention à la réception des pièces les plus sensibles/fragiles (e.g. nacelles).

4.1.11 Drainage

En raison de la fréquence relativement élevée des précipitations sur de courtes périodes, les routes, les plateformes, etc., peuvent se détériorer à cause de l'eau en ruissellement. Il sera ainsi nécessaire de construire des éléments d'aménagement de surface qui permettent un drainage libre d'eau après de fortes pluies, pour pallier l'endommagement des routes, et l'érosion et glissement potentiels de terrains alentours.

L'emplacement des éoliennes, plateformes et itinéraires des chemins internes se feront aux points les plus élevés dans la mesure du possible. De plus, des drains ou regards seront installés le long de tous les chemins, tant sur les voies d'accès au parc éolien qu'à l'intérieur, aux croisements, et là où il devra être nécessaire de détourner le chemin d'écoulement d'un volume d'eau en fonction des caractéristiques spécifiques du point considéré.

Des canalisations de drainage du même type seront également installées le long des accès aux plateformes qui en auront besoin et le long des accès à d'autres chemins.

Les petits ouvrages de drainage latéral qui sont placés à travers les chemins doivent être soutenus sur une base en béton de propreté. De plus, le haut de la tranchée sera rempli jusqu'au niveau du sol avec le même matériau que celui utilisé dans les sections de chemins qui ne nécessiteront pas de drainage. La pente de ces conduits doit être suffisante pour permettre le drainage en évitant l'accumulation de terre à l'entrée ou une forte érosion à la sortie.

La couche de roulement des chemins doit être aussi la plus imperméable possible (en tenant toujours compte des propriétés limites du matériau utilisé) afin de réduire autant que possible la quantité d'eau qui pourra s'infiltrer à travers le revêtement. Un compactage adéquat de la couche de roulement s'avère donc essentiel pour garantir la sécurité et la longévité de ces aménagements.

Les mesures exactes des drains seront effectuées lors de la conception finale des travaux et sur la base des informations topographiques et géotechniques pertinentes. Typiquement, ces regards sont constitués de conduits en acier, sinon de drains préfabriqués en béton par vibro-compression, ou de tuyaux en PVC, dont les sections nominales seront choisies en fonction de l'intensité de drainage prévue. Ils seront renforcés en béton de masse pour éviter leur détérioration au passage des poids lourds.

En plus du drainage latéral, et afin de préserver les routes de l'action érosive des eaux de ruissellement, des fossés seront aménagés pour le drainage longitudinal le long de toutes les voies d'accès aux installations du parc éolien.

4.2 Plateformes de montage des éoliennes

À côté de chaque éolienne, une zone horizontale aménagée et spécialement conditionnée pour la mise en place des moyens et engins d'élévation nécessaires à l'assemblage des différents éléments qui composent l'éolienne.

Les plateformes d'assemblage sont des zones de construction, auxiliaires des processus de déchargement et d'assemblage. Elles servent aussi au positionnement de la grue qui soulève les différentes pièces qui constituent une éolienne (pales, moyeu, nacelle et sections de la tour).

Les caractéristiques de construction et de préparation de la surface des plateformes sont analogues à celles des chemins du parc éolien et leurs dimensions dépendront des spécifications et recommandations du fabricant d'éoliennes choisi.

Dans le cas présent, pour cette phase de conception, la plateforme envisagée doit présenter des caractéristiques telles qu'elle puisse répondre aux exigences d'un large éventail de fabricants.

Les plateformes seront construites avec le minimum de pente nécessaire, dans la mesure du possible, afin que les éventuelles précipitations ne paralysent pas le chantier. En règle générale, l'inclinaison des plateformes ne dépassera pas 0,5% bien qu'elle pourrait atteindre dans certains cas particuliers, une pente maximale de 2%. De plus, des

caniveaux de drainage seront placés à côté des plateformes ayant comme objectif principal de favoriser et donc d'orienter le drainage et de prévenir l'érosion.

Dans la mesure du possible, il est recommandé d'utiliser une partie du chemin d'accès à l'éolienne comme plateforme, afin de minimiser les mouvements de terrain sur la surface affectée.

Les étapes d'exécution seront, de la même manière que pour les chemins, le déblaiement, l'excavation du terrain jusqu'à l'obtention d'un terrain plat et de consistance adéquate, le remplissage avec du matériau sélectionné en plus des différentes excavations (fondations, voies, entre autres) et le compactage des matériaux. Ceci est destiné à faciliter le levage des éoliennes.

Les plateformes sont composées des zones suivantes :

- Zone de stockage des nacelles ;
- Zone de travail de la grue principale (type Derrick) ;
- Zone de stockage des sections de la tour ;
- Zone de stockage des pales ;
- Assemblage de la flèche. Contrepoids.

En règle générale, la nacelle et ses composants seront stockés sur les fondations de l'éolienne. Cette zone est adjacente aux routes d'accès pour faciliter le déchargement et elle se trouve au même niveau que la route. La nacelle doit être préparée et équipée avant d'être soulevée, il faut donc réserver autour d'elle un espace de 1.50m où l'on peut monter un échafaudage. Au total, il faut un espace libre suffisant, dont la valeur est donnée par les spécifications techniques du fabricant.

La zone de travail de la grue principale doit être horizontale, elle ne doit pas être inclinée et doit être planifiée de telle sorte que la différence de hauteur par rapport au bord supérieur de la fondation soit inexistante. De plus, cette zone doit résister à la pression au sol des stabilisateurs de la grue et des véhicules sur chenilles.

La pression au sol dépend du poids maximum des composants et de la taille de la grue utilisée (grue mobile, grue sur chenilles) et doit être d'au moins 250 kN/m². Cette zone peut être pavée le cas échéant, selon les résultats appropriés de la phase de l'ingénierie en détail afin d'obtenir la résistance requise du plancher. Au stade actuel, une couche de surface granulaire de 30 cm d'épaisseur (analogue à la couche de surface des chemins) a été conçue pour pouvoir supporter les charges de conception.

La zone de stationnement de la grue et celle de montage et de travail de la grue doivent être libres de tout obstacle susceptible de gêner le montage et la mise en service de la grue. La longueur des pales du rotor et l'espace pour le montage de la flèche de la grue en particulier ont été pris en compte lors du dimensionnement des différents espaces.

Une zone longue et plate d'une largeur minimale de 5 m, accessible avec 8tn, est nécessaire pour le montage de la flèche en treillis de la grue principale. Elle doit être construite en gravier ou recouverte par des panneaux boulonnés, selon les spécifications du fabricant. Dans cas présent, il est prévu que cette zone soit constituée d'une couche granulaire compactée de 20 cm d'épaisseur. La longueur minimale est indiquée en fonction de la hauteur de la tour. La grue auxiliaire doit pouvoir se déplacer parallèlement sur toute la longueur de la zone de montage.

Les zones de montage chevauchent les zones compactées des routes d'accès et les zones de grues. Ces zones sont marquées comme des couloirs ou des zones de stockage. Les sections de la tour peuvent également être déposées sur des supports appropriés à l'extérieur de l'aire de stationnement pavée de la grue.

La zone de stockage des pales doit avoir les dimensions de longueur de pale plus un espace suffisant pour les machines auxiliaires et les opérateurs pour procéder aux activités de soutien nécessaires. Les pales seront soutenues en deux points qui devront être renforcés puisqu'ils supporteront tout le poids. Dans ce cas précis, il a été décidé de mettre en place une couche de 20 cm de sol granulaire à ces endroits pour assurer la résistance requise du sol.

Conformément à cette conception, les quantités de revêtement granulaire qui seront nécessaires pour chacune des plateformes du parc ont été calculées. Ces informations sont présentées dans le tableau suivant.

Tableau 17 : Estimation de sol granulaire pour la conception des plateformes

DESCRIPTION	Largeur supérieure (m)	Largeur inférieure (m)	Épaisseur (m)	Surface de zone (m²)	Longueur (m)	Volumétrie (m³)
Zone principale de la grue	40	35	1	1 400	0.3	420
Zone de stockage des pales	5	15	2	150	0.2	30
Zone de la grue auxiliaire	40	6	1	240	0.2	48
Zone d'appui pour le montage de la flèche en treillis	13	10	2	260	0.2	52
TOTAL				2 050		550

Deux types de plateformes ont été utilisés, qui sont identiques et ne diffèrent que par leur orientation. Sur la plateforme de type 1, l'éolienne se trouve du côté gauche de la route et la zone de collecte des pales se trouve du côté droit. Sur la plateforme de type 2, l'éolienne se trouve du côté droit de la route et la zone de collecte des pales se trouve du côté gauche. Pour le reste, elles sont identiques en termes de géométrie et d'exigences structurelles.

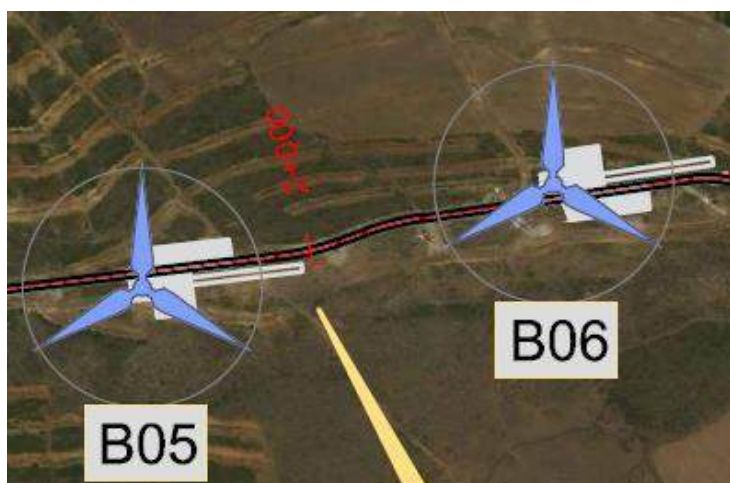


Figure 19 : Utilisation des plateformes symétriques pour l'optimisation de la conception du parc

Les plateformes seront mises en œuvre et orientées en tenant compte des trois objectifs suivants :

- Respecter la position idéale des éoliennes qui maximise la production (l'utilisation d'une plateforme ou d'une autre peut forcer la position de l'éolienne à se déplacer de plus de 50 mètres, à des positions non optimales en termes de production) ;
- Minimiser les travaux de terrassement dans la construction des plateformes et donc l'impact environnemental ;
- Permettre l'accès aux camions de logistique pour mettre en place les pales des éoliennes (l'élément le plus long) avec l'orientation requise par le fabricant (partie inférieure de la pale vers la tour). Les seules plateformes qui nécessiteront qu'une partie des camions soit en marche arrière sont les B08 et B09, le reste sera accessible en marche avant.

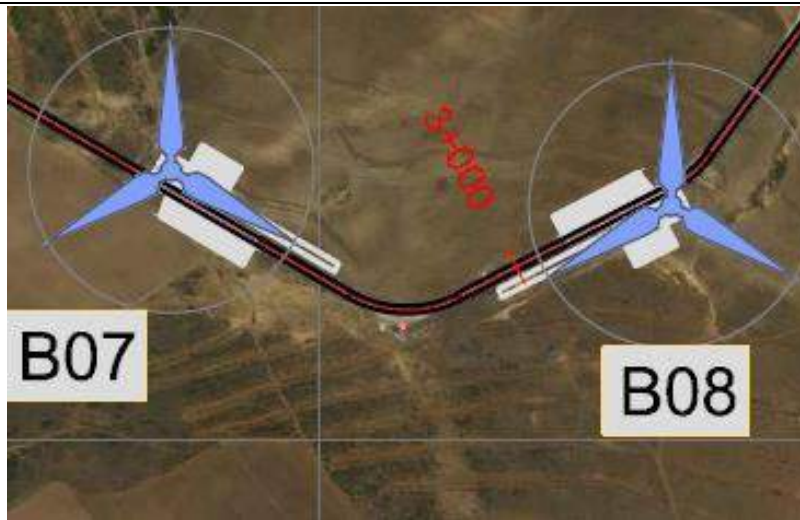


Figure 20 : Utilisation des plateformes tournées pour l'optimisation de la conception du parc

Dans ce cas particulier, les plateformes suivantes sont utilisées :

- Plateformes Type 1 : 1, 2, 3, 4, 5 et 12
- Plateformes Type 2 : 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 13

Le plan de travail du constructeur doit tenir en compte de certaines particularités :

- La zone de déploiement de la flèche de la grue sur la plateforme B13 chevauche le chemin du parc 1. Lorsque la flèche est déployée, des mesures de sécurité supplémentaires doivent être envisagées, d'autant plus que le chemin du parc 1 peut être utilisé par les résidents locaux.
- La zone de déploiement de la flèche de la grue sur la plateforme B03 chevauche la zone de stockage 1. De même, la zone de stockage des pales chevauche légèrement la zone de stockage 2. Pendant le déploiement et le stockage, il peut être nécessaire de réorganiser ces utilisations.
- L'accès logistique des pales aux plateformes B08 et B09 se fera par une courte section en marche arrière.

4.3 Fondation des éoliennes

4.3.1 Informations géotechniques préliminaires

Le Cap Bon et le golfe de Hammamet sont formées de structures plissées de direction NE-SW, limitées par des couloirs de failles N90-120° et N60°. Ces structures sont séparées par des goudtières synclinales à accumulations épaisses de séries néogènes (grès et argiles) subsidentes. La structuration tectonique de subsurface de cette zone rappelle celle de la Tunisie centrale et méridionale par la formation d'importants fossés au sein des couloirs de failles EW et NW-SE d'âge miocène. Le Pliocène comporte des sables grossiers et des argiles qui remplissent les fossés d'effondrement comme celui de Tazaghane dans la zone du projet. Les sables du Pliocène forment un excellent réservoir aquifère.

Les terrains géologiques du Cap Bon se distinguent en trois grands ensembles :

- Éocène supérieur présentant des calcaires à Nummulites et des marnes qui occupent le cœur des structures plissées ;
- Oligocène-Miocène inférieur : Ce sont des calcaires à Nummulites à la base (Formation Ketatna, à Korbus), suivis par des grès et argiles silteuses, puis des argiles assez franches au sommet ;
- Langhien moyen à supérieur : Calcaires fossilifères de la Formation Aïn Ghrab et Argiles à faune planctonique de la Formation Mahmoud ;
- Serravalien à Tortonien inférieur : Ce sont des sables (Formation Béglia) puis une succession de sables, grès et argiles peu fossilifères, avec parfois des faisceaux de lignite (localité : El Ouediène) ;
- Tortonien à Messinien : Ce sont des sables et conglomérats transgressifs (localité : Somâa) ;
- Messinien : Ce sont des calcaires et des argiles (Argiles de l'Oued El Bir) ;

- Pliocène : Il est marin, formé par des sables et des argiles ;
- Quaternaire : Ce sont les séries variées de surface qui recouvrent les terrains dans les combes et les fossés d'effondrement du Miocène, notamment (exemple : fossé de Tazaghane dans la zone du projet).

Les terrains du site du projet est formé par du Miocène à grès, sables et argiles sableuses. À cette étape du projet, aucun essai géotechnique sur terrain n'a été effectué, il est donc nécessaire d'utiliser les paramètres géotechniques existantes (acquises dans le cadre d'anciens projets) afin de pré- dimensionner les fondations. Les matériaux trouvés dans la région en cours de visite sur terrain, sont des alternances assez irrégulières de sables, de grès à argiles rares.

Les paramètres géotechniques à prévoir dans ce type de sol sont les suivants :

Tableau 18 : Paramètres géotechniques par type de matériau

Type de sol	Densité (g/cm ³)	Résistance compression axiale (MPa)	Angle de frottement (°)	Cohésion C (kPa)	Poisson (u)	Module de Young (E) t/m ²
Grès	1.10	5	31°	50	0.42	10 000
Sable	1.60	-	28°	0	0.36	2 000

Ces paramètres géotechniques suggèrent la conception d'une fondation superficielle (i.e. une semelle sans pieux). Le prédimensionnement sera vérifié avec les résultats du travail sur terrain.

4.3.2 Prédimensionnement

La fondation de l'éolienne assure la stabilité dans toutes les conditions de conception d'étude. À la suite des Études finaux, le type de fondation et ses caractéristiques seront définies à partir des études géotechniques, les charges des éoliennes et les spécifications du fabricant.

D'une manière préliminaire, l'option à privilégier est la suivante :

Sur la base des matériaux attendus dans le substrat, avec des capacités de charge supérieures à 2 kg/cm² et un angle de frottement supérieur à 30°, et en l'absence de nappe phréatique, une fondation superficielle a été pré-dimensionnée, consistant en une semelle circulaire de 21,50 mètres de diamètre, où est encastrée la cage d'ancrage à la tour.

À un stade ultérieur du calcul en détail, les spécifications techniques (*Combine foundation loads*) pour la conception devront être demandées au fabricant. Le document doit contenir au moins :

- Charges extrêmes ;
- Charges par fatigue ;
- Matrice de Markov.

Le schéma de la semelle se présente comme suit.

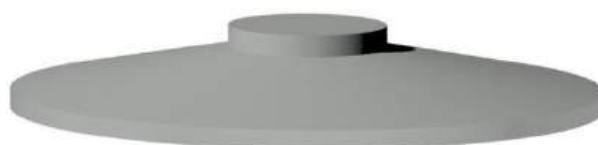


Figure 21 : Conception en 3D de la fondation

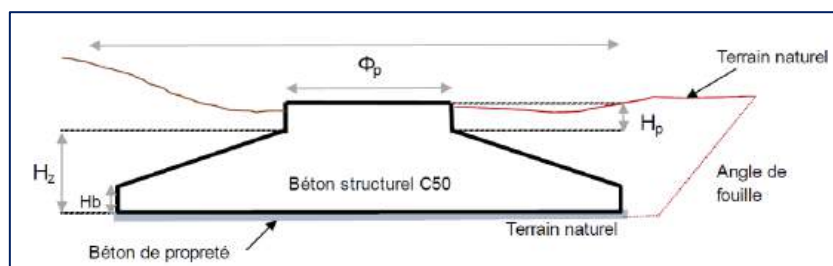


Figure 22 : Schéma conceptuel de la fondation (Sans échelle)

Les dimensions sélectionnées dans cette préconception sont les suivantes :

Tableau 19 : Prédimensionnement de la semelle (cas d'exemple)

DIMENSIONS DE LA SEMELLE	
Diamètre de la fondation (Φ_z)	21.50 m
Diamètre du socle (Φ_p)	6.90 m
Borde de la fondation (H_b)	1.00 m
Borde du socle (H_p)	0.50 m
Hauteur de la fondation (sans socle) (H_z)	2.50 m
AUTRES PARAMÈTRES IMPORTANTES	
Épaisseur du béton de propreté	0.10 m
Angle de fouille	45°

Les résultats des quantités des matériaux nécessaires à la construction résultant de la géométrie (qui sont transférés au budget) sont les suivants.

Tableau 20 : Quantification des matériaux pour la fondation (cas d'exemple)

QUANTITÉS PRINCIPALES PAR SEMELLE		UNITÉS
Béton structurel C40/50 (MPa)	640 000	m ³
Estimation acier B400S	80 000	kg
Béton de propreté C15 (MPa)	35 000	m ³
Surface d'étanchéité (si nécessaire)	445	m ²
Coffrage et forme	80	m ²
Excavation	1 800 000	m ³

4.3.3 Description du chantier

Avant la réalisation des fondations, le sol sera creusé jusqu'à la profondeur du design où les matériaux naturels présentent la consistance appropriée pour supporter l'effort transmis par les éoliennes. Une zone un peu plus vaste sera creusée pour permettre le travail et la circulation du personnel du chantier.

La canalisation de sortie de la ligne MT sera creusée et les conduites de câbles seront fournies. Ils seront encastrés dans la semelle. Ensuite, la surface du support sera nivelée avec une couche de béton de propreté d'une épaisseur minimale de 10 cm.

La cage d'ancrage de la tour (fournie par le fabricant) sera ensuite mise en place. Cette cage est encastrée dans la semelle et son socle. Elle est fournie avec les trous correspondants aux boulons d'ancrage. Cet ancrage est conçu comme un prolongement de la tour à laquelle il est vissé par une bride intérieure, et qui transmet les forces de la tour à la fondation.



Figure 23 : Semelle préparée pour le coulage du béton

L'acier d'armature sera disposé selon les plans d'exécution définitifs. Les formes du socle et si nécessaire, le bord de la semelle seront placés, bien que le bétonnage contre le sol naturel puisse également être utilisé.

Le béton sera coulé par un système de pompage, avec une texture sèche, ce qui le compactera et lui donnera la forme d'une finition adéquate. Normalement, il est souhaitable de mettre en service une équipe de 5 à 8 personnes. Le bétonnage s'effectuera en un seul jour, sauf en cas de force majeure. Lors du coulage et de la mise en place du béton dans la fondation, des échantillons seront retirés pour être ensuite brisés et analysés par un laboratoire indépendant.



Figure 24 : Processus de coulage du béton après ferrailage

Le durcissement du béton se fera selon les spécifications techniques de ce type de matériau. Les coffrages seront ensuite retirés. L'espace restant sera rempli de matériau compacté selon les spécifications jusqu'au niveau de finition de la semelle.



Figure 25 : Remplissage de la fondation

De manière sommaire, la réalisation de la fondation engage les travaux suivants :

- Élagage, débroussaillage, déboisement et emprise au sol.
- Excavation et coulée de béton de propreté.
- Préparation et placement des armatures.
- Placement et mise à niveau de la cage d'ancrage de l'éolienne.
- Bétonnage.
- Couverture par de la terre végétale mise de côté lors de la fouille.

4.4 Études géotechniques projetées

Comme décrit dans les sections précédentes, un certain nombre d'hypothèses ont été faites pour cette conception préliminaire.

En particulier, 13 sondages d'une profondeur de 10 à 12 m ont été effectués, avec une profondeur totale de ces forages d'environ 150m. Les sondages ont été effectués aux emplacements proposés des éoliennes avec un écart allant jusqu'à 10 m des points indiqués. L'étude d'échantillons de sol prend en compte la collecte et les essais en laboratoire standards.

Les coordonnées des points pour la réalisation des sondages sont les suivantes :

Tableau 21 : Positions considérées pour la réalisation des sondages

	X	Y
Sondage 01	670 327	4 100 047
Sondage 02	670 755	4 100 080
Sondage 03	671 226	4 100 047
Sondage 04	671 678	4 100 187
Sondage 05	672 074	4 100 242
Sondage 06	672 461	4 100 339
Sondage 07	672 882	4 100 214
Sondage 08	673 278	4 100 186
Sondage 09	673 493	4 100 456
Sondage 10	673 695	4 100 731
Sondage 11	673 845	4 101 016
Sondage 12	674 483	4 100 101
Sondage 13	674 076	4 099 946

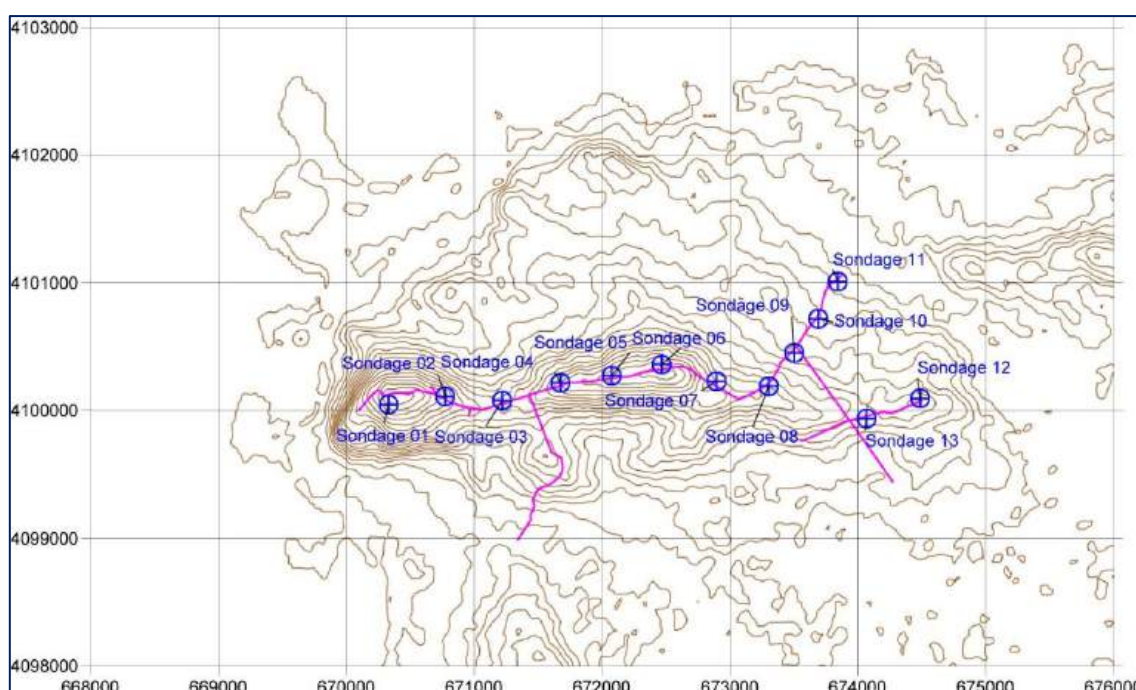


Figure 26 : Position des forages suivant le choix des positions des éoliennes

Pour chaque sondage, les essais suivants ont été réalisés sur terrain et au laboratoire :

- Classification visuelle des échantillons : pour chaque matériau différent : 17 unités.
- Analyse granulométrique, et limites d'Atterberg : pour chaque matériau différent : 12 unités.
- Essai de cisaillement direct à la boîte : pour chaque matériau différent : 8 unités.
- Essai de compression simple sur échantillon rocheux : au début d'une couche rocheuse saine : 4 unités.
- Chlorures, pH, sulfates, résidus sec et l'agressivité au niveau du béton : au niveau du niveau phréatique, s'il y en a un. Sinon, dans la dernière couche non rocheuse : 10 unités

La société adjudicataire du contrat EPC sera tenue d'effectuer deux sondages pour chaque position (avec une profondeur minimale de deux fois la semelle, i.e. environ 40/45 m), de sorte qu'en aucun cas il n'y aura d'incertitude au stade de la construction.

4.5 Montage des éoliennes

4.5.1 Chantier de montage

Les composantes de l'éolienne (tour, nacelle et pales et nécessaires associés) sont transportées en pièces par un convoi exceptionnel comme décrit précédemment. Chaque éolienne sera transportée sur son site propre et assemblée sur place. Cet assemblage se fait aussi par une grue assez exceptionnelle.

Le mât dépassant 100m en hauteur arrive en pièces qui sont montées bout-à-bout, la partie inférieure de l'élément inférieur devant être boulonnée sur la bride solidaire de la fondation qui est ancrée à la semelle en cours de préparation du socle de fondation. Les pièces supérieures sont montées successivement à l'aide de la grue.



Exemple de Grue pour les opérations de montage



Fixation de l'élément de la tour à la bride



Montage des éléments de la tour

Figure 27 : Un exemple de descriptif des opérations de montage de la tour d'une éolienne

Toutes les pièces composant ce mât et le matériel nécessaire à leur mise en œuvre, seront livrés sur site par le convoi spécial, puis assemblés.

La nacelle est généralement l'organe le plus lourd de l'éolienne et le plus difficile à manipuler.

À l'aide de la même grue, les trois pales seront également montées en haut du mât. En effet, la tour est équipée d'un ascenseur pour deux personnes qui leur permet d'atteindre le sommet. Des techniciens spécialisés, installés au sommet de l'éolienne et à l'intérieur, procèdent aux opérations d'assemblage, d'installation et de « branchement » des pièces, notamment des systèmes électriques.



Figure 28 : Exemple de montage de pale d'éolienne

En cours de travaux, l'aire accueillant le chantier (ensemble du chantier, et chantier relatif à chaque tour en chantier) est entièrement sécurisée (clôture de chantier et panneaux ; interdiction d'accès non autorisé, y compris pour les personnels et ouvriers du site). L'opération de montage d'une éolienne peut durer 2 à 3 jours en moyenne, à condition de disposer d'une fenêtre météorologique convenable aux travaux à effectuer, plus spécifiquement en hauteur (à 100m et plus).

Pour couper court aux problèmes du mauvais fonctionnement d'un matériel mal assemblé, et pour garantir la qualité du service, ces opérations de montage sont généralement assurées par le constructeur de l'éolienne qui en prend la responsabilité. En agissant de la sorte, le constructeur peut s'assurer lui-même du montage le plus convenable des installations et pour qu'il puisse accorder la garantie constructeur nécessaire de ces installations sur la période prévue au contrat d'achat et de mise en exploitation des éoliennes.

4.5.2 Balisage et dispositions de sécurité

- **Autorisations**

Le balisage doit être conforme aux dispositions du Code de l'Aéronautique Civile (Loi n°99-58 du 29 juin 1999) et du décret n° 2007-1115 du 07 mai 2007 (notamment son article 5), toute création de nouveaux objets ou surélévation d'objets existants à l'intérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques de dégagement et de balisage d'obstacles doit être soumise à l'accord préalable des services de l'autorité compétente : Ministère des Transports, Direction Générale de l'Aviation Civile.

Néanmoins, l'Office de l'Aviation Civile et des Aéroports (OACA) peut fixer le modèle de balisage des obstacles estimés dangereux pour la navigation aérienne conformément à l'arrêté du Ministre du Transport du 10 Mai 2007. La limite maximale de la hauteur des obstacles à l'intérieur et à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques est fixée par l'arrêté du ministre des transports du 10 Mai 2007.

Le dossier de la demande d'autorisation relative aux servitudes aéronautiques, doit comprendre :

- **Informations sur le porteur du projet :**
 - ✓ Une demande adressée au nom de Monsieur le Président Directeur General de l'OACA ;
 - ✓ Les documents d'identité du porteur du projet (titre de propriété du terrain objet de la construction ou un contrat de vente validé par les services du ministère des finances ou une approbation des services municipaux concernés de la demande).
- **Informations sur le site**
 - ✓ Une carte de relevé topographique de délimitation du site, précisant les coordonnées géographiques en WGS-84 validé par un géomètre sous le format suivant : Latitude : "dd° mm' ss" Nord ; Longitude : "dd° mm' ss" Est ;
 - ✓ Des cartes de relevés topographiques en WGS-84 ;
 - ✓ Les limites et les dimensions de la parcelle du terrain ;

- ✓ Le lieu d'implantation des équipements accompagné d'un plan précisant la répartition des équipements sur le site ;
- ✓ Les hauteurs par rapport à la terre et les altitudes par rapport au niveau moyen de la mer (amsl : *above mean sea level*) en mètres pour tous les obstacles (équipements, aérogénérateurs, ...).
- **Informations sur le projet**
 - ✓ Une fiche de présentation du projet précisant d'une façon sommaire les caractéristiques des équipements qui seront mis en place, en particulier leur hauteur.

Après la localisation du site du projet, il est fortement recommandé au porteur du projet de vérifier la vocation du/des terrain(s) choisi(s). Il est préférable de demander une attestation de vocation du terrain en question auprès du Commissaire Régional du Développement Agricole afin de vérifier la possibilité d'utilisation du terrain avant d'entamer les prochaines phases du processus de développement du projet. Cependant, cette attestation est délivrée sous des conditions de propriété.

Les projets de parcs éoliens considérés comme des projets de centrales électriques sont soumis à des autorisations préalables des ministères techniques. Les procédures d'octroi des autorisations sont définies dans la plupart des cas, toutefois les procédures des autorisations du Ministère des Transports et du Ministère de la Défense qui sont nécessaires pour les sites proches des zones militaires et des zones grevées de servitudes.

- **Balisage aéronautique**

Conformément à l'arrêté du ministre des transports du 10 mai 2007 fixant le modèle de balisage des obstacles estimés dangereux pour la navigation aérienne, ce balisage lumineux d'obstacle doit être installé sur toutes les éoliennes. Il doit en principe être assuré de jour par des feux à éclats blancs, et assuré de nuit par des feux à éclats rouges. Il doit aussi être synchronisé de jour comme de nuit à l'échelle du parc, pour assurer la visibilité de chaque éolienne dans tous les azimuts (360°).

Certaines dispositions et normes de balisage d'ordre international devraient en principe être également considérées.

- **Balisage informatif et dispositions de sécurité**

Le balisage d'information des prescriptions à observer par les tiers doit être affiché sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur et sur le poste de livraison. Les prescriptions figurant sur les panneaux doivent inclure les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale, l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur, la mise en garde face aux risques d'électrocution et la mise en garde face aux risques de chute de glace.



Figure 29 : Exemple de panneau d'affichage de prescriptions de sécurité

4.6 Canalisations souterraines

Les canalisations souterraines sont constituées de tranchées et regards pour loger les câbles électriques à moyenne tension (MT), qui sont tracés entre les éoliennes et le poste électrique existant du parc éolien. Toutes les canalisations électriques et de contrôle du parc seront souterraines afin d'éviter toute possibilité d'interférence tant en cours de phase de construction et de montage du parc éolien, que durant la phase d'exploitation et de maintenance.

Les canalisations du réseau électrique interne du parc éolien à 33 kV, seront composées de lignes électriques à moyenne tension, réseau de mise à la terre et de communications.

La construction s'effectuera au moyen de conduites enterrées dans des tranchées de largeur variable en fonction de l'emplacement et du nombre de circuits qui les traversent.

La longueur totale des tranchées de jonction entre les éoliennes pour le projet du repowering du parc éolien Sidi Daoud et le poste électrique existant est d'environ **8 296 m**.

4.7 Zone de stockage

Pour l'exécution des travaux, il est prévu trois zones de stockage d'une surface totale d'environ sept hectares (68 900 m² : 57 300 + 6 300 + 5 300).

- La zone principale (environ 6 ha) : elle est située entre la route nationale RR26 et le chemin du parc 1 qui donne l'accès logistique au parc éolien. Elle est de forme rectangulaire (500x120).
- Zone de stockage 1 (5 300 m²) : elle est située du côté Nord du chemin principal, en face du poste électrique.
- Zone de stockage 2 (6 300 m²) : elle est située du côté Sud du chemin principal, à côté du bâtiment de contrôle de la STEG.

Les zones de stockage 1 et 2 sont prévues par la STEG, et la zone stockage principale est aménagée dans le cadre du projet pour les raisons suivantes :

- En raison d'imprévus lors de la réalisation du chantier, le transport logistique (pales, tours, nacelles) pourrait arriver au parc éolien de Sidi Daoud avant que toutes les plateformes ne soient construites. Compte tenu des dimensions des éléments d'éoliennes, de grands espaces sont nécessaires à proximité du site pour leur manutention.
- Les zones de stockage 1 et 2 sont situées dans une zone centrale du parc, de sorte que leur utilisation continue générerait une circulation encombrante dans la zone des travaux, ce qui devrait être évité.
- Normalement, le constructeur EPC préfère concentrer toutes les installations (centrale à béton, concasseur, entrepôt, vestiaires, bureaux, cabines, etc.) dans un même endroit dans la mesure du possible.

Dès lors, la zone principale de stockage recevra en plus de principaux éléments des éoliennes, les aménagements suivants :

- Espace administratif et de réception des travaux
- Zone d'entreposage couverte.
- Zone de stationnement des véhicules de génie civil
- Centrale à béton de chantier.
- Collecte d'agrégats, et éventuellement, les installations de broyage de roches.
- Bâtiment social : cantine, vestiaires et sanitaires pour le personnel
- Une zone d'hébergement sur chantier peut être exigée par le contractant EPC l'exige.

Cette zone principale sera ainsi divisée en plusieurs parties. Globalement, elle contiendra les locaux administratifs et sociaux, l'aire de stockage et une zone définie pour l'installation d'une centrale à béton du chantier. Dans la zone d'administration, les maîtres d'œuvre seront installés dans un bâtiment modulaire préfabriqué. De la même manière, des sanitaires seront installés à l'usage du personnel, alimentés par un réservoir d'eau. L'électricité sera fournie par un groupe électrogène avec une puissance suffisante pour pouvoir alimenter l'ensemble du complexe de bureaux et utilitaires connexes 24/24, le cas échéant.



Figure 30 : Emplacement prévu pour les zones de stockage

Les trois zones de stockage, administration et logistique, seront aussi utilisées par le maître d'œuvre principal pour entreposer les outils, les coffrets et tout autre matériau nécessaire à la construction dans un endroit protégé. Elles disposeront également d'un espace gardé pour l'élimination des déchets.

Lorsque la phase de construction sera achevée, ces zones seront réhabilitées et conditionnées afin qu'elles puissent être réutilisées à des fins utiles.

4.8 Bureaux

Pendant l'étape de construction et dans la zone de bureaux, des conteneurs de 6.20 x 2.40 m seront mis en place. Ceux-ci seront retirés à la fin de cette étape. Pour la phase d'exploitation du parc, les bureaux, près du poste électrique d'évacuation du parc, seront utilisés.

4.9 Zone de regroupement et d'évacuation des déchets

Dans les zones de stockage, il sera procédé au tri des déchets dans des conteneurs distincts (déchets ménagers et assimilés, déchets dangereux, déchets industriels banals, etc.) notamment durant la phase de construction. L'élimination définitive des déchets non-dangereux se fera sur une décharge autorisée par l'administration compétente. Les déchets dangereux (plastiques et autres produits pouvant éventuellement être recyclés) seront confiés à une entreprise spécialisée et autorisée pour la collecte, le transport et l'élimination finale de ces déchets dans un site de confinement autorisé.

4.10 Sécurité-incendie

L'équipement nécessaire en cas de déversement de produits (hydrocarbures par exemple), d'incendie ou d'accident doit être vérifié pour la mise en place et l'entretien des conteneurs selon les normes en vigueur.

4.11 Installations sanitaires

Pendant la construction, l'installation d'une station de traitement des eaux usées sanitaires n'est pas envisagée, mais des sanitaires portables seront installés dans la zone de bureaux. Toutes les installations temporaires (bureaux) seront dotées d'installations sanitaires adéquates.

Il est nécessaire d'installer une fosse septique pour le stockage des déchets liquides. Cette fosse sera vidangée régulièrement le cas échéant, par une entreprise autorisée dans ce domaine.

En ce qui concerne le traitement des eaux usées, la manipulation et l'élimination des déchets sanitaires seront effectuées par une société autorisée. Ces déchets seront éliminés dans une station de traitement des eaux usées sanitaires en respectant les normes en vigueur.

4.12 Réfectoires et dortoirs

Il n'est pas jugé nécessaire d'installer des dortoirs, car la majorité de la main d'œuvre sera recrutée dans les villes/villages voisins. Le personnel qualifié utilisera l'infrastructure disponible (hôtels, pensions, location des maisons, entre autres) dans les endroits à proximité des travaux (e.g. Sidi Daoud, El Haouaria).

4.13 Dépotoir

Pendant la construction du projet, des dépotoirs seront mis en place. Ceux-ci sont soumis à l'approbation et l'autorisation des autorités compétentes.

À la fin de la phase construction, les travaux suivants seront réalisés :

- Fermeture des dépotoirs.
- Nettoyage général et ré-végétalisation du terrain.

4.14 Ateliers de maintenance

Aucun atelier n'est prévu pour la maintenance et la réparation de la machinerie lourde, voitures ou autres véhicules à moteur. Le cas échéant, les réparations doivent être effectuées dans des ateliers et stations de service existants dans les villes voisines ou dans des endroits spécialement habilités.

4.15 Récupération et élimination des terres de fouille

Pendant l'étape de conception en détail, il sera nécessaire de s'assurer que le matériau extrait en cours de travaux de fouille et de génie civil du parc soit convenable pour son utilisation comme remblais et pour le compactage des sols, dépendant de ses caractéristiques mécaniques. Dans le cas contraire, il sera nécessaire d'éliminer les déblais de fouilles dans des endroits autorisés pour la récupération de terres.

Pendant la phase de construction, l'approvisionnement en matériaux nécessaires à la confection des bétons (sables, graves, etc.) s'effectuera auprès de carrières locales et dans des sites autorisés.

4.16 Centrale à béton de chantier

Une centrale à béton temporaire d'environ 90m x 90m d'emprise sera installée à l'intérieur du parc éolien, dans la zone de stockage principal, pour l'élaboration du béton des fondations. Cette proximité exigée est nécessaire pour préserver les caractéristiques rhéologiques et physico-chimiques du béton en cours de transport jusqu'aux installations et coulage en place.

4.17 Travaux de génie électrique du parc éolien

Les travaux de génie électrique consisteront en l'aplatissement et le conditionnement du terrain à un seul niveau, le drainage des eaux et la construction des chemins internes nécessaires pour permettre l'accès aux équipes de transport et la maintenance requis pour le montage et la conservation des éléments de du réseau.

Le bâtiment du poste électrique abrite l'appareillage de commutation servant à l'alimentation et à l'évacuation de l'énergie produite par le parc.

Les travaux de génie électrique et de génie civil connexes dans ce projet comprennent, entre autres, le suivant :

- Canalisations électriques. Les canalisations électriques nécessaires seront construites pour la pose des câbles d'alimentation et de commande correspondants. Ces canalisations seront formées par des canaux, regards ou tubes préfabriqués, reliant les différents éléments de l'installation pour son contrôle et fonctionnement.
- Ces canalisations seront situées dans des tranchées : et seront construites en blocs de béton préfabriqués, placés sur un sol filtrant dans lequel sera disposé un ensemble de tubes poreux qui feront partie du réseau de drainage. Ce système de drainage permettra d'évacuer les eaux d'infiltration pour maintenir constamment les canalisations libres d'eau.

4.18 Servitudes existantes et prévues

Le parc est doté de voies d'accès interne et d'une autre principale d'accès selon le tracé des plans prévus, qu'il s'agisse de nouveaux accès programmés ou d'améliorations du réseau de voies existantes.

La zone sélectionnée (tranches A et B du parc éolien de Sidi Daoud) dispose au moins partiellement, d'un service public d'électricité. C'est pourquoi un groupe électrogène ne sera pas nécessaire dans la zone de stockage principale pour fournir ce service.

Le poste électrique ainsi que le bâtiment de la STEG disposent de l'équipement suivant :

- Le bâtiment du poste électrique est doté des transformateurs de services auxiliaires afin de fournir de l'électricité à une tension de 400 / 230 V nécessaire à l'alimentation d'éclairage du poste électrique et pour le fonctionnement des dispositifs y existants.
- Il existe aussi un système de communication par câble en fibre optique afin de permettre le contrôle du parc à partir de la salle de communications (SCADA) à distance, depuis le bâtiment de contrôle de la STEG.

4.19 Mise en service des éoliennes

Lorsque toutes les éoliennes sont assemblées et que le parc approche de sa mise exploitation, une série de tests et de vérifications sont nécessaires. Ceci est destiné à garantir la sécurité des installations, mais aussi à garantir la qualité de l'électricité produite et qui sera injectée sur le réseau local, régional et national.

Une durée de fonctionnement de l'ordre de 100 à 150 heures (soit 4 jours à une semaine, selon le contrat constructeur) doit respecter le succès maximum, en termes de critères quant aux conditions de sécurité (test de survitesses des machines, arrêt d'urgence de l'éolienne en fonctionnement, bruit, etc.) et qualité de l'énergie produite (absence de perturbations de réseau national, bonne tenue en régime de production, rendement de production, etc.). Ces tests et vérifications sont nécessaires pour pouvoir déclarer le parc apte à fonctionner. La réussite de ces tests permet ensuite de se prononcer sur la réception définitive des installations et du chantier. Ce n'est qu'après que le parc sera déclaré apte à entrer dans la phase d'exploitation industrielle.

5 DESCRIPTION DE LA PHASE D'EXPLOITATION

Les activités de cette phase englobent la production d'électricité et son évacuation-transport.

5.1 Production d'électricité

Le principe de fonctionnement d'une éolienne est simple. Il s'apparente au travail d'une dynamo de bicyclette qui produit de l'énergie électrique alternative, lorsqu'il est entraîné par la roue. Celle-ci est ici remplacée par le rotor entraîné lui-même par le mouvement des pales sous le vent. Ce mouvement est transmis à un arbre avec des multiplicateurs de vitesse. L'éolienne peut avoir une boîte de vitesse avec des multiplicateurs animant un axe horizontal qui entraîne l'alternateur source d'électricité induite. L'électricité produite est élevée en tension par le transformateur, puis évacuée par paliers de transformation (Basse, Moyenne, Haute tensions) vers le réseau de distribution.

5.2 Intervenants et responsabilités

Plusieurs intervenants, dont l'exploitant mais aussi des sous-traitants, autorités de contrôle, visiteurs, etc., peuvent se présenter sur site au cours de la durée de vie du parc.

Le parc éolien en exploitation doit donc disposer d'un plan de prévention des risques. Ce plan fixe les conditions d'intervention de chacun sur le parc, les mesures de sécurité à prendre pour éviter les risques, mais aussi les actions à mener en cas d'accident.

Ce plan de prévention doit être communiqué et signé par tous les intervenants qui doivent apporter la preuve de l'habilitation de leurs personnels en activité sur le site (habilitation aux travaux d'électromécanique, d'électricité, attestation de travail en hauteur, etc.). L'exploitant qui doit autoriser la sous-traitance, demeure cependant le seul et unique responsable de la sécurité et de la bonne tenue des installations.

5.3 Gestion de la production électrique et surveillance à distance

5.3.1 Systèmes de supervision et de gestion du parc

La production d'électricité se faisant en hauteur (105 m environ) et dans des fenêtres climatiques variées, la supervision et la gestion des systèmes de production et de transport d'électricité ne peuvent se faire qu'à distance. Ce sont de plus les procédures les plus économiques. L'exploitant surveille en continue et agit à distance sur toutes les installations en disposant de liaisons de télécommunication mises en place sur ces installations, mais aussi d'un système de monitoring qui peut être localisé parfois au pied d'une éolienne ou dans le poste de livraison.

Ce système désigné SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) permet à chaque instant à l'exploitant de vérifier le fonctionnement des éoliennes, de détecter les avaries et défauts éventuels. Il peut également commander en cas de besoin, l'arrêt/démarrage des éoliennes à distance (vents exceptionnels, tempêtes, survitesse, etc.). Le parc actuel est déjà équipé par un Système SCADA.

Le progrès technologique fait que le système SCADA facilite aussi la visualisation à distance des paramètres techniques de l'ensemble des éoliennes et du parc. Il est relié à des capteurs (anémomètres, température, vitesse, variations de tension, etc.). L'éolienne est dotée de plusieurs capteurs (sondes de température, etc.) pour le transfert des valeurs paramétriques qui permettent à l'opérateur de contrôler à distance l'état de fonctionnement ou de dysfonctionnement, et au cas nécessaire de provoquer un arrêt automatique/freinage standard programmé à distance, ou même un arrêt d'urgence.

Cette gestion à distance n'est cependant pas totale, en dehors de la situation de déconnexion du réseau en cas de force majeure.

De manière générale, une gestion supplémentaire à distance ou Monitoring et de maintenance est proposée par le constructeur de l'éolienne ou sous-traitée par une société spécialisée. Les opérateurs surveillent en continue les éoliennes du constructeur à l'échelle mondiale. En cas d'événement anormal, une vérification des paramètres techniques est réalisée pour relever les anomalies de fonctionnement. En cas d'alerte d'incident (incendie, survitesse, avaries diverses, etc.), l'opérateur arrête immédiatement la machine pour la mettre en sécurité et enclenche la procédure d'information à l'exploitant et aux secours.

L'intervention de techniciens sur site s'avère cependant indispensable notamment pour la maintenance. La surveillance, le plan d'opération d'intervention et les entretiens des installations sont déjà décrits dans le chapitre précédent des horizons temporels du projet, phase exploitation.

- **Suivi environnemental**

Le suivi environnemental débute dans la définition et l'application des mesures et procédures qui permettent de pallier sinon minimiser en amont les impacts sur l'environnement au sens large, dont le bon fonctionnement et production des équipements, la prévention du risque, les mesures de sécurité, la maintenance des équipements et leur contrôle, la gestion des déchets divers, la formation des techniciens et personnels, etc.

Conformément aux dispositions légales en la matière (décret 1991-2005 du 11 juillet 2005 relatif à l'EIE, notamment), le projet de parc sera soumis à l'obligation de réaliser ce suivi. Les protocoles qui seront détaillés dans cette étude (faune et flore, accès au parc de personnes étrangères, accès aux postes de livraison d'électricité dans les éoliennes ou autres postes électriques, fermeture à clef des locaux et cabines de transformateurs, balisage et affichage d'un modèle de panneau de prescriptions contre les dangers sur les accès aux éoliennes et sur aux postes de livraisons et également sur ces derniers, etc.).

Maintien de la propreté des équipements est obligatoire. L'interdiction d'entreposer des matériaux combustibles, inflammables ou dangereux des transformateurs et des générateurs, est l'une des dispositions essentielles à respecter par les techniciens de maintenance. L'exploitant est tenu de réaliser un contrôle externe des installations environ 2 fois par an, pour garantir la propreté du parc de ses installations.

Arrêt et arrêt d'urgence : La mise en service d'une éolienne implique la nécessité d'effectuer une série de tests pour s'assurer du bon fonctionnement et de la sécurité de l'éolienne. Des arrêts simples, d'urgence et de survitesse sont effectués et vérifiés en termes d'exécution fonctionnelle et sécurisé.

Opérations de maintenance : Les techniciens, agents de maîtrise et autres personnels doivent être régulièrement formés aux risques du métier et de la conduite à tenir en cas d'incident ou d'accidents (formation pour le travail en hauteur, en électromécanique, sauvetage et sécurité au travail, etc.). Les procédures et consignes à suivre doivent être clairement affichées sur les éoliennes et autres équipements électriques.

Contrôle des installations : Un calendrier doit être établi et exécuté pour le contrôle et la maintenance des installations. Tous prestataires de service doivent respecter ce calendrier durant tout le cycle de vie du parc.

Manuel de maintenance des éoliennes : Ce manuel qui doit être remis à l'exploitant par le constructeur, décrit la nature et la fréquence des entretiens et opérations de maintenance à réaliser. L'exploitant doit tenir à jour le registre consignait toutes opérations de maintenance (date heure, durée, nature de l'intervention, équipe d'intervention, de tests opérés, etc.). Des rapports services réguliers doivent faire état du suivi des déchets, des opérations de vérification, des analyses d'huiles, des reports de défaillance constatée et opérations correctives engagées.

Déchets dangereux : Ces déchets peuvent englober des piles, des batteries, des peintures, du plastique, des vernis, mais surtout des graisses lubrifiantes et des hydrocarbures lourds, Ces hydrocarbures dangereux ne doivent d'aucune manière être stockés sur site. Ils doivent être déclarés aux autorités compétentes et stockés dans des sites dédiés, dans des conteneurs spéciaux destinés à la destruction totale (application des dispositions des conventions de Stockholm, de Bâle, de Rotterdam et de Barcelone).

Déchets non-dangereux : Les déchets non-dangereux doivent être triés au centre de maintenance dans des conteneurs appropriés, pour être ensuite régulièrement enlevés et éliminés par des sociétés spécialisées.

5.3.2 Système et consignes de sécurité, et alerte

Consignes de sécurité : Une notice d'hygiène et de sécurité doit être établie, précisant les risques professionnels et les consignes de sécurité et procédures à respecter dans la situation de danger. En particulier, les techniciens intervenants sur les éoliennes doivent avoir une connaissance précise de l'ensemble des directives générales de santé et de sécurité au travail établies par le constructeur, mais aussi de la conduite à tenir et les procédures à suivre notamment dans une situation de fonctionnement anormal de l'éolienne, de générateurs, de transformateurs, d'anomalies d'évacuation de l'électricité sur les lignes, etc.

Système de détection et d'alerte : Les détecteurs de fumée et de survitesse qui font en principe partie des équipements sur les éoliennes modernes, doivent être couplés au système SCADA. Le dispositif est régulièrement testé (tous les 2 à 6 mois) lors de maintenance préventive.

Procédures d'urgence et intervention des secours : Ces procédures doivent être établies en commun accord avec les Autorités compétente en la matière (Direction de la Sureté au ministère MIPME, ONPC, SAMU, etc.), relatives à la mobilisation des moyens humains et techniques en cas d'intervention. Toutes les informations de situation et pratiques doivent être recueillies et consignées au préalable comme indiqué plus haut.

L'information doit auparavant être recueillie concernant les moyens disponibles régulièrement dans les éoliennes en cas d'intervention (extincteurs portatifs dans la nacelle et en bas de la tour, kit d'évacuation en hauteur par la trappe et palan dans la nacelle, disposition des boutons d'Arrêt d'Urgence dans l'éolienne, numéro du Centre de maintenance, plan et procédure de coupure de l'alimentation du poste de livraison, etc.). Les consignes type doivent être résumées et indiquées sur site, ce qui permet d'identifier clairement les éléments d'information à donner aux équipes de secours en cas d'appel d'urgence (type d'accident, personnes affectés, dommages corporels, incendie, etc.).

6 GESTION DES DECHETS DU PROJET

La Loi n° 96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination, qui a instauré le principe "pollueur-payeur", définit le cadre spécifique modes de gestion et d'élimination des déchets, mais aussi les dispositions relatives avec : i) la prévention et la réduction de la production des déchets à la source ; ii) la valorisation, le recyclage et la réutilisation des déchets ; et iii) l'élimination des déchets ultimes dans les décharges contrôlées. Elle stipule aussi que (art. 4) *toute personne dont l'activité produit des déchets ou qui détient des déchets dans des conditions susceptibles d'avoir des effets négatifs sur le sol, la flore ou la faune, de causer la dégradation des sites et des paysages ou de polluer l'air ou l'eau ou d'engendrer des nuisances sonores ou des odeurs et d'une manière générale, de porter atteinte à la santé publique ou à l'environnement est tenue de les éliminer conformément aux dispositions de la présente loi et dans des conditions permettant d'éviter les effets sus-indiqués.*

L'article 25 dispose aussi que *toute personne détenant des déchets est tenue de les livrer, conformément aux modalités déterminées par les autorités compétentes, à un organisme public ou privé chargé de la collecte ou à un établissement effectuant des opérations d'élimination et de valorisation ou d'entreprendre par elle-même ces opérations conformément aux conditions fixées par la présente loi.*

Les déchets produits par le parc éolien durant ses différentes phases de son cycle de vie sont de plusieurs catégories :

- Déchets ménagers et assimilés ;
- Déchets Industriels banals : béton, métal, plastique, palettes de bois, cartons, etc. ;
- Déchets Industriels dangereux (spéciaux) : solvants, hydrocarbures divers, huiles à moteur, etc. ;
- Déchets Inertes : pierres, terres et matériaux de terrassement.

6.1 Phase de construction

C'est en principe celle qui produit le moins de déchets (palettes, bobines et plastiques destinés au transport des éléments d'équipements). Ces déchets doivent être collectés dans des bennes puis enlevés par une société autorisée en vue de leur recyclage.

Le parc étant situé en milieu rural, des déchets ménagers ordinaires aussi peu soient-ils été produits par les agents de maîtrise, techniciens et autres personnels. Ces déchets doivent être collectés dans des bennes couvertes et gardées dans un espace dédié, et régulièrement enlevés par un sous-traitant autorisé.

6.2 Phase d'exploitation

Deux types de maintenance, préventive et curative, se distinguent par des déchets différents :

- La maintenance préventive répondant aux spécifications du constructeur et aux conditions climatiques. Elle s'effectue durant les périodes à faible vent, sur l'ensemble du parc pour des durées de 2 à 3 semaines. Les déchets produits sont principalement des huiles, des graisses du liquide de refroidissement. Les produits neufs transportés sur site dans leurs contenants et leurs emballages d'origine, sont ensuite hissés jusqu'à la nacelle grâce au palan intérieur. Les huiles usagées doivent être soigneusement récupérées dans des conteneurs étanches et traitées par une société spécialisée et autorisée.
- La maintenance curative à la suite d'un défaut de fonctionnement et doit être optimisée/limitée dans le temps pour pallier les pertes de production. Dans ce cas, les déchets produits dépendent de la nature de l'opération ; cependant, les déchets seront collectés, recyclés ou valorisés par les sociétés spécialisées.

La maintenance annuelle, peut aussi engendrer des déchets selon le type d'opération :

- Lubrification des roulements de pales (remplacement/vidage des godets de vidange, ajout de graisse neuve, contrôle de lubrification des roulements) ;
- Remplacement des filtres à air des armoires électriques ;
- Remplacement du liquide de refroidissement ;
- Système central de lubrification des roulements et du système d'orientation (remplissage de graisses neuves, contrôle de l'absence de fuite) ;
- Système hydraulique (prélèvement échantillon d'huile, remplacement des filtres, vérification absence de fuite) ;
- Contrôle mécanique (vérification du graissage) ;
- Système de freinage (disque de frein, garnitures du disque) ;
- Tour (contrôle de la corrosion de peinture).

Tableau 22 : Quantités estimées de déchets de maintenance d'une des nouvelles éoliennes

Description du déchet	Quantité produite en Kg/an
Emballages en mélange	4
Papiers et cartons	3
Absorbants, matériaux filtrants (dont filtres à huile, chiffons pour essuyage, combinaisons de protection contaminée par des substances dangereuses)	6
Déchets résiduels	5

Il est recommandé que seuls les produits référencés soient utilisés pour le fonctionnement du parc et sa maintenance et l'entretien de l'installation (huiles, graisses, solvants, peintures, etc.) ;

Il est fortement recommandé qu'aucun produit dangereux cité ne soit stocké dans les compartiments des éoliennes, ou dans les locaux réservés aux générateurs et transformateurs. Tout déversement accidentel doit déclencher une opération de nettoyage et d'enlèvement de tous matériaux souillés, et leur évacuation du site vers une décharge autorisée. Toute incinération de déchet est prohibée.

6.3 Phase de démantèlement

Les recommandations qui suivent s'appliquent à la phase de préconstruction précédente et à la phase de démantèlement des installations et infrastructures du repowering du parc en fin de vie. Les déchets générés sont variés.

Dans la pratique, le chantier de démantèlement est réalisé par des sociétés ou groupements de sociétés spécialisées sur appel d'offre, qui contractent la collecte et le traitement de tous les déchets produits. Ceux-ci englobent des bétons, des gravats, de la terre excavée, du métal (acier, aluminium, cuivre), du plastique, du bois, des huiles, des graisses, etc. Des bennes destinées au remorquage et à l'élimination (terre, gravats, bétons, bois plastique), et d'autres conteneurs soigneusement fermés après remplissage, seront destinés à collecter les déchets (notamment huiles, graisses, etc.) et les enlever pour ensuite les valoriser.

Projet Repowering : Il est difficile d'estimer les déchets qui seront générés par cette phase. Des indications courantes sur la composition de génératrices similaires à celles choisies pour ce projet, lors du démantèlement, donnent les quantités suivantes :

- Les filières de revente et de recyclage des matériaux des éoliennes permettent de financer l'ensemble du démantèlement ;
- Une éolienne de 200m (haut de pale) est composée d'environ :
 - ✓ 550 tn d'acier (50 tn pour le rotor, 400 tn pour le mât et 100 tn pour la nacelle)
 - ✓ 3 tn de cuivre (1 tn pour le rotor, 1 tn pour le mât et 1 tn pour la nacelle)
 - ✓ Considérant un prix actuel d'une tonne d'acier de l'ordre de 700 €, et de 5 500 € la tonne de cuivre de 5 443 €, et en minimisant à un prix de revente record de 260 € la tonne d'acier et de 1 600 € la tonne de cuivre, le recyclage d'une éolienne permettrait de gagner environ 150.000 €.

Ainsi, le démantèlement de 13 éoliennes du modèle similaire choisis pour le parc de Sidi Daoud, et la revente pour recyclage atteindrait presque 2.000.000 € (soit l'équivalent d'environ 6.000.000 DTN). Ce prix de vente couvre parfaitement les coûts de démantèlement pratiqués, mais aussi les taxes y afférentes.

À cette estimation, il faudra ajouter la valeur (aluminium et cuivre) de milliers de mètres linéaires de câbles de réseaux dont le prix de vente (câbles brut) peut atteindre 100.000 € (parc de la taille de celui programmé pour Sidi Daoud). Ce

qui représente la modeste somme de 320.000 DTN supplémentaires. Un montant additif est ajouté, quant au transport et la gestion de tous types de déchets (des machines devenues obsolètes en fin de vie, leurs déchets encombrants, et les métaux et plastiques associés, etc.). La somme totale de ces gains liés au recyclage des métaux et à la valorisation des déchets peut atteindre 8 450 000 TND.

6.4 Récapitulatif de la génération des déchets par phase de projet

Une synthèse de la production de déchets au cours des différentes phases du projet et leur traitement, est présentée dans le tableau suivant. Le recyclage et la réutilisation des déchets prévalent largement.

Tableau 23 : Synthèse de la production de déchets du projet et leur traitement.

Catégorie	Nature du déchet	Source de déchet		Traitement
		Phase du projet	Opération	
Déchets industriels banals	Béton	Démantèlement	Excavation, démolition d'une partie des fondations	Collecte, recyclage
	Câbles en cuivre et aluminium	Démantèlement	Extraction de câblages de réseau	Collecte, recyclage
	Fer et acier	Démantèlement	Démontage des pièces de éoliennes	Collecte, recyclage
	Bois	Construction	Palettes ou bobines en bois pour transport de matériels et câblages	Collecte, recyclage
		Démantèlement		
	Cartons	Construction	Transport de pièces de matériels utilitaires	Collecte, recyclage
		Démantèlement		
Déchets industriels spéciaux (dangereux)	Huiles non chlorées à base minérale ; huiles chlorées ; huiles synthétiques ; graisses	Construction	Plastique renforcé de fibres de verre (palettes)	Mise en décharge
		Démantèlement		
		Exploitation	Maintenance	Collecte et recyclage Destruction des huiles chlorées
Déchets inertes	Cailloux, gravats, terres	Démantèlement	Vidange de composantes des éoliennes	
		Construction	Excavation de terres pour fondation ; création des plateformes de montage et chemins	Réutilisation comme remblais (plateformes, chemins)
		Démantèlement	Suppression des plateformes	Réutilisation comme remblais, sinon mis en décharge autorisée

7 CADRE REGLEMENTAIRE ET INSTITUTIONNEL

Le projet consiste à replacer les anciennes installations d'une capacité totale de 17,820 MW pour réaliser un nouveau parc éolien « Repowering » (étapes A et B) près de la ville de Sidi Daoud au Nord Est de la Tunisie.

Selon le décret n°2005-1991 du 11 juillet 2005, relatif à l'étude d'impact sur l'environnement et fixant les catégories d'unités soumises à l'étude d'impact sur l'environnement et les catégories d'unités soumises aux cahiers des charges, la réhabilitation « Repowering » des parcs éoliens ne figure pas dans l'Annexe 1 de ce décret (Unités obligatoirement soumises à l'étude d'impact sur l'environnement : Catégories A et B).

Ce décret qui est d'ailleurs en cours de révision, mentionne la nécessité de consultation publique (MARHP, MIPME, DGRE, etc.), mais il ne tient pas compte de la nécessité de conduire l'enquête sociale auprès de la population et des riverains bénéficiaires et partenaires à part entière, notamment pour les grands projets dans les régions. Il ne tient également pas compte explicitement des impacts sanitaires. De ce fait et dans l'après 2011, l'enquête est toujours introduite et de manière officieuse dans les EIE de grands projets notamment, pour pallier les conséquences de cette carence légale du décret précédent.

Pour donner suite à la demande du client et du bailleur de fond, et afin de mener à bien l'étude d'impact environnemental et social, il sera fait référence au cadre réglementaire national et aux normes et directives internationales suivantes :

Les lois et règlements de la Tunisie :

- Le droit international, y compris les conventions et traités adoptés par la Tunisie et applicable au projet.
- Les Directives de la Banque de développement KfW en matière de durabilité et, avec cela :
 - Les Normes environnementales et sociales de la Banque mondiale.
 - Les directives générales du groupe de la Banque Mondiale sur l'environnement, l'hygiène et la sécurité (EHS), notamment :
 - Les directives générales EHS, et
 - Les directives propres à l'industrie, dans la mesure où elles sont applicables (ici : EHS Guidelines Wind Energy, 2015).
 - Les Lignes directrices relatives à l'intégration de normes et de principes concernant les droits humains, notamment le genre, dans les propositions de programme de coopération technique et financière bilatérale allemande.
 - Les conventions fondamentales de l'Organisation internationale du travail (OIT).
 - Les principes de base et directives concernant les expulsions et les déplacements liés au développement (notamment les §§ 42, 49, 52, 54 et 60) ainsi que les orientations fournies dans le Manuel d'élaboration de plans d'action de réinstallation de la SFI (2002) et dans le Manuel de référence de la Banque mondiale sur la réinstallation involontaire (2004).
 - Les directives volontaires pour une gouvernance responsable de la tenure des terres, des forêts et des pêches (VGGT).

7.1 Cadre réglementaire national

7.1.1 Réglementation relative à l'étude d'impact sur l'environnement

Le cadre légal en Tunisie couvre la majorité des aspects liés à la protection de l'environnement, à la lutte contre la pollution et à l'amélioration du cadre de vie. Il inclut des instruments préventifs (EIES) et des mesures coercitives à l'encontre des personnes physiques et morales commettant des infractions de pollution ou de dégradation de l'environnement.

Les principaux textes juridiques et réglementaires relatifs aux EIES des différentes phases du projet sont résumés dans ce qui suit.

7.1.2 Code de l'Aménagement du Territoire et de l'Urbanisme (CATU)

Ce code fixe les règles de l'organisation et de l'exploitation de l'espace, la planification, la création et le développement des agglomérations urbaines dans une perspective d'harmonisation entre développement économique, développement social, et équilibres écologiques en vue de garantir un développement durable et le droit du citoyen à un environnement

sain (Art.1), notamment en : i) assurant l'exploitation rationnelle des ressources; ii) protégeant les zones de sauvegarde, les sites naturels et culturels; iii) assurant la sécurité et la santé publique; et iv) garantissant une répartition rationnelle de l'aménagement entre les zones urbaines et rurales.

7.1.3 Prévention de la pollution

7.1.3.1 Rejets liquides

Le Code des Eaux : Loi n°75-16, du 31 mars 1975, portant promulgation du code des eaux et amendements connexes. Notons que ce Code est en cours de révision.

Le Code Forestier : Loi n°88-20 du 13 avril 1988, portant refonte du code forestier, et amendements connexes.

Le décret n°85-56 du 2 janvier 1985 relatif à la réglementation des rejets dans le milieu récepteur, fixe les conditions d'interdiction et les procédures d'autorisation des rejets dans le milieu récepteur. Il stipule que les eaux usées doivent subir un traitement préalable pour les rendre conformes aux normes de rejet (norme NT 106.02).

L'arrêté du ministre des affaires locales et de l'environnement et du ministre de l'industrie et des petites et moyennes entreprises du 26 mars 2018, fixant les valeurs limites des rejets d'effluents dans le milieu récepteur.

7.1.3.2 Émissions atmosphériques

La réglementation en vigueur⁵ fixe les valeurs limites générales des polluants de l'air émis par les sources fixes et les valeurs limites d'émissions de polluants par les installations de combustion en fonction de leur puissance thermique. Elle définit les exigences à respecter par les unités polluantes, particulièrement en ce qui concerne le suivi de la qualité des émissions atmosphériques et le raccordement des équipements d'analyse au réseau national de suivi de la qualité de l'air.

Loi n°2007-34 du 4 juin 2007 sur la qualité de l'air concernant les mesures de conservation de la qualité de l'air ainsi que les mesures de prévention de la pollution de l'air à partir des sources fixes et sources mobiles

Norme Tunisienne NT 106.04 (1994) fixant des valeurs limites et des valeurs guides pour certaines substances polluantes contenues dans l'air ambiant, en dehors des locaux de travail (SO₂, particules en suspension, NO₂, CO, O₃, H₂S, Pb).

Le Décret n°2010-2519 du 28 septembre 2010, fixant les valeurs limites à la source des polluants de l'air de sources fixes.

Le décret gouvernemental n°2018-447 du 18 mai 2018 fixe les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant.

7.1.3.3 Gestion des déchets solides

La Loi n° 96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination : cette loi définit le cadre spécifique modes de gestion et d'élimination des déchets, mais aussi les dispositions relatives avec : i) la prévention et la réduction de la production des déchets à la source ; ii) la valorisation, le recyclage et la réutilisation des déchets ; et iii) l'élimination des déchets ultimes dans les décharges contrôlées.

La loi prévoit des dispositions pour la mise en place des systèmes de reprise de certains types de déchets tels que les huiles usagées⁶, les accumulateurs usagés, les déchets spéciaux, etc. Cette loi instaure le principe "pollueur-payeur".

Les déchets sont classés selon leur origine en déchets ménagers et déchets industriels et selon leurs caractéristiques en déchets dangereux, déchets non dangereux et déchets inertes.

La loi classe les décharges en trois catégories : i) les décharges de déchets dangereux ; ii) les décharges de déchets ménagers et de déchets non dangereux ; et iii) les décharges de déchets inertes. Les activités interdites portent notamment sur :

- L'incinération des déchets en plein air, à l'exception des déchets de végétaux ;

⁵ Loi n°2007-34 du 4 juin 2007 sur la qualité de l'air et le décret n° 2010-2519 du 28 septembre 2010, fixant les valeurs limites à la source des polluants de l'air de sources fixes.

⁶ Décret n° 2008-2565 du 07/07/2008 : modifiant et complétant Décret n°2002-693 du 1er avril 2002, relatif aux conditions et aux modalités de reprise des huiles lubrifiantes et des filtres à huile usagés et leur gestion.

- Le mélange les différents types de déchets dangereux avec les déchets non dangereux ;
- L'enfouissement des déchets dangereux et leur dépôt dans des lieux autres que les décharges et les centres autorisés.

L'arrêté du ministre chargé de l'environnement du 17 janvier 2007, portant approbation des cahiers des charges fixant les conditions et les modalités d'exercice des activités de collecte, de transport, de stockage, de traitement, d'élimination de recyclage et de valorisation des déchets non dangereux.

7.1.3.4 Déchets dangereux

Le décret n°82-1355 du 16 Octobre 1982, portant réglementation de la récupération des huiles usagées

La loi n° 92-11 du 3 février 1992 portant ratification de la convention de Bamako sur l'interdiction d'importer en Afrique des déchets dangereux et sur le contrôle des mouvements transfrontières et de la gestion des déchets dangereux produits en Afrique (JORT n°9 du 7 février 1992).

La loi n°95-63 du 10 Juillet 1995, portant autorisation de l'adhésion de la république tunisienne à la convention de Bale sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination

Le décret n°95-2680 du 25 décembre 1995, portant publication de la convention de Bâle sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination, adoptée à Bâle le 22 Mars 1989.

Le décret n°200-2339 du 10 Octobre 2000, fixant la liste des déchets dangereux

Le décret n°2002-693 du 1er avril 2002, fixant les conditions et les modalités de reprise des huiles lubrifiantes et des filtres usagés

Le décret n° 2005-3395 du 26 décembre 2005, fixe les conditions et les modalités de collecte des accumulateurs et piles usagées.

Le Décret n° 2008-2565 du 07 juillet 2008 modifiant et complétant Décret n°2002-693 du 1^{er} avril 2002, fixe les conditions et modalités de reprise des huiles lubrifiantes et des filtres à huile usagés et leur gestion.

7.1.3.5 Transport des matières dangereuses

Le décret n°2002-2015 du 4 septembre 2002, fixant les règles techniques relatives à l'équipement et à l'aménagement des véhicules utilisés pour le transport des matières dangereuses par route ;

Le décret n°2004-1749 du 20 juillet 2004, fixant la liste et la définition des matières dangereuses de la classe2 autorisées à être transportées par route et les conditions de leur emballage, chargement et déchargement.

7.1.4 Nuisances sonores

L'impact du bruit relève de la réglementation relative à l'hygiène et à la santé du travailleur et fait référence aux codes de santé en vigueur dans les différentes professions. Des normes d'exposition aux émissions sonores existent à l'échelle internationale (Conventions OIT ratifiées par la Tunisie). En Tunisie, il n'existe cependant pas à ce jour de normes régissant ce type de nuisances. Néanmoins, l'atteinte corporelle ou la maladie au travail demeure régie par la réglementation tunisienne sur l'emploi et la sécurité au travail, et conventions internationales ratifiées par le pays.

Les nuisances sonores sont de sources et de lieu variés :

7.1.4.1 Bruit de voisinage

L'arrêté du président de la municipalité Maire de Tunis du 22/08/2000 interdit :

- Le bruit susceptible de perturber la tranquillité du citoyen entre 10 h du soir et 8h du matin pendant toute l'année et de 13h à 17 h de jour l'été ; et
- Les nuisances sonores de jour comme de nuit, causées notamment par les véhicules à moteur à l'intérieur de l'ensemble du périmètre communal de Tunis.

En plus, cet arrêté impose aux responsables des établissements insalubres et incommodes classés de 2^{ème} et 3^{ème} catégorie d'installer leurs machines de façon qu'elles ne produisent pas de bruit gênant la tranquillité des habitants et d'arrêter toute activité bruyante pendant les horaires d'interdiction fixés dans l'arrêté.

Tableau 24 : Valeurs limites fixées (seuils en décibels) par l'arrêté du président de la municipalité Maire de Tunis du 22/08/2000.

Type de zone et durée	Seuils en décibels		
	Nuit	Période 6h-7h et 20h-22h	Jour
Zones d'hôpitaux, zone de repos, aire de protection d'espaces naturels	35	40	45
Zone résidentielle suburbaine avec faible circulation du trafic terrestre, fluvial ou aérien	40	45	50
Zone résidentielle urbaine	45	50	55
Zone résidentielle urbaine ou suburbaine avec quelques ateliers, centres d'affaires, commerces ou des voies du trafic terrestre, fluvial ou aérien importantes.	50	55	60
Zones à prédominance d'activités commerciales, industrielles ou agricoles.	55	60	65
Zone à prédominance d'industrie lourde.	60	65	70

Notons que la zone du projet est limitrophe d'un environnement urbain à l'Ouest (Sidi Daoud) et au Nord-Ouest (Borj Essalhi) sur la côte, à un environnement urbain à suburbain au Sud et au Sud-Est (Ghourmène et domaine suburbain voisin sur la route RR26), et à l'Est (Menzel Salem). Les limitations de sonorité de ces deux catégories de zones d'habitations selon l'arrêté de la Municipalité de Tunis sont données sur le tableau précédent. De plus, les directives de la Banque Mondiale en matière de bruit devront aussi être respectées (voir étude de bruit en partie d'Annexes).

7.1.4.2 Bruits émis par les véhicules à moteur

Les dispositions relatives aux véhicules à moteur, telles que définies par le Code de la Route⁷ portent notamment sur :

- L'interdiction de l'utilisation des générateurs de sons multiples ou aigus ;
- La fixation des niveaux max de bruit pour chaque type de véhicule.

Les textes d'application des dispositions du Code de la route ont défini les procédures, les conditions et les règles techniques relatives à l'équipement et l'aménagement des véhicules, aux visites techniques des véhicules, aux infractions, aux montants des amendes, etc.

7.1.4.3 Bruit des activités industrielles

Selon le décret n° 84-1556 du 29 décembre 1984, portant réglementation des lotissements industriels (Annexe : Article 26), la réglementation stipule⁸ que :

- Le niveau de bruit de jour, émis par une entreprise ne devra pas dépasser 50 dB, mesurés au droit de la façade des habitations les plus proches de la zone d'activités ;
- De nuit, des précautions supplémentaires devront être prises afin de ne pas provoquer de gêne aux riverains.

7.1.4.4 Bruit en milieu de travail

L'arrêté des ministres de la santé publique et des affaires sociales du 10 janvier 1995 fixant la liste des maladies professionnelles, limite dans le tableau n°80⁹ le niveau d'exposition sonore quotidienne à 85 dB.

7.1.5 Protection des terres agricoles

La Loi n° 83-87 relative à la protection des terres agricoles a pour objectif de protéger les terres agricoles contre l'urbanisation et fixe les modalités et autorisations requises pour le changement du statut des terres agricoles.

Arrêté du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques du 19 juillet 2006 fixant la liste de la faune et de la flore sauvages rares et menacées d'extinction.

La loi n°95-70 du 17 juillet 1995 relative à la conservation des eaux et du sol.

⁷ Loi n° 2006-54 du 28 juillet 2006, modifiant et complétant le code de la route promulgué en 1999.

⁸ Décret n° 84-1556 du 29 décembre 1984, portant réglementation des lotissements industriels

⁹ Tableau prévu par la loi n°94-28, portant régime de réparation des préjudices résultant des AT/MP

7.1.6 Textes législatifs relatifs à la protection de la diversité biologique

Le Code forestier, promulgué en 1966 et refondu en 1988, tel que modifié et complété par la **loi 2005-13 du 26/01/2005**, constitue le cadre juridique de base en matière de conservation du milieu naturel (forêts, nappes alfatières, terrains de parcours, terres à vocation forestière, parcs nationaux et réserves naturelles, à la faune et à la flore sauvage) et de gestion des parcs nationaux. Il vise notamment à protéger les terrains boisés, institue un régime forestier et prévoit des restrictions sur l'utilisation de terrains boisés et des terres de parcours n'appartenant pas à l'état. Les travaux et les projets d'aménagement ne peuvent être entrepris dans les domaines régis par le code forestier qu'après autorisation du Ministre de l'Agriculture.

Parmi les dispositions relatives aux Parcs Nationaux, le Code Forestier :

- Interdit ou restreint toutes actions susceptibles de nuire au développement naturel de la faune et de la flore, notamment la chasse, les activités publicitaires et commerciales, l'extraction de matériaux, l'utilisation des eaux, la circulation du public, etc. ;
- Définit comme graves et ne pouvant pas donner lieu à transaction, les délits concernant la faune et la flore sauvages protégées commis dans les parcs nationaux.
- Limite le droit d'usage dans les forêts et exige l'autorisation préalable du ministère chargé de l'agriculture.

Arrêté du ministre de l'agriculture du 29 juin 2006, fixant les conditions d'octroi des autorisations des occupations temporaires dans le domaine forestier de l'État interdit l'autorisation temporaire pour tout ouvrage qui aura un impact négatif et des risques sur l'environnement et les ressources naturelles dans le domaine forestier, les parcs nationaux, les parcs naturels, les zones de protection de la faune et de la flore.

7.1.7 Ressources culturelles

Le Code du patrimoine (Loi 94-35 du 24 février 1994 relative à la protection des monuments historiques et des sites naturels et urbains) définit les dispositions réglementaires de sauvegarde et de protection du patrimoine archéologique, historique ou traditionnel et culturels intégré dans le domaine public de l'État.

7.1.8 Acquisition des terres et servitudes de passage

Le **Décret du 12 octobre 1887** relatif à l'établissement, à l'entretien et à l'exploitation des lignes télégraphiques et téléphoniques et le **décret du 30 mai 1922**, relatif à l'établissement, à l'entretien et à l'exploitation des lignes de transport électrique : ces deux décrets permettent à la STEG d'installer ses lignes électriques dans des terres privées, y compris les terres agricoles et exception faite des propriétés clôturées, moyennant des accords d'occupation temporaire avec les propriétaires ou les exploitant, sans avoir à recourir aux procédures d'acquisition, de transfert de propriété et d'expropriation de ces terres. Les exploitants de ces terres ont droit à une compensation en cas des dégâts générés par les lignes sur les terres traversées.

7.1.9 Régime foncier et réglementation Tunisienne en matière d'expropriation

En Tunisie, la réglementation de l'expropriation a débuté par le décret du 9 mars 1939. Ce décret a été abrogé et remplacé par la loi n° 76-85 du 11 août 1976 qui a été ensuite amendée et complétée par la loi n° 2003-26 du 14 avril 2003. Cette dernière loi a été abrogée et remplacée par la loi n° 2016-53 du 11 juillet 2016, portant expropriation pour cause d'utilité publique qui est venue fixer les principes, les règles et les procédures administratives et judiciaires en matière d'expropriation des terres et des immeubles pour réaliser des projets ou pour exécuter des programmes ayant un caractère d'utilité publique.

La nouvelle loi n°53-2016 du 11 juillet 2016 sur les expropriations pour utilité publique prévoit que seules les personnes détenant un titre de propriété sur le sol, doivent bénéficier d'une compensation.

Cette loi a été suivie par les textes d'application suivants :

- ✓ Le décret gouvernemental n° 2017-332 du 28 février 2017, portant fixation de la composition et du fonctionnement de la commission nationale chargée de fixer les critères déterminant la valeur financière des immeubles nécessaires à la réalisation des projets publics, leurs composants et les modalités de leur révision ainsi que leur actualisation,
- ✓ L'arrêté du chef du gouvernement du 1er mars 2017, fixant le montant de la valeur des acquisitions d'immeubles au profit de l'État soumis à l'autorisation du chef du gouvernement,

- ✓ L'arrêté du chef du gouvernement du 13 mars 2017, portant fixation des documents du dossier d'expropriation pour cause d'utilité publique,
- ✓ L'arrêté du chef du gouvernement du 13 mars 2017, portant fixation de la composition de la commission des acquisitions au profit des projets publics et les procédures de son fonctionnement.

La loi n° 53-2016 et ses textes d'application forment le nouveau cadre juridique pour l'acquisition des terres, l'indemnisation, la résolution des conflits et les procédures de recours. Cette loi a fixé :

- ✓ Les principes de base de l'expropriation ;
- ✓ L'objet de l'expropriation ;
- ✓ les procédures et les organes chargés de l'expropriation ;
- ✓ La fixation de l'indemnisation et son acquittement.

Elle a aussi consacré le principe de rétroactivité de la loi en appliquant certaines de ses dispositions à des expropriations engagées sous l'égide de la loi de 1976 et de 2003.

7.1.10 Compensation des dommages ou déplacement économique (hors procédure)

C'est ce que l'on qualifie de mécanisme d'indemnisation hors procédure. Toutes les compensations et indemnités se font entièrement et exclusivement dans le cadre juridique et réglementaire Tunisien. Les dispositions des directives de Bailleurs de Fonds ont le plus souvent recours à une indemnisation des parties lésées à l'amiable, ce qui permet de minimiser le nombre de plaintes et de conflits juridiques qui peuvent affecter la durée d'exécution des travaux du projet.

Le dispositif applicable dans ce cas en Tunisie, est le suivant : i) dans un premier temps, le certificat d'entente d'indemnisation est soumis à la signature de la personne affectée par le projet ; ii) s'il y a accord, le certificat d'entente d'indemnisation est signé et mis dans le circuit pour les autres signatures et l'établissement des documents de paiement ; iii) s'il y a désaccord, une négociation s'engage avec la Commission de Reconnaissance et de Conciliation (CRC) jusqu'à un aboutissement acceptable pour les deux parties, avec recours éventuel à un tiers expert ; iv) si la négociation ne peut aboutir, le recours sera pris en charge par les Autorités Locales ou par la Mairie. Dans le cadre de ce projet, l'approche à prévoir devrait être conciliante afin de préserver les droits des personnes affectées par le projet, tout en privilégiant une gestion saine du budget d'indemnisation.

7.1.11 Conventions, accords et traités internationaux

La Tunisie a ratifié plus de 60 conventions et accords internationaux concernant la protection de l'environnement. Elle a développé dans le cadre de la mise en œuvre des trois conventions de RIO, des systèmes d'information pour faciliter le rapportage aux différentes organisations. Les principaux textes réglementaires internationaux (conventions, accords, traités et protocoles) qui intéressent le projet sont les suivants :

- Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (Texte de ratification : 93-46 du 3 mai 1993) ;
- Convention pour la Lutte Contre la Désertification (Texte de ratification : Loi 95-52 du 10 juin 1995) ;
- Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique (Texte de ratification : Loi 93-45 du 3 mai 1993) ;
- Protocole de Kyoto (Texte de ratification de l'Adhésion : Décret n° : 2002-2674 du 10 octobre 2002) ;
- Accord de Paris (Texte de ratification : Décret Présidentiel n° 2016-125 du 31 octobre 2016) ;
- Convention sur la conservation des espèces migratoires appartenant à la faune sauvage. (Texte de ratification : Loi 86-63 du 16 juillet 1986) ;
- Convention relative aux zones humides d'importance internationale (Texte de ratification : Loi n° 80-9 du 3 mars 1980) ;
- Convention Africaine pour la Conservation de la Nature et des Ressources naturelles (Texte de ratification : Loi 76-91 du 4 novembre 1976) ;
- Convention pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel. (Loi 74-89 du 11 décembre 1974) ;
- Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (Texte de ratification : Loi 74-12 du 11 mars 1974) ;
- Protocole de Montréal (Texte de ratification de l'Adhésion par la loi n° 89-55 du 14 mars 1989 - JORT n° 20 du 21 mars 1989, et textes d'approbation d'accords d'amendement de ce protocole dont en particulier les Lois

n° 93-44 du 3 mai 1993, n° 94-72 du 27 juillet 1994, n° 2004-79 du 6 déc. 2004, et le décret 2005-514 du 7 mars 2005).

7.1.12 Emploi et sécurité au travail

La Tunisie a été affiliée au Bureau International du Travail le 12 juin 1956. Le pays œuvre à faire concorder sa législation nationale avec les conventions internationales portant sur la protection de la santé et sécurité des travailleurs dont la grande majorité (57 conventions) ont été ratifiées, en particulier celles concernant les droits de l'homme et celles relatives à la santé et sécurité au travail, et le travail des femmes et des enfants (dont la convention n° 182, « les pires formes de travail des enfants »). Aujourd'hui en Tunisie, une convention ratifiée a plus qu'une force de loi, comme prévu du plus haut palier de l'arsenal juridique tunisien qu'est la Constitution.

Le code du travail a été institué le 30 avril 1966 (Loi 66-27) cite les principales dispositions des décrets relatifs à l'Inspection médicale du travail et aux services médicaux du travail, mais concerne aussi l'emploi des femmes et des enfants, et le travail relatif aux les établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Notons qu'en Tunisie, l'âge minimum d'emploi est 16 ans, sauf dispositions spéciales présentées dans les textes de loi relatifs à l'emploi des personnes.

Des améliorations récentes sur le plan réglementaire et d'organisation des structures et de la formation des cadres, ont aussi été accomplies :

- Rattachement de la Direction de la Médecine du Travail et des Maladies Professionnelles au Ministère des Affaires Sociales (décret n° 559 du 30 mars 1990).
- La création de l'Institut de Santé et de Sécurité au Travail par la loi n° 9077 du 07 août 1990 modifiée par la loi n° 96-9 du 06 mars 1996. Cet Institut a pour mission notamment d'apporter l'assistance médicale et technique aux entreprises économiques, d'assurer la formation des cadres opérants dans le domaine de ses compétences, de promouvoir l'information et de développer la recherche en Santé et Sécurité au Travail.
- Le Décret n°68-328 du 22 octobre 1968 fixe les règles générales d'hygiène applicables dans les entreprises soumises au code du travail.
- La refonte de la loi n° 57-73 du 11 décembre 1957 par la loi n° 94-28 du 21 février 1994 portant régime de réparation des préjudices résultant des accidents du travail et des maladies professionnelles. Cette loi établit une liste des maladies d'origine professionnelle et des travaux et substances susceptibles d'en être à l'origine. À cet égard, La Tunisie a par ailleurs ratifié la majorité des conventions (fondamentales et techniques) de l'Organisation Internationale du Travail (OIT).
- La promulgation de la loi n° 95-56 du 28 juin 1995 portant régime particulier de réparation des préjudices résultant des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur public.
- La révision des dispositions du Code du Travail relatives à la santé et à la sécurité au travail (loi n° 94-29 du 21 février 1994 et la loi n° 96-62 du 15 juillet 1996)
- La promulgation d'un statut particulier du corps de l'inspection médicale du travail (décret n° 94-1490 du 11 juillet 1994).
- La détermination des procédures de majoration ou de réduction des cotisations au régime de réparation des préjudices résultant des accidents du travail et des maladies professionnelles dans le secteur privé (décret n° 95-538 du 1er avril 1995). Cette procédure s'effectue selon des critères objectifs.
- La création du conseil national de la prévention des risques professionnels (décret n° 1761 du 25 novembre 1991 modifié par le décret n° 96-1001 du 20 mai 1996), à caractère consultatif, chargé notamment de proposer toutes mesures susceptibles de renforcer la politique nationale de prévention des risques professionnels.

7.1.13 Réglementation sur les risques

• Lois

Loi n° 66-27 du 30 avril 1966 portant code du travail et ses mises à jour (édition 2000), chapitre IV : Les établissements dangereux insalubres ou incommodes.

Loi n°97-37 du 02 juin 1997 relative au transport des matières dangereuses par route.

Loi n°96-41 du 10 juin 1996, relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et de leur élimination.

- **Décrets**

Décret n°2006-2687 du 9 octobre 2006, relatif aux procédures d'ouverture et d'exploitation des établissements dangereux, insalubres ou incommodes et notamment son article 3 .

Décret n°2005-1991 du 11 juillet 2005, relatif à l'étude d'impact sur l'environnement.

Décret n° 2004-956 du 13 avril 2004 fixant la composition, les attributions et les modalités de fonctionnement du comité spécial des établissements dangereux, insalubres, ou incommodes.

Décret n° 2000-1989 du 12 septembre 2000 relatif aux catégories d'entreprises tenues de désigner un responsable de sécurité au travail et les conditions qui doivent être remplies par celui-ci.

Décret n° 88-1056 du 14 novembre 1988 relatif à la protection des travailleurs contre les courants électriques.

Décret n° 68-328 du 22 octobre 1968 relatif aux règles générales d'hygiène applicables dans les entreprises soumises au code du travail.

Décret n° 68-88 du 28 mars 1968 relatif aux établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Décret du 08 décembre 1956 portant règlement sur appareil à vapeur à terre.

Décret du 12 juillet 1956 portant règlement pour les appareils à pression de gaz.

- **Arrêtés**

Arrêté du ministère chargé de l'énergie et des mines entreprises du 15 novembre 2005 relatif à la nomenclature des établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Arrêté du 10 mai 1993, relatif au stockage des gaz inflammables liquéfiés sous pression (JO du 22 juin 1993).

Arrêté du ministère des affaires sociales du 12 juin 1987 déterminant les machines et éléments de machines qui ne peuvent pas être utilisés, mis en vente, vendus ou loués sans dispositifs de protection.

Arrêté conjoint du Ministre de l'Intérieur et du Développement Local et du Ministre de l'Industrie et de la Technologie du 20 février 2010 fixant les termes de référence de l'étude de dangers et du plan d'opération interne relatives aux établissements dangereux insalubres ou incommodes de première et de deuxième catégorie.

Arrêté du ministre de l'industrie et de la technologie du 23 février 2010, modifiant et complétant l'arrêté du ministre de l'industrie, de l'énergie et des petites et moyennes entreprises du 15 novembre 2005 fixant la nomenclature des établissements dangereux, insalubres ou incommodes.

Arrêté du Ministre de l'Économie Nationale du 20 juillet 1989 portant homologation de la Norme Tunisienne NT 106.002 relative aux rejets d'effluents dans le milieu hydrique.

Arrêtés du 9 novembre 1972 et du 19 novembre 1975 - Règles d'aménagement et d'exportation des Dépôts d'hydrocarbures liquides ;

Arrêté du ministère des travaux publics du 14 décembre 1956 relatif aux appareils à pression de gaz (règlements des appareils de production, d'emmagasiner ou de mise en œuvre des gaz comprimés, liquéfiés ou dissous).

- **Circulaire**

Circulaire n° 131/85 du ministère de la santé publique relative aux mesures particulières à la protection des ouvriers qui exécutent des travaux sur les cuves, bassins et réservoirs.

- **Prescriptions et recommandations de la protection civile**

- **Normes**

Règles d'aménagement et d'exportation des Dépôts d'hydrocarbures liquides 1ère et 2ème classe – NT 109.14 (1988).

- **Règlementation et normes françaises**

Notons qu'à défaut de normes ou de réglementation tunisienne en la matière, les normes et réglementation françaises et de la CE, peuvent constituer une source d'inspiration pour le législateur en Tunisie. Concernant les risques, les normes françaises et règles relatives aux moyens de prévention et de lutte contre l'incendie peuvent être citées :

- NFS 61-900 relative aux extincteurs portatifs pour la lutte contre l'incendie.
- NFS 61-213 et NFS 61-214 : poteaux d'incendie incongelable/spécifications.
- NFS 60-210 relatives aux spécifications communes à tous les émulseurs.
- D'autres normes et règles relatives à la signalisation et au balisage sont aussi à citer :
- NF X 08-100 relatives aux couleurs conventionnelles des tuyauteries.
- NF X 08-003 « couleurs et signaux de sécurité ».

7.1.14 Remarques importantes

À défaut de réglementation tunisienne, il est recommandé de s'inspirer de la réglementation internationale, entre autres la réglementation française, les Directives Européennes, l'OIT, etc.

Il faut aussi noter que dans la réglementation tunisienne, l'étude du risque d'inondation mais aussi l'étude du risque (Étude des Dangers) des installations, de leur opération et des dangers y afférents, ne font pas partie de l'EIE. Celle-ci ne peut qu'adopter les recommandations de ces deux études pour en préciser les mitigations des impacts, les moyens de lutte, et les dispositions à prendre.

L'étude d'inondation est de la responsabilité de l'ARRU (Agence de Rénovation et de Réhabilitation Urbaine) et de la DHU (Direction d'Hydraulique Urbaine). L'Étude de Danger est de la responsabilité du Ministère chargé de l'Industrie (Direction de la Sécurité ; Protection Civile) notamment pour l'application du POI (Programme d'Opération Interne) qui est à établir dans le cadre d'une Étude de Danger des installations.

7.2 Cadre institutionnel

De nombreuses institutions sont directement concernées par la conduite à bonnes fins du présent projet.

7.2.1 Ministère chargé de l'industrie et des mines

Le Ministère chargé de l'Industrie a pour mission d'élaborer et de mettre en œuvre la politique du gouvernement dans les domaines se rapportant à l'industrie, aux industries agro-alimentaires, aux services connexes à l'industrie, à l'énergie, aux mines, à la coopération industrielle et à la sécurité industrielle, énergétique et minière.

7.2.2 Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz

La Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz (STEG) est une entreprise publique à caractère industriel et commercial créée en 1962 (loi n°62-8 du 3 avril 1962). Elle a la charge de la production, du transport et de la distribution de l'électricité et du gaz sur l'ensemble du territoire tunisien.

7.2.3 Agence Nationale pour la Maîtrise de l'Énergie – ANME

Créée par le décret-loi n°85-8 du 14 septembre 1985, l'ANME est chargée de mettre en œuvre la politique énergétique de l'État à travers la promotion de l'efficacité énergétique et le soutien aux énergies renouvelables.

L'ANME est sous la tutelle du Ministère de l'Énergie et des Mines (MEM). Cette Agence gère le Fonds de Transition Énergétique (FTE), qui octroie les subventions aux investissements destinés à promouvoir les énergies renouvelables et l'utilisation rationnelle de l'énergie.

7.2.4 FNME : Fonds national pour la maîtrise de l'énergie.

Le FNME a été créé par la loi n°2005-106 du 19 décembre 2005. Il s'agit d'un fonds spécial du Trésor destiné à promouvoir la politique de maîtrise de l'énergie, grâce un soutien financier, sous forme de subventions octroyées aux opérateurs économiques consentant des investissements d'actions de maîtrise de l'énergie. Ce soutien se focalise sur trois axes :

- L'efficacité énergétique
- Les énergies renouvelables
- La substitution énergétique.

7.2.5 Ministère de l'intérieur

Le gouverneur doté de l'autorité judiciaire, joue un rôle important dans la promotion et le développement du secteur de l'énergie renouvelable dans son territoire.

- Il coordonne entre les administrations intervenantes dans le secteur ;
- Il donne son aval pour les autorisations d'installation des centres de production de l'énergie renouvelables ;
- Il contribue à résoudre les problèmes et les obstacles devant le développement du secteur.

7.2.6 Ministère de l'Environnement

Il est chargé de proposer la politique générale nationale dans les domaines de la protection de l'environnement, de la sauvegarde de la nature, de la promotion de la qualité de la vie et de la mise en place des fondements du développement durable dans les politiques générales et sectorielles nationales, et de veiller à son exécution en coopération avec les ministères et les structures concernés. Il œuvre à promouvoir la législation relative à la protection de l'environnement.

7.2.7 Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE)

Elle est chargée de :

- Veiller à l'application des textes réglementaires relatifs à la protection de l'environnement y compris ceux relatifs à l'évaluation environnementale ;
- Examiner et statuer sur les rapports des EIES et les cahiers des charges et veiller au respect des recommandations y afférentes ;
- Contrôler les sources de pollutions et assurer le suivi de la qualité du milieu (eau, air, sol) ;
- Assurer le contrôle et le suivi des rejets polluants et les installations de traitement desdits rejets.

7.2.8 Agence Nationale de Gestion des Déchets (ANGED)

Cette agence est chargée notamment des missions suivantes :

- Participer à l'élaboration des programmes nationaux en matière de gestion des déchets ;
- Contribuer à aider et à consolider les regroupements ou les structures régionales que les collectivités locales créent dans le domaine de la gestion durable des ouvrages et des décharges contrôlées ;
- Assister techniquement les industriels dans les domaines de la gestion des déchets ;
- Gérer les systèmes publics de gestion des déchets dangereux (emballages plastiques, huiles lubrifiantes et filtres à huiles usagés, piles et batteries, etc.) ;
- Promouvoir les systèmes et les programmes de collecte, de recyclage et de valorisation des déchets.

7.2.9 ONG et Société civile

Le champ d'activité des associations de la société civile tunisienne embrasse un grand nombre de domaines d'intervention (culture, appui aux personnes handicapées, droits de l'Homme, santé, différents secteurs productifs et petites activités génératrices de revenus, protection de l'environnement, éducation et sensibilisation, etc.).

Beaucoup d'associations ont très peu de membres, des capacités d'action réduites, une vision très conjoncturelle de leur rôle mais il existe également des associations qui ont une vision claire et qui sont très actives dans plusieurs domaines, notamment la préservation de l'environnement et le développement durable.

7.3 Règlementation et normes adoptées par les bailleurs de fonds

7.3.1 KfW Development Bank

Les impacts environnementaux et sociaux ainsi que la durabilité des projets sont des principes clés pour l'activité de promotion et de développement de la KfW. Ainsi les projets seront analysés sur la base de six critères clés (**pertinence, cohérence, efficacité, efficience, impact global sur le développement et durabilité**) convenus par la communauté internationale des représentants dans le Comité d'aide au développement (CAD) de l'Organisation de Coopération Économique et Développement (OCDE).

De ce fait, les EIES font partie intégrante des évaluations des projets et des programmes réalisés par la KfW. L'objectif d'une EIES est d'obtenir les risques ou les impacts négatifs qu'un projet peut avoir sur l'environnement physique, biologique et social et de déterminer des mesures pour éviter, atténuer ou compenser ces effets indésirables.

Le respect des lois nationales pertinentes du pays bénéficiaire et des exigences d'évaluation de la KfW est une condition préalable à l'engagement financier de cette Banque de Développement.

La KfW applique des normes environnementales et sociales internationalement reconnues, notamment celles de l'UE, du Groupe de la Banque Mondiale, et de l'Organisation internationale du travail (OIT) et les standards IFC, comme donné sur le digramme ci-dessous.

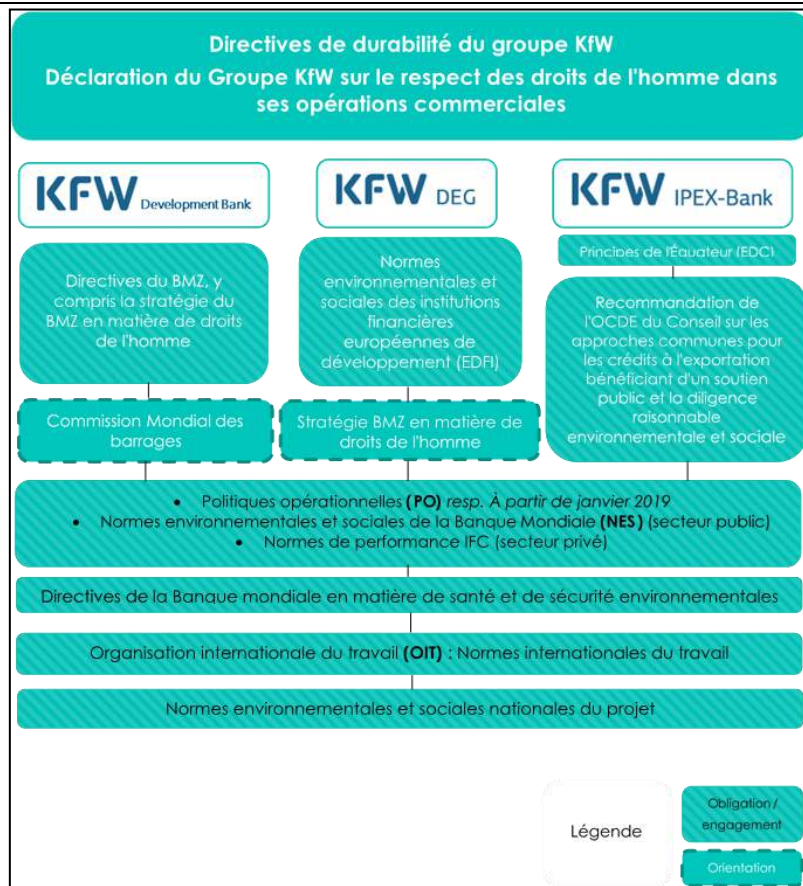


Figure 31 : Normes appliquées aux Études d'Impact Environnemental et Social (Site Officiel : KfW Development Bank)

De manière globale les bailleurs de fonds classent les projets en trois catégories : A, B et C selon le degré d'appréciation du risque associé. **À la suite de la réunion d'approbation du rapport final par la KfW et la STEG, du 09/07/21, la classification du projet, de repowering du parc éolien de Sidi Daoud, arrêté est la catégorie B+.**

7.3.2 Cadre Environnemental et Social de la Banque Mondiale

Le Cadre Environnemental et Social (CES) permet à la Banque mondiale et aux Emprunteurs de mieux gérer les risques environnementaux et sociaux des projets afin d'attendre les meilleurs résultats au point de vue du développement. Ce cadre est entré en vigueur le 1^{er} octobre 2018. Ce CES traite des risques environnementaux et sociaux d'une manière approfondie et systématique. Il marque une grande évolution dans la façon dont sont abordées des questions comme la transparence, l'efficacité, l'efficience, la non-discrimination, la participation du public et l'éthique de responsabilité (examen des plaintes notamment). Il harmonise de plus les mécanismes de protection environnementale et sociale de la Banque mondiale avec ceux des autres institutions de développement.

Le CES comprend :

- ✓ La vision du développement durable de la Banque Mondiale ;
- ✓ Politique environnementale et sociale de la BM relative au financement de projets d'investissement (IPF), qui énonce les exigences de la banque ;
- ✓ Les normes environnementales et sociales NES), qui énoncent les obligations des Emprunteurs.

L'investissement dans les grands projets comme le présent doit se garantir la protection des personnes et de l'environnement contre les impacts négatifs potentiels. Le cadre précédent permet d'identifier, d'éviter et de minimiser les dommages causés aux populations et à l'environnement. Les gouvernements emprunteurs doivent donc traiter de certains risques environnementaux et sociaux avant solliciter un financement de la Banque mondiale de tout projet d'investissement.

Politiques de sauvegarde

Il s'agit des politiques environnementales et sociales (PES) actuelles de la Banque mondiale, mécanisme qui permet de traiter les problèmes environnementaux et sociaux dans la conception, la mise en œuvre et l'exploitation des projets, et qui fixe un cadre pour consulter les communautés et leur communiquer des informations.

Cadre environnemental et social

Au mois d'août 2016, la Banque mondiale a adopté de nouvelles politiques environnementales et sociales appelées "Cadre Environnemental et Social (CES)". À partir du 1^{er} octobre 2018, le CES s'applique à tous les nouveaux financements de projets d'investissement. Cependant, les projets qui sont en cours continueront d'appliquer les Politiques de sauvegarde, si bien que les deux mécanismes coexisteront pendant environ sept ans.

Normes environnementales et sociales et obligations de l'Emprunteur

Les informations suivantes éclairent les Normes Environnementales et Sociales et les Procédures de la Banque Mondiale qui sont conçues pour protéger l'environnement et les populations des impacts négatifs potentiels des projets, plans, programmes et politiques des pays sollicitant des prêts. Ces normes sont comme suit :

- **NES n°1 : Évaluation et gestion des risques et effets environnementaux et sociaux** : Elle énonce les responsabilités de l'Emprunteur pour évaluer, gérer et surveiller les risques et les impacts environnementaux et sociaux associés à chaque étape d'un projet financé par la Banque, afin d'atteindre des résultats environnementaux et sociaux compatibles avec les NES.
- **NES n°2 : Emploi et conditions de travail** : Elle reconnaît l'importance de la création d'emplois et la génération de revenus pour réduire la pauvreté et renforcer la croissance économique inclusive. Les Emprunteurs peuvent promouvoir des relations constructives entre les travailleurs d'un projet et la coordination/gestionnaire, et renforcer les bénéfices du développement d'un projet en traitant les travailleurs de manière équitable et en garantissant des conditions de travail sûres et saines.
- **NES n°3 : Utilisation rationnelle des ressources et prévention et gestion de la pollution** : Elle reconnaît que l'activité économique et l'urbanisation génèrent souvent une augmentation des niveaux de pollution de l'air, de l'eau et du sol, et consomment des ressources limitées d'une manière qui peut menacer les populations, les services des écosystèmes et l'environnement aux niveaux local, régional et mondial. Cette NES décrit les exigences nécessaires pour traiter l'utilisation rationnelle des ressources, et la prévention et la gestion de la pollution tout au long du cycle de vie d'un projet.
- **NES n°4 ; Santé et sécurité des populations** : Elle traite des risques et des impacts sur la sécurité, la sûreté et la santé des communautés affectées par le projet, et de la responsabilité respective des Emprunteurs de réduire ou atténuer ces risques et ces impacts, en portant une attention particulière aux groupes qui, en raison de leur situation particulière, peuvent être vulnérables.
- **NES n°5 : Acquisition des terres, restrictions à l'utilisation des terres et réinstallation forcée** : Elle a pour principe de base d'éviter la réinstallation involontaire. Lorsque la réinstallation involontaire est inévitable, elle doit être limitée, et des mesures appropriées pour minimiser les impacts négatifs sur les personnes déplacées (et les communautés hôtes qui accueillent les personnes déplacées), doivent être soigneusement planifiées et mises en œuvre.
- **NES n°6 : Préservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles biologiques** : Elle reconnaît que la protection et la conservation de la biodiversité, et la gestion durable des ressources naturelles vivantes, revêtent une importance capitale pour le développement durable. Elle reconnaît également l'importance de la conservation des fonctions écologiques clés des habitats, notamment les forêts, et la biodiversité qu'ils abritent. Elle se penche également sur la gestion durable de la production primaire et de l'exploitation des ressources naturelles, et reconnaît la nécessité d'examiner les moyens de subsistance des parties affectées par le projet, y compris les peuples autochtones, dont l'accès ou l'utilisation de la biodiversité ou des ressources naturelles vivantes peuvent être affectés par un projet.
- **NES n°7 : Peuples autochtones/Communautés locales traditionnelles d'Afrique. subsaharienne historiquement défavorisées** : Elle veille à que le processus de développement favorise le plein respect des droits humains, de la dignité, des aspirations, de l'identité, de la culture et des moyens de subsistance fondés

sur des ressources naturelles des Peuples autochtones /Communautés locales traditionnelles d'Afrique subsaharienne historiquement défavorisées.

- **NES n°8 : Patrimoine culturel** : Elle reconnaît que le patrimoine culturel offre une continuité des formes matérielles et immatérielles entre le passé, le présent et le futur. Cette NES fixe les mesures conçues pour protéger le patrimoine culturel tout au long de la durée de vie d'un projet.
- **NES n°9 : Intermédiaires financiers (IF)** : Elle reconnaît que la solidité des marchés intérieurs financiers et de capitaux et l'accès au financement sont des facteurs importants pour le développement économique, la croissance et la réduction de la pauvreté. Les IF sont tenus de surveiller et de gérer les risques et les impacts environnementaux et sociaux de leurs portefeuilles et les sous-projets de l'IF, et de surveiller le risque du portefeuille en fonction de la nature du financement convoyé/géré.
- **NES n°10 : Mobilisation des parties prenantes et information** : Elle reconnaît l'importance de la consultation ouverte et transparente entre l'Emprunteur et les parties prenantes d'un projet, comme un élément essentiel de bonne pratique internationale. La consultation efficace des parties prenantes peut améliorer la durabilité environnementale et sociale des projets, améliorer l'acceptation des projets, et contribuer de manière significative à la conception et la mise en œuvre réussie des projets.

Importance de la Norme Environnementale et Sociale n°10 "Mobilisation des parties prenantes et information"

Cette norme reconnaît l'importance de la consultation ouverte et transparente entre l'emprunteur et les parties prenantes d'un projet, comme un élément essentiel de bonne pratique internationale. La consultation efficace des parties prenantes peut améliorer la durabilité environnementale et sociale des projets, améliorer l'acceptation des projets, et contribuer de manière significative à la conception et la mise en œuvre réussie des projets.

- Les principales exigences de Banque Mondiale sont les suivantes : La réinstallation involontaire doit autant que possible être évitée ou minimisée, en envisageant des variantes dans la conception du Projet.
- Lorsqu'il est impossible d'éviter la réinstallation, les actions de réinstallation doivent être conçues et mises en œuvre pour que les personnes affectées par le Projet (PAP)
- Que les personnes affectées puissent profiter des avantages du Projet.
- Les PAP doivent être consultées et doivent participer à la planification et à l'exécution des programmes de réinstallation.
- Les PAP doivent bénéficier d'une indemnisation rapide et effective au coût de remplacement intégral, pour les biens perdus du fait du Projet
- Les PAP doivent être assistées dans leurs efforts pour améliorer leur niveau de vie ou au moins pour le restaurer à son niveau d'avant le déplacement.

Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires

Les Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (Directives EHS) sont des documents de références techniques qui présentent des exemples de bonnes pratiques internationales, de portée générale ou concernant une branche d'activité particulière, particulièrement les directives EHS qui concernent directement le projet, dont les directives relatives au à l'Energie Éolienne (lignes directrices sur l'environnement, la santé et la sécurité pour l'énergie éolienne).

Déclenchement des normes environnementales et sociales de la Banque Mondiale

Outre la catégorisation du projet (catégorie B+ engendrant des impacts négatifs potentiels) et l'identification du type d'évaluation environnementale à conduire, l'examen environnemental préalable doit aussi permettre d'identifier les normes environnementales et sociales de la Banque Mondiale déclenchées par le projet. Tel que mentionné précédemment, les normes environnementales et sociales de la Banque Mondiale qui pourront être déclenchées par le présent projet pour que le financement soit autorisé sont les suivantes.

Tableau 25 : Normes environnementales et sociales de la Banque Mondiale pouvant être déclenchées par le Projet.

Norme	Motif environnemental et social	Non	Oui
NES 1	Évaluation et gestion des risques et effets environnementaux et sociaux		x
NES 2	Emploi et conditions de travail		x
NES 3	Utilisation rationnelle des ressources et prévention et gestion de la pollution		x
NES 4	Santé et sécurité des populations		x
NES 5	Acquisition des terres, restrictions à l'utilisation des terres et réinstallation forcée		x
NES 6	Préservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles biologiques		x
NES 7	Peuples autochtones/Communautés locales traditionnelles d'Afrique. subsaharienne historiquement défavorisées	x	
NES 8	Patrimoine culturel		x
NES 9	Intermédiaires financiers	x	
NES 10	Mobilisation des parties prenantes et information		x

Analyse des Normes environnementales et sociales NES de la Banque mondiale et la législation nationale

Toutes les normes de NES 1 à NES 10 de cette banque peuvent être déclenchées par le projet, à l'exclusion des NES 7, et 9 qui ne s'appliquent pas. Les normes concernant le projet sont données dans le tableau suivant pour rappel, avec des résumés de leurs objectifs. Chaque norme est comparée à la législation tunisienne similaire, correspondante, en mentionnant dans la dernière colonne les lacunes juridiques qui restent à combler pour que cette législation puisse se conformer au mieux aux normes environnementales et sociales et Guides y afférents appliqués par la KfW (Groupe de la Banque Mondiale).

Norme	Objectifs	Analyse des écarts	Mesures et actions
NES 1 Évaluation et gestion des risques et effets environnementaux et sociaux	- Déterminer, évaluer et gérer les risques et effets environnementaux et sociaux du projet d'une manière compatible avec les NES. - Adopter une approche de hiérarchie d'atténuation consistant à : a) anticiper et éviter les risques et les effets. b) lorsqu'il n'est pas possible de les éviter, minimiser ou réduire les risques et les effets à des niveaux acceptables. c) une fois que les risques et les effets ont été minimisés ou réduits, les atténuer. d) lorsque les effets résiduels sont importants, les compenser ou les neutraliser dans la mesure où cela est techniquement et financièrement faisable. - Adopter des mesures différenciées de sorte que les effets néfastes ne touchent pas de façon disproportionnée les personnes défavorisées ou vulnérables, et que celles-ci ne soient pas lésées dans le partage des avantages et opportunités de développement qu'offre le projet. - Utiliser, chaque fois qu'il convient, les institutions, lois, procédures, réglementations et systèmes nationaux en matière environnementale et sociale pour l'évaluation, la préparation et la mise en œuvre des projets. - Promouvoir l'amélioration des performances environnementales et sociales d'une manière qui prend en compte et renforce les capacités de l'Emprunteur.	- La composante sociale n'y étant pas prise en considération dans le décret n° 2005-1991 relatif à l'EIE - Absence du mécanisme de gestion des plaintes - Système de suivi et de surveillance environnemental, et application du PGES faibles - Processus de consultation du public et des PAP et leur participation à la prise décision, faibles. - Le caractère limité décret n°2005- 1991 du 11 juillet 2005 qui n'est plus d'actualité pour des EIE dont le PGE et le PS manquent de suivi et d'évaluation notamment pour les mesures d'atténuation/bonification préconisées dans l'EIE	- La composante sociale a été traitée dans le cadre de ce projet, - Un PGES a été établi en détaillant les différentes mesures environnementales et sociales durant toutes les phases du projet, - Un système de suivi et de surveillance a été traité dans le cadre de ce projet, - Un mécanisme de gestion des plaintes a été mis en œuvre, - Un Plan de consultation publique et de divulgation de l'information ont été traités, - Un plan de participation des parties prenantes a été défini.
NES 2 Emploi et conditions de travail	- Promouvoir la sécurité et la santé au travail. - Encourager le traitement équitable, la non-discrimination et l'égalité des chances pour les travailleurs du projet. - Protéger les travailleurs du projet, notamment ceux qui sont vulnérables tels que les femmes, les personnes handicapées, les enfants, etc. - Empêcher le recours à toute forme de travail forcé et au travail des enfants. - Soutenir les principes de liberté d'association et de conventions collectives des travailleurs du projet en accord avec le droit national. - Fournir aux travailleurs du projet les moyens d'évoquer les problèmes qui se posent sur leur lieu de travail.	Pas de lacunes	Des mesures relatives à l'emploi et les conditions de travail ont été établies dans le cadre de cette étude durant les différentes phases du projet.

Norme	Objectifs	Analyse des écarts	Mesures et actions
NES 3 Utilisation rationnelle des ressources et prévention et gestion de la pollution	- Promouvoir l'utilisation durable des ressources, notamment l'énergie, l'eau et les matières premières. - Éviter ou minimiser les impacts négatifs du projet sur la santé humaine et l'environnement en évitant ou en minimisant la pollution provenant des activités du projet. - Éviter ou minimiser les émissions de polluants atmosphériques à courte et longue durée de vie liées au projet. - Éviter ou minimiser la production de déchets dangereux et non dangereux.	Pas de lacunes	Des mesures relatives à l'utilisation rationnelle des ressources et prévention et gestion de la pollution ont été proposées dans le cadre de cette étude.
NES 4 Santé et sécurité des populations	- Anticiper ou éviter les impacts néfastes sur la santé et la sécurité des populations touchées par le projet tout au long de celui-ci, que ce soit en temps normal ou dans des circonstances exceptionnelles. - Encourager la prise en compte de considérations de qualité et de sécurité, et des questions de changement climatique dans la conception et la construction des infrastructures, y compris de barrages. - Éviter ou minimiser l'exposition de la communauté aux risques liés à la circulation dans le cadre du projet et à la sécurité routière, aux maladies et aux matières dangereuses. - Mettre en place des mesures efficaces pour faire face aux situations d'urgence. - Veiller à ce que la protection du personnel et des biens permette d'éviter ou de minimiser les risques pour les communautés touchées par le projet.	Pas de lacunes	Des mesures relatives à la santé et sécurité des populations ont été établies dans le cadre de ce projet.
NES 5 Acquisition de terres, restrictions à l'utilisation de terres et réinstallation involontaire	- Éviter la réinstallation involontaire ou, lorsqu'elle est inévitable, la minimiser en envisageant des solutions de rechange lors de la conception du projet. - Éviter l'expulsion forcée. Atténuer les effets sociaux et économiques néfastes de l'acquisition de terres ou des restrictions à l'utilisation qui en est faite, grâce aux mesures ci-après : a) assurer une indemnisation rapide au coût de remplacement des personnes spoliées de leurs biens, et b) aider les personnes déplacées à améliorer, ou au moins rétablir en termes réels, leurs moyens de subsistance et leur niveau de vie	Deux décrets encadrent le droit de servitude, de passage et d'occupation des terrains par les lignes électriques : ▪ Décret du 12 octobre 1887 relatif à l'établissement, à l'entretien et à l'exploitation des lignes télégraphiques et téléphoniques ; ▪ Décret du 30 mai 1922, relatif à l'établissement, à l'entretien et à l'exploitation des lignes de transport électrique.	Des mesures relatives à l'acquisition de terres, restrictions à l'utilisation de terres et réinstallation involontaire sont traitées dans le cadre de cette étude. • L'absence de toute évaluation des impacts sociaux. A ce sujet, le décret EIE est en cours de révision et devrait intégrer l'enquête sociale, les impacts sociaux et les mesures de compensation notamment lorsque les activités du projet conduisent à des atteintes des biens et des personnes. • En attendant la parution de textes réglementaires palliant ce type de lacune, il est nécessaire d'apporter les solutions nécessaires dans le cadre du projet, pour les coûts de

Norme	Objectifs	Analyse des écarts	Mesures et actions
	d'avant leur déplacement ou celui d'avant le démarrage de la mise en œuvre du projet, l'option la plus avantageuse étant à retenir. - Améliorer les conditions de vie des personnes pauvres ou vulnérables qui sont déplacées physiquement en leur garantissant un logement adéquat, l'accès aux services et aux équipements, et le maintien dans les lieux. - Concevoir et mettre en œuvre les activités de la réinstallation involontaire comme un programme de développement durable, en fournissant suffisamment de ressources d'investissement pour permettre aux personnes déplacées de tirer directement parti du projet, selon la nature de celui-ci. - Veiller à ce que l'information soit bien disséminée, que de réelles consultations aient lieu, et que les personnes touchées participent de manière éclairée à la planification et la mise en œuvre des activités de réinstallation	1. Ces deux décrets autorisent les projets de lignes électriques de traverser des terrains privés agricoles ou utilisés à d'autres fins productives, sans avoir le besoin de procéder par une acquisition foncière. 2. Des compensations doivent alors être versées pour les exploitants de ces terrains qu'ils en soient propriétaires ou non (informels). 3. Le passage d'une ligne électrique est proscrit à travers toute propriété clôturée et en surplomb de bâtiments existants. Ceci proscrit en conséquence les impacts qu'un projet de ligne pourrait avoir sur le déplacement physique des personnes. 4. Dans ce cadre spécifique du droit de servitude, la STEG doit conclure avant le début des travaux, des accords d'occupation temporaire avec les occupants des terrains (propriétaires et/ou exploitants agricoles), même si l'occupation sera en fait d'une durée beaucoup plus longue. 5. Ce sont ces accords qui donnent lieu au versement de compensations, le plus souvent à l'amiable, lorsque des dégâts sont occasionnés sur les cultures. La STEG ne procède à une expropriation et déplacement physique (loi 2016-53) que dans des cas extrêmes d'opposition des propriétaires formels ou informels.	compensation et l'indemnisation des utilisateurs informels. dans le cas précis de la loi 2016-53 (application rare dans le cas de la STEG). En effet, cette loi ne prévoit pas des paiements d'indemnisations, pour les occupants informels. Pour le reste, dès le moment que la STEG applique les deux décrets indiqués (1887, 1922) indemnise le droit de servitude, l'occupation temporaire des terrains, la perte de biens, etc., avant même le début des travaux, généralement par l'entente amiable.
NES 6 Préservation de la biodiversité et gestion durable des ressources naturelles biologiques	- Protéger et préserver la biodiversité et les habitats. - Appliquer l'approche de la hiérarchie d'atténuation et le principe de précaution dans la conception et la mise en œuvre de projets susceptibles d'avoir un impact sur la biodiversité. - Promouvoir la gestion durable des ressources naturelles biologiques. - Développer les moyens de subsistance des communautés locales, notamment des peuples autochtones, et assurer un développement économique solidaire par l'adoption de pratiques qui intègrent les	Pas de lacunes	Des mesures relatives à la biodiversité ont été établies dans le cadre de ce projet.

Norme	Objectifs	Analyse des écarts	Mesures et actions
	besoins de conservation et les priorités en matière de développement.		
NES 8 Patrimoine culturel	- Protéger le patrimoine culturel des impacts négatifs des activités du projet et en soutenir la préservation. - Considérer le patrimoine culturel comme un aspect à part entière du développement durable. - Encourager l'organisation de consultations approfondies avec les parties prenantes au sujet du patrimoine culturel. - Promouvoir le partage équitable des avantages découlant de l'utilisation du patrimoine culturel.	Pas de lacunes	Des mesures relatives au patrimoine culturel ont été établies dans le cadre de ce projet.
NES 10 Mobilisation des parties prenantes et information	- Établir une approche systématique de mobilisation des parties prenantes qui permettra aux Emprunteurs de bien identifier ces dernières et de nouer et maintenir avec elles, en particulier les parties touchées par le projet, une relation constructive. - Évaluer le niveau d'intérêt et d'adhésion des parties prenantes et permettre que leurs opinions soient prises en compte dans la conception du projet et sa performance environnementale et sociale. - Encourager la mobilisation effective de toutes les parties touchées par le projet pendant toute sa durée de vie sur les questions qui pourraient éventuellement avoir une incidence sur elles et fournir les moyens d'y parvenir. - S'assurer que les parties prenantes reçoivent en temps voulu et de manière compréhensible, accessible et appropriée l'information relative aux risques et effets environnementaux et sociaux du projet.	• La consultation du public et des personnes affectées et leur participation au processus de prise de décision, malgré de nombreux textes législatifs récents, ne se conforme aux normes de la Banque Mondiale. • La diffusion des documents de l'évaluation environnementale (EIES complète, son résumé non technique et son PGES ne garantit pas l'accès du public à l'information, processus qui demeure assujéti à des lois assez rigides. • L'EIE et son PGES ne débouchent pas sur un PEPP, un PAR (ou PIR), un PHSE, un MGP, etc. Il ressort que tous les textes réglementaires sur l'EIE en Tunisie et études connexes (sismique, inondation, paysage, hydrogéologique, sonorité, santé, danger, etc.), doivent être totalement refondus.	- Les responsabilités et les obligations des parties prenantes sont identifiées dans le cadre d'études EIES, - L'information et la communication sont traitées. Ces écarts ou différences entre les NES de la Banque Mondiale et la législation en vigueur en Tunisie ne peuvent pas être comblés sans recourir à une modification des lois et réglementations de ce pays. La législation nationale sur l'EIE n'exige pas de consultations publiques, de diffusion d'information, d'établissement d'un mécanisme de règlement des griefs, d'analyse des répercussions sociales, de prise en considération de la santé et de la sécurité du citoyen, de conséquences paysagères, etc. Or l'article 45 de la Constitution 2014 repris dans la nouvelle constitution, stipule le droit du citoyen à "un environnement sain et équilibré". Le décret 1991-2005 du 11 juillet 2005 relatif à l'EIE est en cours de révision avec le soutien de la Banque Mondiale afin de combler ces lacunes et d'encadrer le système national d'EIE dans les dispositions de la nouvelle Constitution et du Projet de Code de l'Environnement en cours d'élaboration. Dans le cas du présent projet et pour répondre aux exigences du bailleur de fonds, la STEG doit s'engager pour la réduction des impacts et compensations pour les atteintes de bruit et d'ombrage notamment. Aussi, dans les cas rares d'opposition des citoyens à l'occupation, la norme NES 5 doit être appliquée en plus des dispositions de la loi 2016-53, surtout pour

Norme	Objectifs	Analyse des écarts	Mesures et actions
			compenser le déplacement involontaire des occupants formels et informels dans le cadre de l'action d'Acquisition au Profit de Projet (CAPP..

8 ANALYSE DE L'ÉTAT INITIAL DU SITE ET SON ENVIRONNEMENT PHYSIQUE ET NATUREL

8.1 Délimitation des aires de l'étude

L'analyse de l'état initial de l'environnement doit être réalisée à une échelle pertinente. Dans le cas précis d'un projet de parc éolien, différents niveaux d'impacts sont donc distingués. En effet, d'après tous les guides d'étude d'impact environnemental et social de ce type de parc, quatre aires d'impact sont définies :

Aire d'étude immédiate : elle est choisie large d'environ 500m aux alentours des installations d'éoliennes dans l'esprit d'optimisation du projet ;

Aire d'étude rapprochée : Elle est large de 500m environ, mais peut s'étendre jusqu'à 3 km autour des installations dépendant du degré d'occupation des lieux où les impacts environnementaux et sociaux peuvent se faire ressentir ;

Aire d'étude intermédiaire : large de 3 à 10 km autour du projet avec des impacts notamment paysagers ;

Aire d'étude éloignée : large de 10 à 20 km, elle délimite les impacts paysagers potentiels (visibilité) et peut surtout affecter la migration des oiseaux.

Les limites de ces aires d'étude dépendent de la morphologie des terrains, leurs paysages, leurs sensibilités, leur occupation, et leurs vocations et statuts réglementaires (zones protégées, sites RAMSAR, parcs nationaux, etc.).

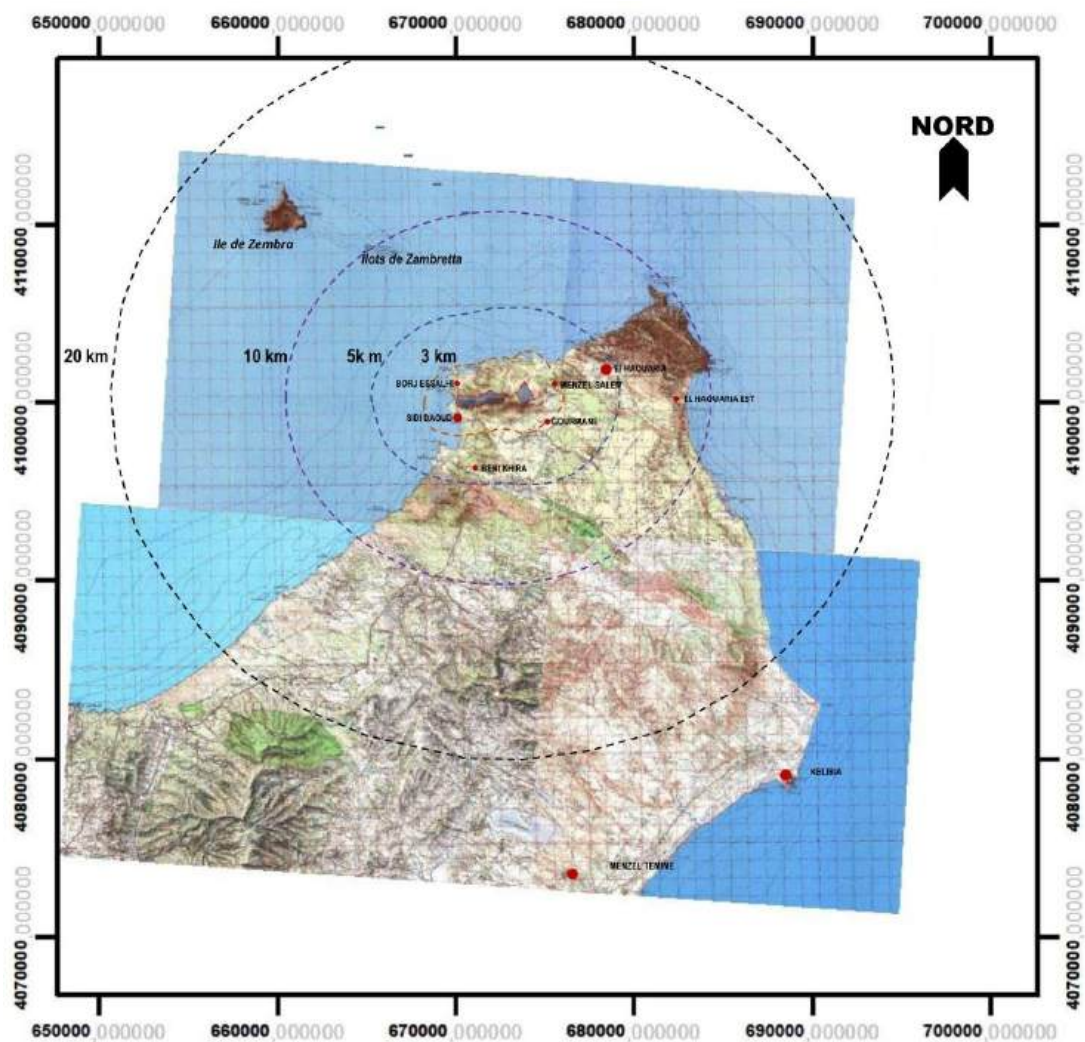


Figure 32 : Délimitation des aires d'étude du projet

8.1.1 Aire d'étude immédiate

L'aire immédiate couvre essentiellement l'emprise du projet dans les limites de laquelle s'effectue l'analyse de l'impact de la pré-construction et de la construction proprement dite (éoliennes, plateformes de montage, accès, équipements, et utilitaires connexes).

8.1.2 Aire d'étude rapprochée

Cette aire qui s'étend jusqu'à 500m, mais elle peut s'étendre jusqu'à 3 km. Cette aire peut inclure les habitations, infrastructures et aménagements riverains les plus proches. C'est là où l'impact du bruit mais aussi l'ombrage intermittent engendré par la rotation des pales d'éoliennes se font le plus ressentir. C'est dans cette aire que l'étude acoustique et l'étude stroboscopique doivent être menées dans les règles de l'art afin de mieux évaluer les impacts acoustiques et stroboscopiques par référence à l'état initial.

8.1.3 Aire d'étude intermédiaire

Elle correspond au modelage des zones paysagères, leur occupation et leur sensibilité, ce qui peut conduire à une meilleure définition et une meilleure configuration des installations et des aménagements. Ceci peut aussi réduire en amont les impacts du projet. La délimitation de cette aire repose notamment sur la localisation des lieux de vie des riverains et leurs modes de fréquentation de lieux pouvant être affectés ou dérangés par la visibilité d'installations exceptionnelles que sont les éoliennes.

8.1.4 Aire d'étude éloignée

L'aire éloignée délimite les impacts potentiels du projet dans un périmètre allant au-delà de la zone aménagée. Elle circonscrit les impacts sur le paysage et notamment sur l'avifaune migratrice dans un espace qui s'étend au plus loin de la zone d'implantation physique du parc éolien. Dans cette aire, il existe une tendance à la perception d'une corrélation (un lien) entre la hauteur totale (200 à 270m amsl ; top de mât, top de pale) et l'encombrement du paysage et de l'horizon de vue par une dynamique rotationnelle et intermittente d'objets exceptionnels, forts en nombre, hissés encore plus haut que le modelé global des reliefs. Ceci peut attirer le regard, détourner l'attention, et risque de s'interposer devant l'admiration d'un paysage de montagnes et collines à la mer de mémoire et initialement pittoresque.

Ce périmètre ne peut cependant être proposé qu'à priori, en mer et sur terre, en tenant compte des points de visibilité potentiels les plus éloignés, ce qui n'exclut pas que le parc soit visible en des points d'observation bien au-delà, jusqu'à 20 km, voire plus par des temps calmes et dégagés. La perception d'objets qui se meuvent de manière totalement désolidarisée d'un complexe paysager fixe (terre et mer), s'accroît sous des conditions de forte luminosité et météorologiquement clémentes, dépendant globalement des variations du secteur du vent et donc de l'orientation du mouvement des pales.

L'analyse des impacts environnementaux et sociaux est conduite selon des critères, parfois à priori, dans le cadre de l'un ou de plusieurs de ces périmètres au cas nécessaire. Ainsi, l'insertion du projet dans son cadre naturel et humain, est analysée et appréciée à l'échelle de l'articulation des composantes du paysage, selon une perception d'ensemble de proximité.

8.2 Milieu physique

8.2.1 Reliefs et morphologie

La péninsule du Cap Bon, le *pulchri promontorium* (beau promontoire) des temps romains, correspond géographiquement à une région littorale du Nord-Est de la Tunisie, caractérisée par ses traits physiques typiquement méditerranéens. Cette péninsule entité s'individualise en une presqu'île entourée au Nord et au Nord-Ouest par le golfe de Tunis, et au Sud et à l'Est, par le golfe d'Hammamet. Elle couvre 2822 km², soit 1.8 % de la superficie du pays.

La plaine d'effondrement quaternaire de Grombalia située à l'Ouest, sépare cette péninsule du reste de la dorsale et de la Tunisie Atlasiques. Le Jebel Sidi Abderrahmane occupe la zone centrale, aux versants dissymétriques séparés en extrados de plis, par une large combe, et dont la crête occidentale culmine à 637 m au Kef-er-Rand.

Au Sud-Ouest, la plaine de Grombalia en effondrement se prolonge au Nord-Est par la synclinal de Takelsa et ses reliefs collinaires limitrophes. À l'Est, s'étendent des plaines basses de Beni Khiar jusqu'à Kélibia, séparées de la côte par un cordon littoral, isolant un chapelet de sebkhas.

Au Nord, la plaine littorale orientale et les reliefs précédents se prolongent par la plaine d'El Haouaria et la forêt de Dar Chichou montrant des chaînons de collines. Cette plaine se situe dans le fossé de Tazaghrene effondré depuis le Miocène moyen et engendré par un couloir de failles en WNW-ESE, enracinées dans le socle. Cette dépression constitue un réceptacle pour les dépôts quaternaire et éoliens dunaires récents.

En bordure Ouest de la péninsule, la côte à versants abrupts, présente des falaises verticales et des rivages rocheux entre lesquels s'intercalent quelques plages plus ou moins étendues localisées aux débouchés des principaux oueds (El Abid, El Mgaiz).

Le site du projet (tranches A et B) occupe les replats au dos d'un chaînon de collines orienté en Est-Ouest qui culmine à 104 m à l'Est d'une colline désignée Jebel Ghourmene (carte topo. 1/50.000, n°8, Sidi Daoud n°). Ce chaînon est délimité au Nord par une faille Est-Ouest formant la bordure Nord du fossé de Tazaghrene. Il s'agirait ainsi d'une structure de plis-contre-faille.

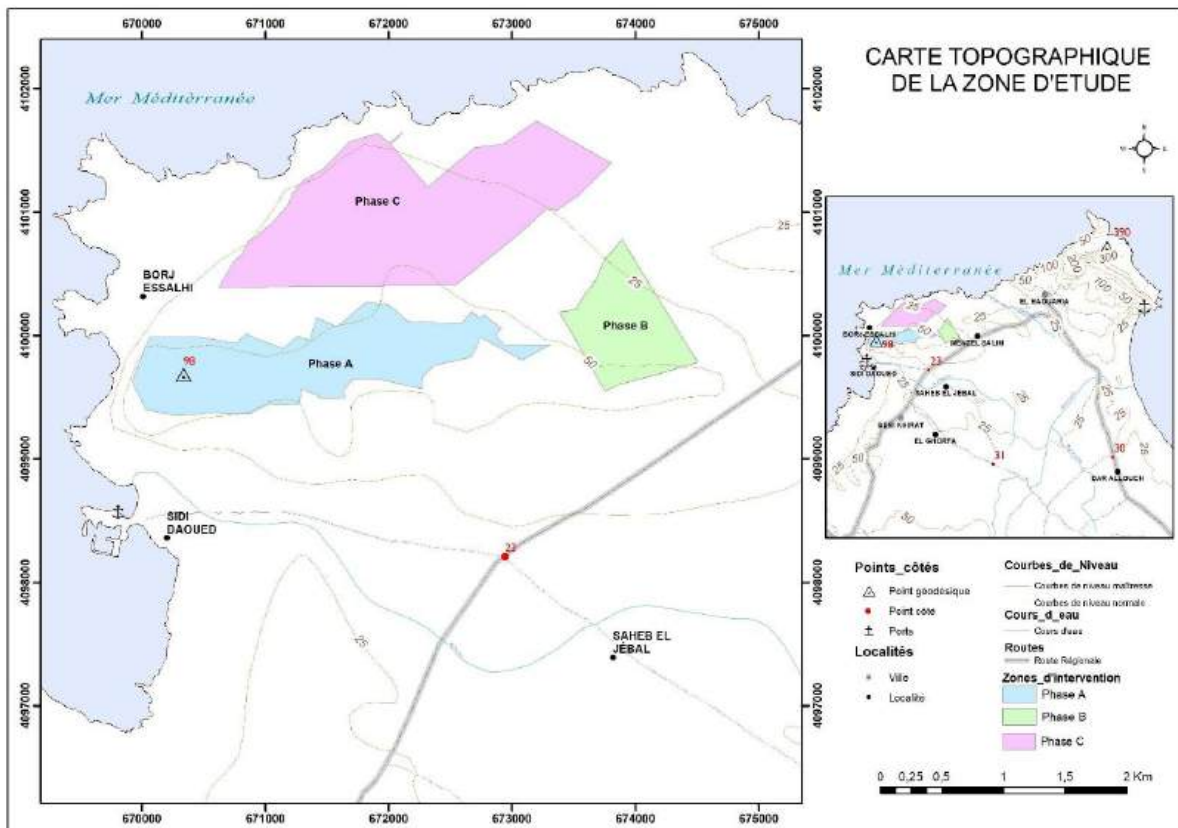


Figure 33 : Projection des aires d'emprise du projet sur la carte topographique de la région.

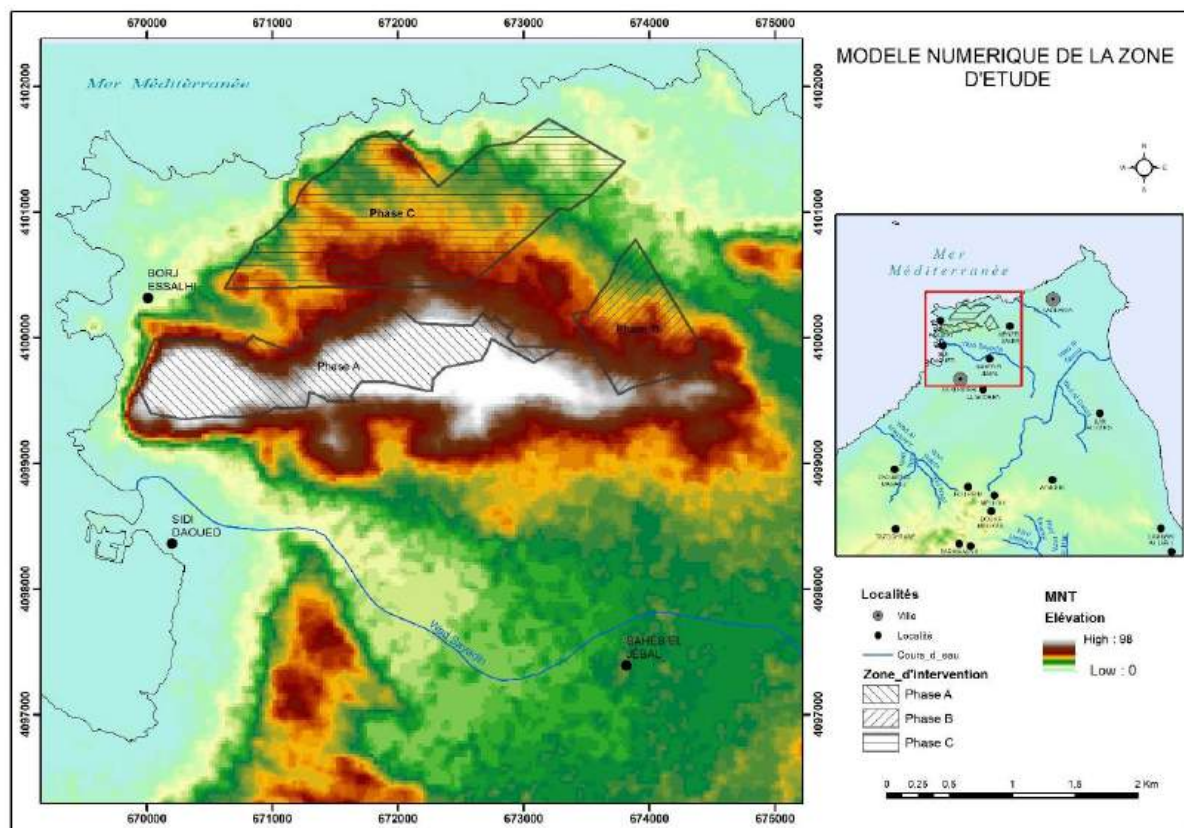


Figure 34 : Projection des aires d'emprise du projet sur la carte MNT.

8.2.2 Géologie

La péninsule du Cap Bon constitue le prolongement au NE des terrains Atlasiques de Tunisie, mais elle est séparée de l'Atlas par le fossé de Grombalia. L'assemblage des cartes géologiques au 1/50.000ème de la région montre que les terrains affleurant sont attribués à l'Éocène ; l'Oligocène et le Miocène au piémont du Jebel Sidi Abderrahmane, le Pliocène et le Quaternaire recouvrent les zones proches de la mer Méditerranée, et le fossé d'effondrement de Tazaghane dans la zone du projet.

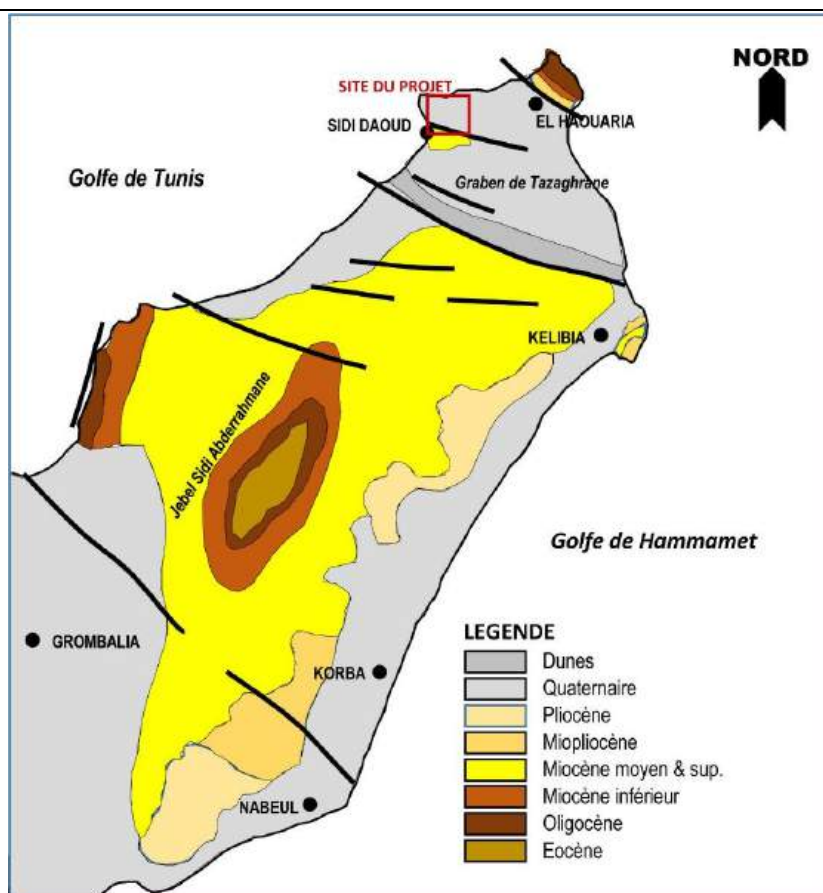


Figure 35 : Carte géologique simplifiée de la péninsule du Cap Bon (Extrait de la carte géologique au 1/500.000 de la Tunisie ; Service Géologique de la Tunisie).

Sur le plan structural, le Cap Bon est occupé par des structures anticlinales, généralement orientées SW-NE, qui sont séparées par de vastes structures synclinales de même direction. Ces structures sont orthogonalement coupées au Sud-Ouest par le fossé de Grombalia et au Nord-Est, par le fossé de Tazaghra.

Des failles majeures affectant les séries sédimentaires. Au cours du Tertiaire, la péninsule du Cap Bon était soumise à une suite d'événements qui ont abouti à la structuration de l'essentiel de son paysage actuel. Au cours de l'Oligocène-Aquitainien, la région se trouvait sous un régime distensif qui va guider par la suite, la répartition des différents termes transgressifs du Langhien inf.-Burdigalien (formation Ain Ghrab). Ainsi, l'épisode transgressif précoce du Langhien inférieur, serait ressenti au niveau de la côte orientale du Cap Bon (domaine relativement bas).

Les zones élevées (Jebel Sidi Abderrahmane) sont formées après la transgression généralisée du Langhien supérieur (Miocène moyen : -15 Ma B.P.). Certaines structures sédimentaires témoignent d'une instabilité relative de tout le plancher de la région engendrées par des failles décrochantes. Au Miocène supérieur (Tortonien-Messinien), la région a été soumise à la phase de compression Atlasique donnant naissance aux grandes structures plissées orientées SW-NE et dont la terminaison nord orientale est généralement déviée vers l'Est à la suite de mouvements rotationnels. Les fossés d'effondrement de Grombalia et de Tazaghra (El Haouaria) enracinés dans le socle, ont continué leur ouverture depuis au moins l'Éocène supérieur.

Les éoliennes du projet se situent sur un chaînon de collines dirigé en Est-Ouest, délimité au Nord par une faille majeure qui suit la direction du fossé de Tazaghra et qui en souligne la limite Nord.

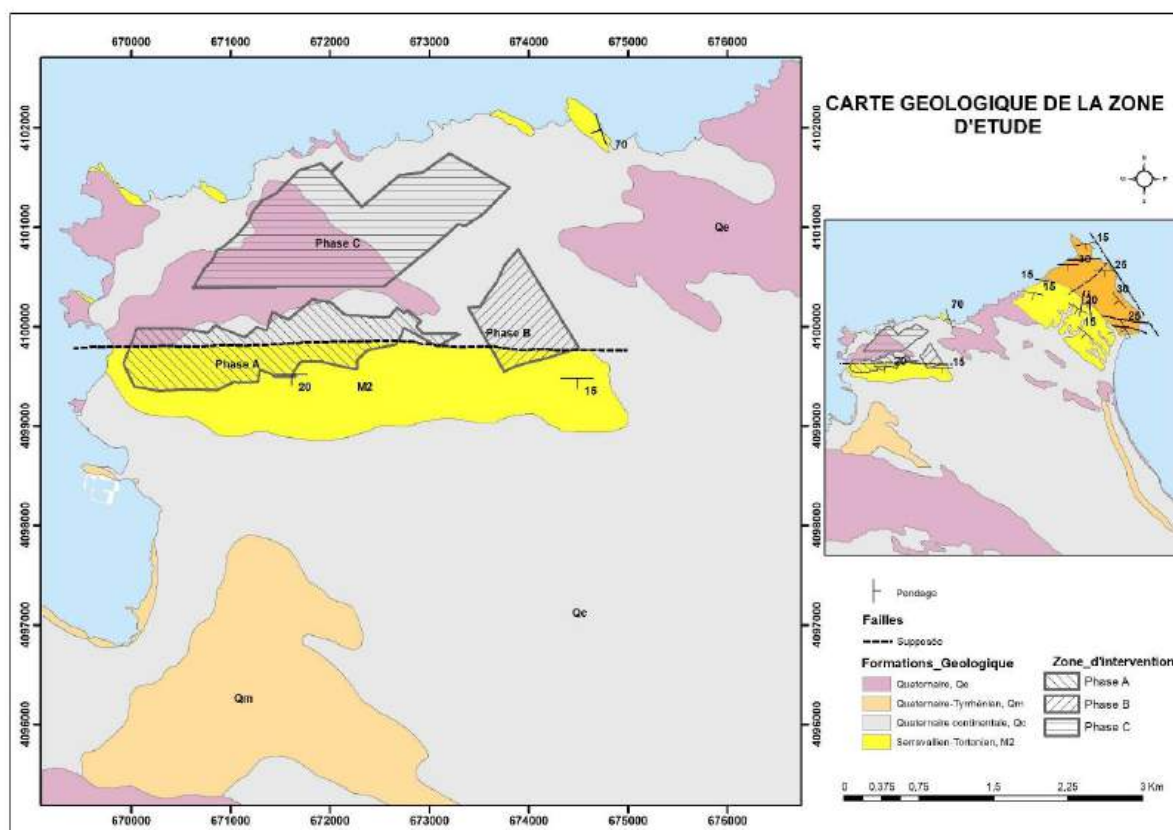


Figure 36 : Carte géologique de la zone d'étude située dans la partie Ouest du graben de Tazaghrene. Extrait de la carte géologique à 1/50.000 de Sidi Daoud n°8 ; Service géologique de la Tunisie.

8.2.3 Ressources en sols

- Pédologie

Les secteurs côtiers apparaissent comme les plus complexes avec des sols squelettiques ou lithosols soumis l'action éolienne intense d'ablation et d'accumulation. Les anciens cordons littoraux correspondent à des sols non évolués ou squelettiques. Il s'agit de sols formés sur des grès calcaires, érodés, peu profonds (lambeaux de sols calcaires, plus ou moins humifères, dégradés).

Sur le secteur occidental, les sables dunaires sont fréquemment observés en alternance avec des sols formés sur grès calcaires. Au Nord de l'Oued Mgaiez, des alluvions sableuses éoliennes recouvrent localement les grès coquilliers plioquaternaires donnant lieu à une mosaïque de sols squelettiques.

Les sols isohumiques fersiallitiques, rendzines et sols brunifiés (zone du projet) tiennent une place importante, et se distinguent par leur degré d'évolution avant tout conditionné par les facteurs bioclimatiques généraux : climat et végétation.

Aux environs des oueds, l'étalement périodique de particules fines argileuses en périodes de crues, avec la sécheresse, provoque la formation de petits horizons argileux (5 à 15 cm) qui peuvent être plus important lorsque la nappe affleure. Ces sols peuvent être hydromorphes temporairement en profondeur.

Parmi les sols les plus évolués, il faut retenir les sols hydromorphes formés d'argiles de garaet. Très localisés, ces sols à engorgement de surface, peuvent être plus ou moins salés en fonction de l'abondance relative du calcaire en profondeur.

Tandis que les sols de la garaet El Haouaria sont plutôt halomorphes, partout ailleurs dans les garaets prédominent des sols hydromorphes. Cette hydromorphie peut être liée à des conditions particulières de mauvais drainage. Les sols alluviaux d'apport constituent les dépôts récents des vallées où ils occupent le "lit majeur" très souvent inondé des oueds.

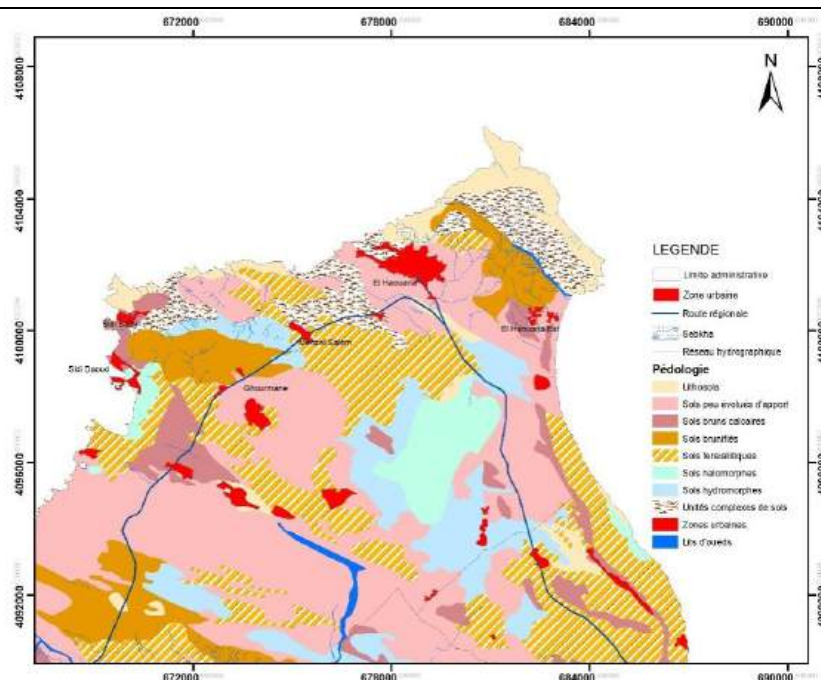


Figure 37 : Carte pédologique de la plaine d'El Haouaria et de la zone du projet.

- Occupation des sols

L'agriculture est très développée dans la plaine d'El Haouaria, bénéficiant de ressources en eaux remarquable. Les activités englobent la culture céréalière, l'arboriculture (olivier, vigne), mais surtout le maraichage (tomate, piment, arachide, pomme de terre, etc.). Les terrains de parcours sont limités.

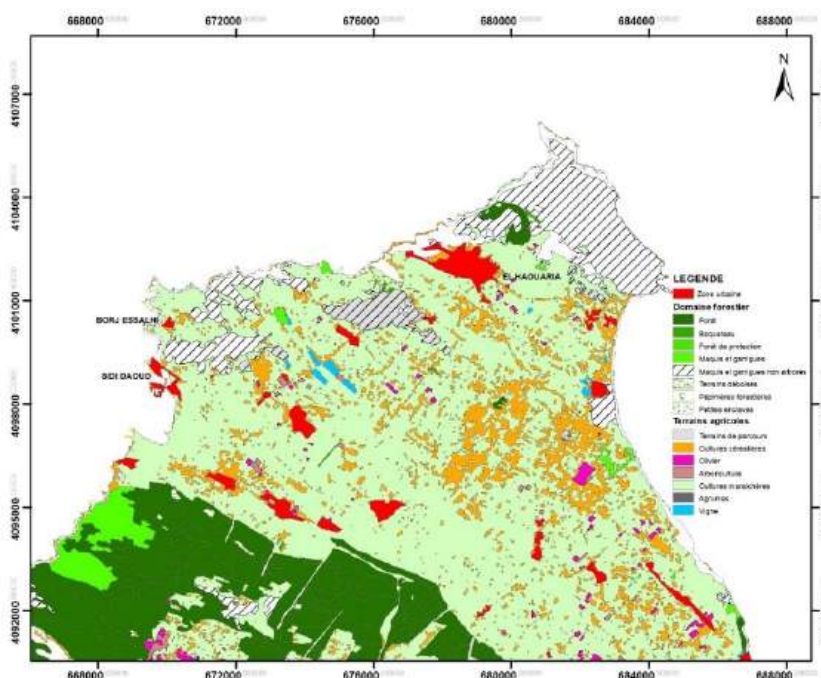


Figure 38 : Carte d'occupation des sols de la plaine d'El Haouaria et dans la zone du projet.

La plaine est limitée au Sud par un domaine forestier assez étendu englobant des boqueteaux, mais aussi des maquis et garrigues à l'approche de la côte Ouest. Plus au Nord, les chainons de collines ornementant la plaine et le Jebel El Haouaria sont couverts par des maquis et garrigues non arborés ; c'est en particulier la zone immédiate d'implantation du projet.

8.2.4 Climat et paramètres climatiques

Le Cap Bon bénéficie durant les intersaisons et surtout en hiver, de l'influence des systèmes météorologiques pluvieux de la zone tempérée, avec une saison humide et une pluviométrie suffisante pour couvrir les besoins en eau des cultures durant la saison agricole.

- **Étage bioclimatique de la zone du projet**

Le climat de la péninsule varie du semi-aride au SW au subhumide au NE (voir carte agricole). La classification des régions climatiques est basée sur le calcul du coefficient d'Emberger qui dépend de la pluie annuelle exprimée (mm), de la température maximale du mois le plus chaud et celle minimale du mois le plus froid (mesurées en Kelvin).

La plaine d'El Haouaria à l'extrême Nord –Est du Cap Bon s'ouvre sur la mer. Elle est caractérisée par un climat très particulier : des températures douces, des pluies importantes et irrégulières et des vents forts et très fréquents. Le coefficient pluviométrique d'Emberger Q est de 88, ce qui permet de classer la région d'étude dans l'étage climatique subhumide.

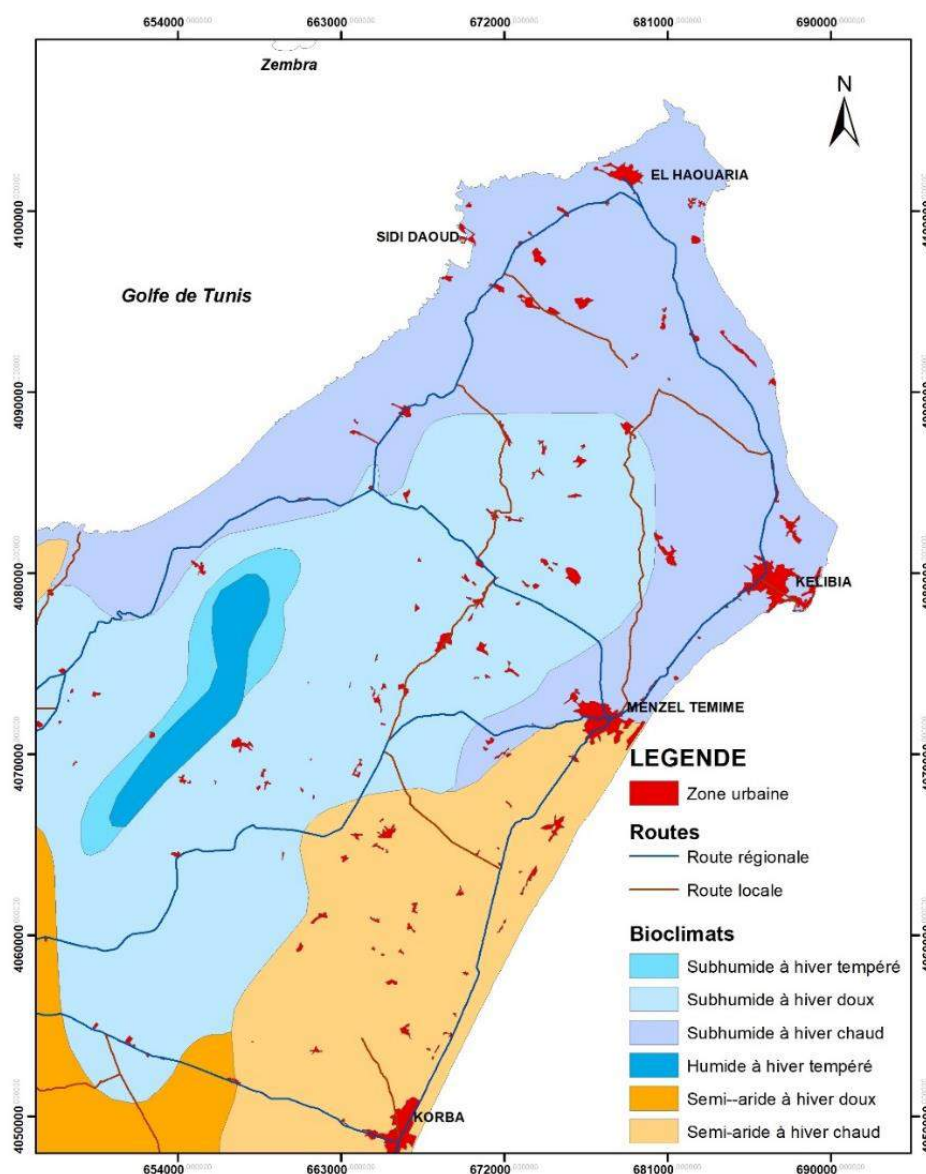


Figure 39 : Carte des bioclimats de la partie Nord-Est de la péninsule du Cap Bon

L'hiver est la saison la plus arrosée (environ 42 %/an) de toute l'année alors que l'été demeure la saison la plus sèche avec seulement 13 mm (2%). L'automne, la quantité moyenne de pluie reçue entre les mois de septembre et de novembre représente un peu plus du tiers (36 %), et au printemps, 20 % environ de la pluviométrie annuelle.

La période récente de 2012 à 2020 (8 ans) a connu de grandes variations (en mm de pluie).

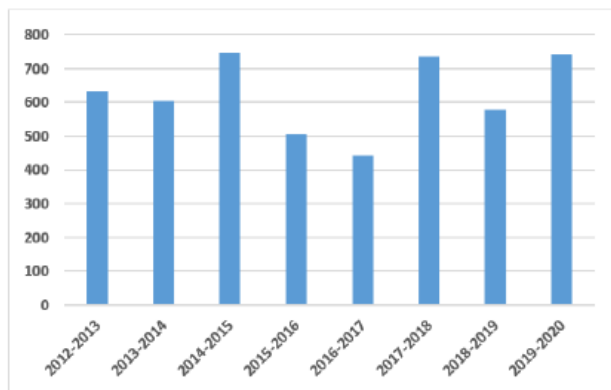


Figure 42 : Variation des précipitations annuelles durant huit ans (2012 à 2020) à la station d'El Haouaria, source : données ONAGRI, MARHP.

En particulier, l'année 2018 a été marquée par des inondations catastrophiques du 22 au 23 septembre 2018. La pluviométrie enregistrée dans les différentes stations du Cap Bon et leurs rapports à leurs moyennes de pluies annuelles, ont été comme suit.

Tableau 27 : Données pluviométriques de la péninsule du Cap du 18 au 26 septembre 2018 relatives aux inondations catastrophiques de la journée du 23.09.2018 (valeurs en mm), source : données ONAGRI.

Stations du Cap Bon										
Station	23.09.2018	Moy. an.	% / Moy. an.	El Haouaria				Nabeul		
				Date Sept.	Pluie	Moy. an.	% / Moy. an.	Pluie	Moy. an.	% / Moy. an.
El Haouaria	56	563	9,9	18	0	563	0,0	0	407	0,0
Nabeul	201	407	49,4	19	15		2,7	0,5		0,1
Kelibia	45	529	8,5	20	0		0,0	40		9,8
Korba	91	425	21,4	21	8		1,4	8,5		2,1
Mezl Bouzelfa	180	513	35,1	22	2		0,4	0,5		0,1
Grombala	162	494	32,8	23	56		9,9	201		49,4
Hammamet	168	451	37,3	24	0		0,0	0		0,0
				25	0		0,0	0		0,0
				26	0,2		0,0	0		0,0

Ainsi, il est tombé en une journée une quantité de pluie représentant respectivement 9,9 % et 49,4 %, dans les stations d'El Haouaria et de Nabeul.

• Vents

La connaissance de la ressource en vent d'un site est primordiale pour la conception d'un projet éolien, car l'énergie produite par une éolienne est proportionnelle au cube de la vitesse du vent. Les prospections menées auparavant par la STEG ont permis d'identifier les gisements de vents sur l'ensemble du territoire national, et ont montré que la région d'El Haouaria constitue la zone la plus ventée de toute la Tunisie. Le nombre de jours de calme n'est que de 11 jours en moyenne. Les vents les plus dominants sont ceux de l'Ouest (169 jours) et du Nord-ouest calculés sur l'intervalle de temps de 1968 à 2004 (INM). La vitesse du vent influe fortement sur l'évapotranspiration, d'où le risque d'assèchement très rapide du sol en surface.

Tableau 28 : Vitesse moyenne mensuelle du vent (m/s) à la station d'El Haouaria (1968-2004 ; INM, 2005)

Mois	Janv.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
V(m/s)	10,08	10,83	11,50	11,58	10,17	10,00	9,58	9,08	9,33	8,67	9,92	10,25

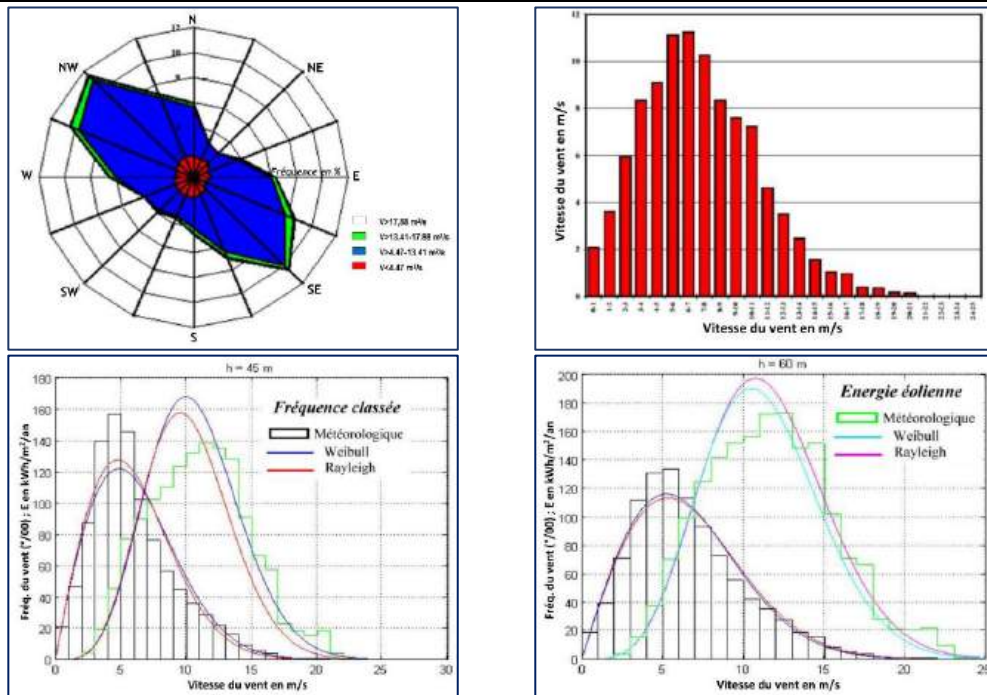


Figure 43 : Fréquence des vents dans la zone du projet et estimation du potentiel énergétique à différentes hauteurs, par différentes méthodes.

À la suite de la création du parc éolien de Sidi Daoud, beaucoup d'études ont été conduites pour analyser la fréquence des vitesses de vents à différentes altitudes dans la région et à l'échelle des gouvernorats de Tunis, dont Nabeul. Ces études ont montré un potentiel fort de production énergétique sur le site du projet pouvant atteindre 200 kWh/m²/an pour des vitesses du vent de 10 à 15 m/s.

Les vents dominants de secteur NW à WNW sont de puissance suffisante pour le bon fonctionnement des éoliennes. Les phénomènes de vents extrêmes qui peuvent empêcher le bon fonctionnement des installations, sont assez rares sur la zone. Seuls les épisodes supérieurs à 20 m/s sont susceptibles de provoquer l'arrêt momentané des éoliennes. (« mise en drapeau »).

Ces études permettent aussi d'orienter l'implantation des éoliennes, et de préconiser un minimum d'espacement entre elles. Ceci est en lien avec les axes principaux pour l'impact paysager et peut à ce sujet, imposer une certaine contrainte au projet. En effet avec une orientation des éoliennes perpendiculairement à la direction NW-SE dominante, fait que l'impact paysager est le plus impressionnant dans cette direction, par rapport à la direction SW-NE.

• Orages et grêle

Les éoliennes sont des projets de grande dimension pour lesquels le risque orageux, de grêle et de foudre, notamment, doivent être pris en compte. L'activité orageuse d'une région est définie par le nombre de jours d'orage (ou niveau kéraunique nk) avec des grondements de tonnerre. La majorité des orages circulent dans un régime de vents d'Ouest-Nord-Ouest. La plupart d'entre eux s'observent entre septembre et décembre. La moyenne régionale des jours d'orages est donnée dans la figure suivante.

Le noyau principal de fréquence annuelle moyenne maximale de grêle caractérise le Nord-Ouest du pays (8,91 jours à Beni Mtir, 8,76 jours à Ain Draham et 6,25 jours à Sejnène). Sur la partie Nord-Est, la grêle accuse une nette recrudescence aux extrémités à Ghar el Melh et à El Haouaria. Dans ces deux secteurs, la fréquence annuelle moyenne du phénomène augmente légèrement pour atteindre des valeurs proches de 3,3 jours de grêle. Il n'existe en revanche pas de données sur la foudre.

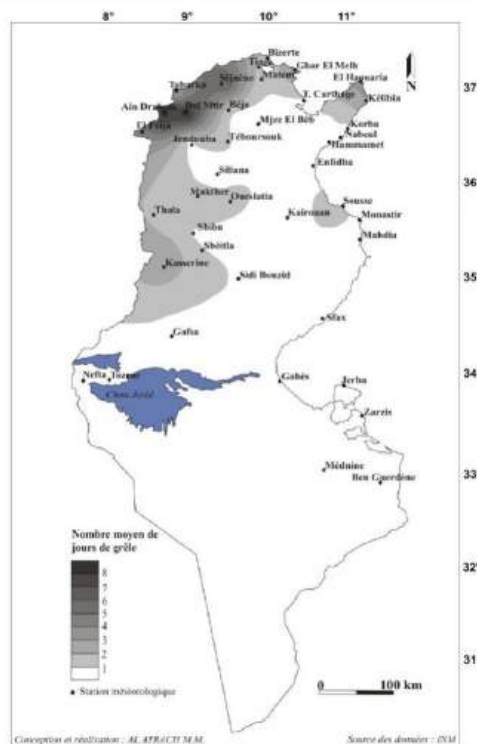


Figure 44 : Répartition du nombre annuel moyenne chute de grêle en Tunisie dans la période 1976-2005 (d'après INM).

Les éoliennes seront équipées de dispositifs de protection contre la foudre : protection du matériel, protection des câbles de commande, protection contre les surtensions du poste de transformation, protection de la nacelle contre les effets directs de la foudre (revêtement, système de mise à la terre, etc.).

• Humidité relative

La station d'El Haouaria n'est pas équipée d'hygromètre. La station la plus proche de Kéliba située à 15 Km au Sud-Est indique une humidité moyenne de 76 %, alternant une saison sèche de juin à août et d'une saison plus humide, de septembre à mai. Le maximum de l'humidité mensuelle moyenne est enregistré en mars (78.7%), tandis que le minimum est observé en juillet (71.5% ; DGRE, 2004).

Les vents de secteur NW dominants peuvent aussi véhiculer des embruns marins salinisant et fréquents qui peuvent toucher les secteurs ouest du parc (Tranche A).

• Évapotranspiration

L'évapotranspiration mensuelle moyenne à la station d'El Haouaria est de 104 mm. Les mois à ETP la plus forte, sont les mois les moins humides de juin, juillet et août avec des valeurs de 159.6 mm, 176 mm et 150mm, respectivement. Aux mois de décembre et janvier l'ETP est la plus basse (34.8 mm et 35.9 mm respectivement).

La comparaison des données de pluviométrie, de température et d'ETP indiquent que la plaine d'El Haouaria présente un bilan hydrique excédentaire d'octobre à février, mais déficitaire du mois de mars jusqu'au mois de septembre. La recharge des aquifères est donc la plus favorisée entre octobre et février.

8.2.5 Ressources en eau

8.2.5.1 Hydrologie

Sur un total annuel moyen de pluie de $36,10^9 \text{ m}^3$ pour toute la Tunisie, la côte orientale reçoit $358,10^6 \text{ m}^3$, et la région d'El Haouaria, $130,10^6 \text{ m}^3$, soit un total de $488,10^6 \text{ m}^3$ 1.35 % de la pluie totale pour la péninsule. La quantité qui engendre le ruissèlement des cours d'eau est de l'ordre de $72,10^6 \text{ m}^3$ /an (DGRE, Annuaire Hydrologique, 2008).

Dans la plaine d'El Haouaria, le réseau hydrographique est peu développé. En revanche il est plus développé au Nord et au Sud de cette région. L'écoulement est pratiquement endoréique, car la charge des oueds est infiltrée dans la nappe. Ceci est favorisé par les dépôts quaternaires de sables dunaires et alluvions. Depuis l'indépendance, cette situation a été modifiée par l'aménagement d'un réseau de drainage des zones hydromorphes par deux canaux artificiels débouchant en mer.

Les oueds (O) drainant le Nord de la plaine et la superficie de leurs bassins-versants sont : O. El Outa qui draine les Jebels Mergueb et Tork (4,7 km²), O. Jebel Hammam (0,9 km²), O. Jebel Ghormane (0,9 km²).

Les oueds qui coulent dans la partie Sud de la plaine et la superficie de leurs bassin-versants sont : O. Ez Zezzar (1,8 km²), O. Béni Malek : (1,8 km²), O. Mezrach (9,6 km²), O. jebel Mazrat (1,17 km²), et O. Sidi Farès (0,27 km²). Les apports annuels moyen de ces oueds à la nappe de la plaine d'El Haouaria sont estimés à 2 Mm³/an.

Enfin, les deux oueds principaux qui délimitent la zone du projet sont l'oued Damous au Nord Est de la tranche C du parc, et l'oued Sayadine qui coule au Sud des tranches A et B et qui se jette en mer près de la ville de Sidi Daoud.

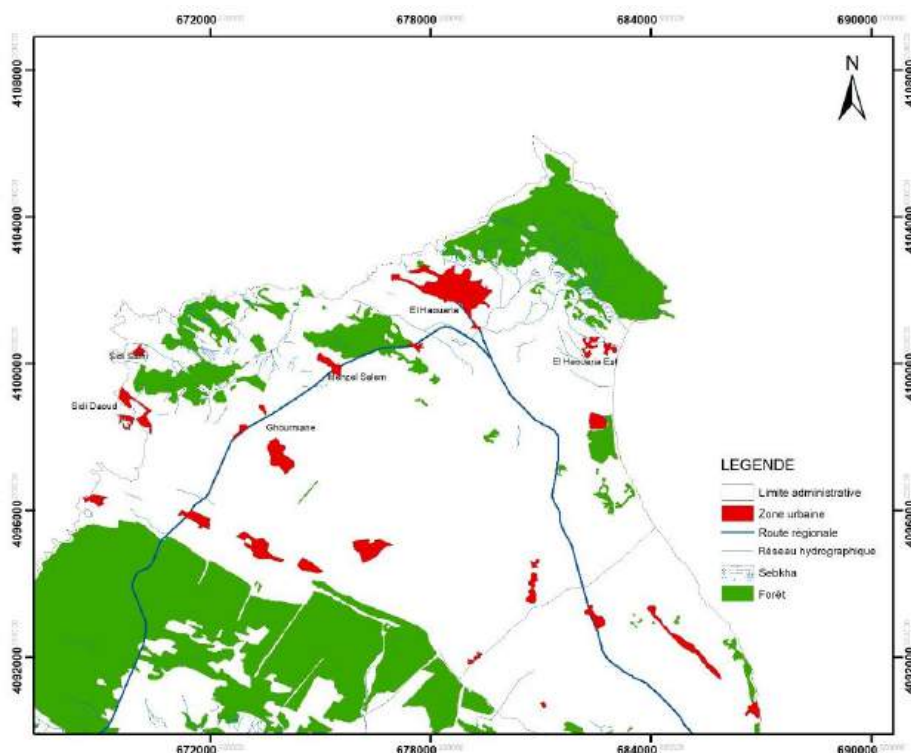


Figure 45 : Carte hydrographique de la zone d'étude et des proximités de la ville d'El Haouaria.

8.2.5.2 Hydrogéologie

La plaine d'El Haouaria s'ouvre sur deux côtés, à l'Ouest et à l'Est, sur la mer Méditerranée. Elle est limitée au Nord et au Sud par les affleurements du Miocène argileux avec des intercalations de grès, et se présente en une combe orientée Est-Ouest (fossé de Tazaghane), enserrée par la mer et par les affleurements de la formation du Miocène.

Le réservoir de la nappe d'El Haouaria est constitué par des sédiments quaternaires allant jusqu'à 50m de profondeur, et par un recouvrement dunaire (nappe phréatique) sous lequel repose un dépôt puissant du Pliocène sableux épais de 200 m environ (nappe profonde).

D'après les coupes géologiques des sondages effectués dans la région, les dépôts quaternaires sont constitués d'intercalations de couches sableuses, et d'argile, avec localement, une présence de travertin et de tuf au sommet. Ces faciès recèlent deux niveaux aquifères. Ceux-ci sont séparés des dépôts du Pliocène sous-jacent par un mur d'argiles de 10 à 15 mètres d'épaisseur. Ce mur met en charge la nappe profonde logée dans les dépôts pliocènes par rapport à la nappe phréatique constituée par les sédiments quaternaires. Les échanges verticaux entre aquifères par drainage demeurent possibles.

• Nappe phréatique

Les ressources en eau de cette région dépendent étroitement du potentiel pluviométrique et du pouvoir évaporant de l'atmosphère qui reprend la majeure partie des précipitations. La nappe d'El Haouaria bénéficie des conditions d'alimentation naturelles particulièrement favorables : (pluviosité) et d'une recharge efficace de la nappe par infiltration.

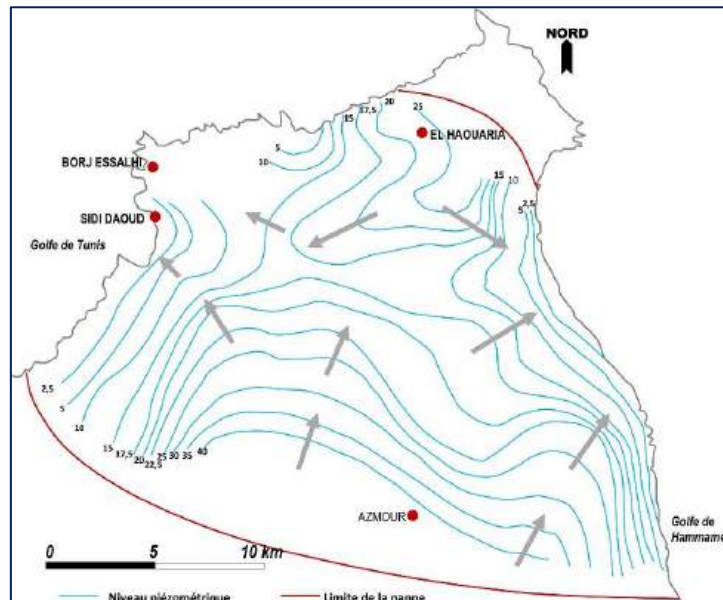


Figure 46 : Niveaux piézométriques et écoulement de la nappe phréatique de la plaine d'El Haouaria.

La carte piézométrique de la nappe de surface montre qu'elle que l'essentiel de l'écoulement prend naissance au Sud, en bordure du fossé (apport des oueds et infiltration). Le reste de la recharge provient du Nord de la zone d'El Haouaria au pied des montagnes avoisinantes. Ces deux écoulements provoquent l'hydromorphie locale de la plaine. Le gradient hydraulique de la nappe de surface varie de 0.1 à 2.5 % (Ennabli, 1980).

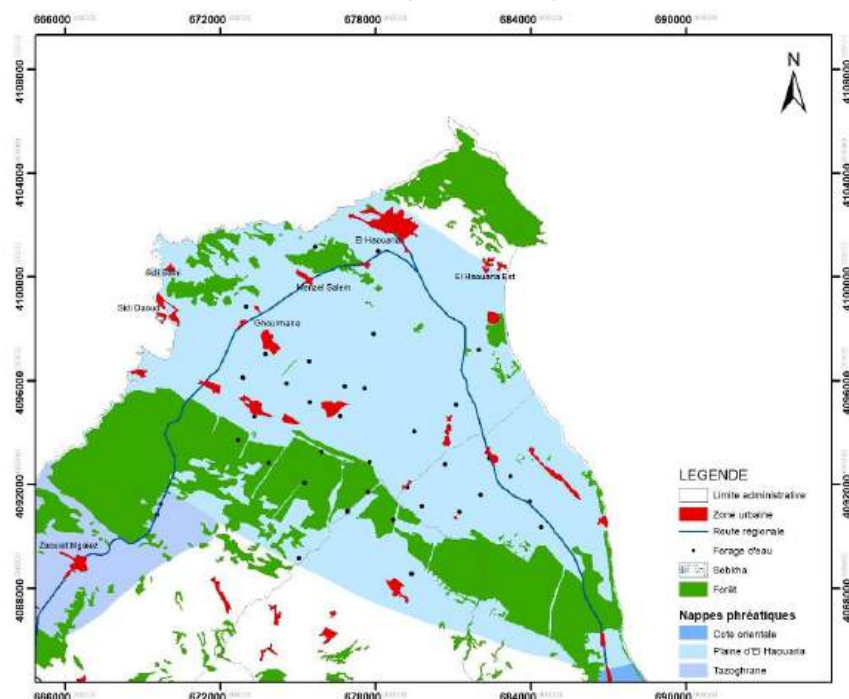


Figure 47 : Carte de répartition des nappes phréatiques dans la région d'El Haouaria-Tazaghane.

C'est l'une des principales nappes alluviales du Cap Bon s'étendant sur une superficie de 230 km² et dont l'exploitation n'est pas bien maîtrisée. Cette nappe dont les ressources renouvelables sont évaluées à 33 Mm³/an, est exploitée par environ 5330 puits dont la majorité est forée par sondage à bras pour capter les niveaux gréseux sous-jacents du Pliocène. Le nombre de puits équipés de groupes électriques et diesel, s'élève à 4500. Le taux d'équipement est le plus élevé dans le Cap Bon, atteignant 84%.

Le suivi piézométrique des deux nappes phréatique et profonde depuis 1972, indique une baisse continue des niveaux piézométriques, surtout celui de la nappe phréatique (-16m au moins depuis cette date).

L'exploitation de la nappe phréatique est évaluée à 60 Mm³/an pour des ressources de 33 Mm³/an. La nappe est sollicitée notamment en été pour l'irrigation des cultures maraîchères assez consommatrices d'eau. Le taux d'exploitation dépasse déjà 180%. Cette exploitation poussée se traduit par une baisse importante du niveau piézométrique. La salinité augmente également notamment dans la région d'El Kedoua où le résidu sec dépasse 5g/L.

• Nappes profondes

La nappe profonde majeure d'El Haouaria qui couvre toute la plaine (Code DGRE : 43111), est logée dans le Pliocène-Quaternaire. Les ressources mobilisables sont estimées à 4,1 Mm³/an qui sont exploités à 120% (en 2018) par 75 forages. L'exploitation couvre 36,6% pour l'eau potable, 50,4% pour l'agriculture et 12,9% pour l'usage industriel.

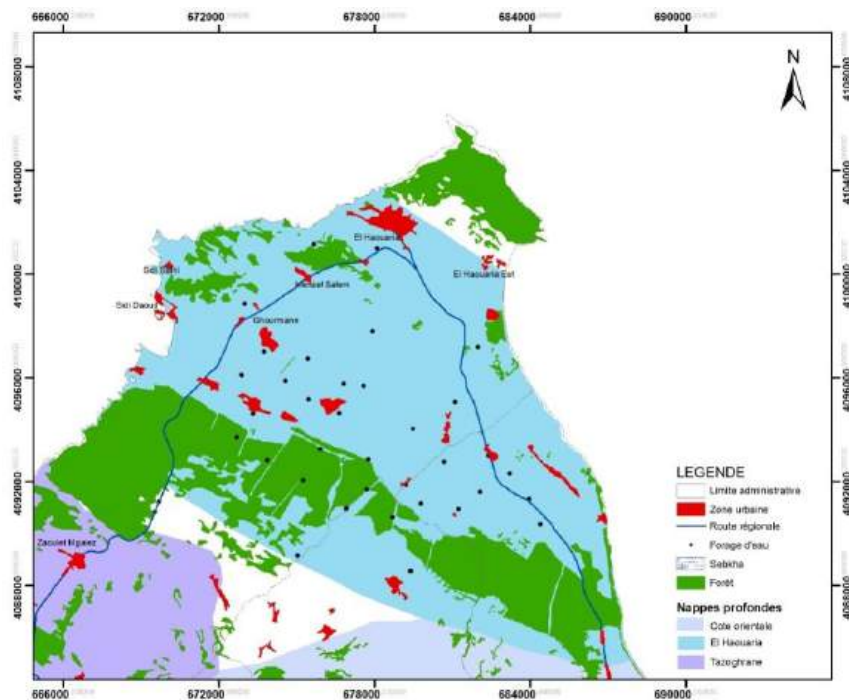


Figure 48 : Carte de répartition des nappes profondes dans la région d'El Haouaria-Tazaghane.

Il existe aussi des ressources en eau en quantité réduite dans les dépôts du Miocène moyen à supérieur sous-jacent (Code DGRE : 43121). Ces ressources sont exploitées à 100% par 7 forages (1 pour l'eau potable à 6,8% ; et 6 pour l'agriculture à 92,8%).

• Qualité de l'eau

Qualité des eaux en surface : Il n'existe pas de plans d'eau de surface ou de cours d'eau pérennes dans la zone. La qualité de l'eau de surface ne peut donc pas clairement perçue.

Qualité des eaux de nappes : Les eaux de la nappe phréatique dans les périmètres immédiat et rapproché du projet s'écoulent vers l'Ouest dans la direction de Sidi Daoud et de Borj Essalhi. La qualité physico-chimique des eaux de cette nappe est suivie par la Direction Générale des Ressources en Eau (Annuaire périodiques). Les stations de mesure sont les puits agriles dans toute la plaine d'El Haouaria.

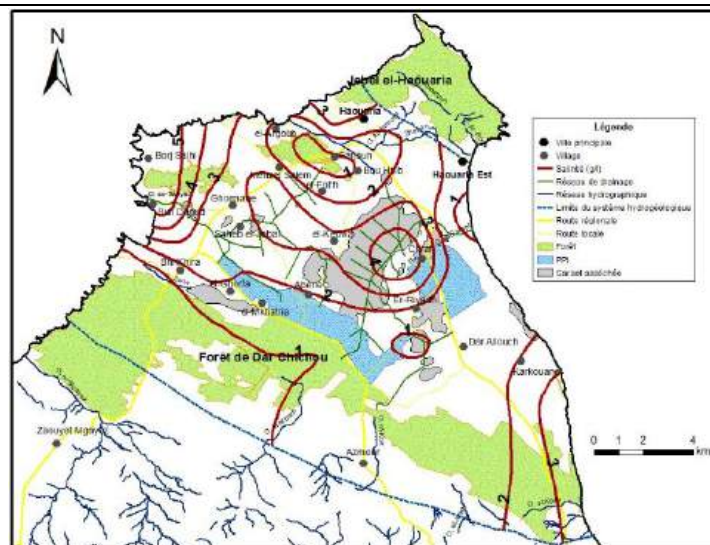


Figure 49 : Carte de salinité de salinité (en g/L) des eaux de la nappe phréatique d'El Haouaria.

La salinité de ces eaux augmente depuis les bordures miocènes du Nord et du Sud vers le centre de la plaine, notamment dans la région de Garaâ. Il existe aussi deux autres plages d'une salinité de 4 à 5 g/L, se localisant près de la côte Ouest. Entre Beni Khira et Sidi Daoud, la salinité augmente en direction de la mer de 3 à 5 g/L. Du côté Est près de Karkouane, la salinité atteint aussi 4g/L. Cette augmentation peut s'expliquer par l'évapotranspiration dans les dépressions centrales de la plaine, comme elle peut être accusée par la surexploitation manifeste de cette nappe.

Les teneurs en nitrates variant de 2 mg/L et 209 mg/L, ce qui est trop élevé. Elles sont partout fortes dans la nappe quaternaire et traduisent l'impact de l'utilisation excessive d'engrais à base de nitrates. Dans la nappe du Pliocène sous-jacente, semi-captive, la concentration en nitrates varie de 0 à 12 mg/L. Ces valeurs peuvent s'expliquer par la contamination en nitrates par les eaux de retour d'irrigation.

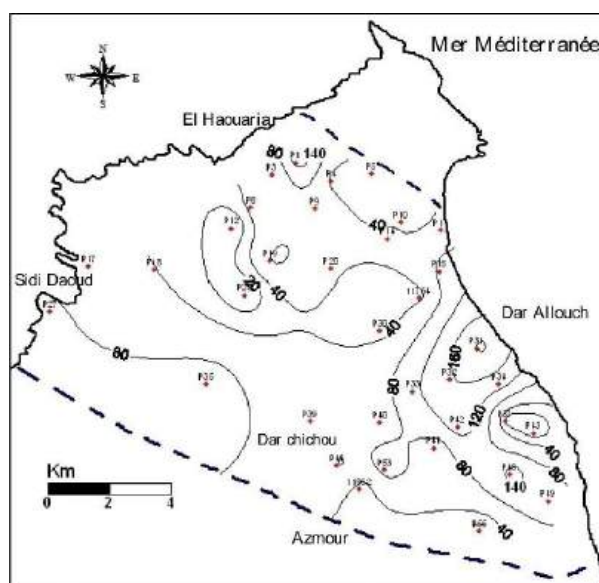


Figure 50 : Distribution des nitrates (en mg/L) dans les eaux de la nappe phréatique d'El Haouaria (année 2001).

• Demande en eau du projet

D'après le maître de l'ouvrage, les besoins en eau industrielle du projet (phase chantier) seront de l'ordre de 39 205 m³. Ces besoins se répartissent comme suit :

Tableau 29 : Quantités estimées d'eau industrielle pour les besoins du projet

Usage	Dotation		Quantité		Total eau en m ³
Fabrication de béton	600	L/m ³	11 478	m ³ béton	6 887
Arrosage béton	21	m ³ fondation	13	Fondations	273
Humidification des sols	150	L/m ³	87 417	m ³ de sous-sol	13 112
	180	L/m ³	65 564	m ³ de base	11 802
	180	L/m ³	38 920	m ³ de plateformes	7 006
Lavage (1 fois par semaine) *	350	L/machine	360	Machines-semaines	126
TOTAL DU BESOIN EN EAU INDUSTRIELLE NON-POTABLE					39 205
(*) : Il est bien entendu que le lavage de machines s'effectuera dans les stations-services des voisinages.					

À titre indicatif, ces besoins peuvent être produits par un puits de débit 15 l/s, fonctionnant pour une durée de 8h/jour seulement, et pour une période de trois mois. Au vu de ces quantités et de ces indications, la demande en eau industrielle du projet n'oppose pas de contrainte majeure au projet.

8.2.6 Qualité de l'air

La surveillance de la qualité de l'air est de la responsabilité de l'ANPE. Le Réseau National de Surveillance de la Qualité de l'Air (RNSQA) est composé de 30 stations fixes de mesure de la qualité de l'air ambiant réparties sur l'ensemble du territoire et raccordées au poste central installé au super-site de l'ANPE (au parc El Mourouj, au Sud de Tunis).

Le réseau National de Surveillance de la Qualité de l'Air est composé de 30 stations fixes de mesure de la qualité de l'air ambiant réparties sur l'ensemble du territoire tunisien qui sont toutes raccordées au poste central installé au super site de l'ANPE (au parc El Mourouj).

Ces stations mesurent le dioxyde de soufre, les oxydes d'azote, les particules solides (PM10), le monoxyde de carbone et l'ozone dans les zones urbaines et périurbaines, de trafic, industrielles, rurales et dans des sites d'observation. De plus, un bus-laboratoire mobile permet des analyses des similaires (O₃, NO_x, SO₂ et PM10) et des mesures de paramètres météorologiques (T, P, direction et vitesse du vent).

Les données sont enregistrées, vérifiées, analysées et validées grâce à la mise en œuvre de puissants moyens informatiques, et sont automatiquement comparées valeurs limites prescrites dans la norme tunisienne NT 106 04 relative à la qualité de l'air ambiant.

Il n'a pas été possible de disposer de séries d'analyses de l'air ambiant pour la région d'El Haouaria-Sidi Daoud. Voyant cependant la situation du projet dans une zone rurale, sans circulation notable, les valeurs attendues devraient être conformes à la norme indiquée.

8.2.7 Risques naturels et technologiques

Le projet de Repowering devrait donc bénéficier d'un plan de prévision des risques. Ces risques peuvent être naturels (inondation, feu de forêt, séisme, mouvement de terrain, etc.) ou technologique/anthropique lié aux activités humaines dangereuses (barrage, industrie, transport de matières dangereuses).

Dans la situation actuelle, les seuls risques à retenir pour le projet sont comme suit :

Tableau 30 : Récapitulatif des risques naturels et technologiques dans la zone du projet (municipalité El Haouaria Nord).

	Type de risque	PE Sidi Daoud
Risque naturel	Feu de forêt	0
	Inondation	1
	Mouvement de terrain	1
	Séisme	1
	Tempête	0
	Cyclone	0
Risque anthropique/ technologique	Industriel	0
	Barrage	0
	Transport de matière dangereuse	0
	Chute d'éolienne	1

Le risque d'inondation est prévisible et peut être dévastateur. Les dernières inondations catastrophiques dans le gouvernorat de Nabeul (22 au 23 septembre 2018) en sont un exemple. Ce type de risque peut aussi dans le cas des éoliennes situées sur des reliefs, s'accompagner par des glissements de terrain.

8.2.7.1 Zone sismique

Selon le Programme Général d'Élaboration Des Normes Tunisiennes de l'Institut National de la Normalisation et de la Propriété Industrielle, la réglementation en vigueur en Tunisie pour le dimensionnement sismique est la suivante : EN 15129 : 2019.

L'étude sismique du Maghreb de Benouar et al. (1996) et celle de Jiménez et al. (1999) dans le cadre de "l'International Geological Correlation Program" (IGCP), sur l'ensemble du pourtour de la Méditerranée ont donné les premiers résultats.

L'étude de Benouar et al. (1996) est basée sur un catalogue de séismes compilé par Benouar pour le Maghreb, et sur les relations d'atténuation de Molas et Yamazaki (1995) et d'Ambraseys (1995). Pour le calcul des PGAs (Peak Ground Accelerations), Benouar et al. (1996) ont utilisé des événements de magnitude 4,0 ou plus élevée. Les résultats ont été publiés sous forme de cartes de mouvements des sols avec 10% de chance de dépassement en 100 ans (période de retour : 975 ans) pour les pics de PGA maximale, mais aussi des cartes d'accélération pseudospectrale (PSA) pour des périodes de 0,1s, 0,3s, et 1,0s.

L'étude de Jiménez et al. (1999) fait partie du Programme international GSHAP (Global Seismic Hazard Assessment Program), destiné à produire une carte globale mondiale de l'aléa sismique. Cette étude est basée sur des catalogues, sur des zones sismiques et sur la répartition des séismes dans chaque pays pour produire une carte d'aléa pour les PGAs avec 10% de probabilité de dépassement en 50 ans (475 ans) pour l'ensemble de la région Ibéro-Maghrébine.

Jiménez et al (1999) ont utilisé la relation d'atténuation de Joyner and Boore (1981) pour l'évaluation probabiliste. Le Programme SEISMIRISKII (Bender and Perkins, 1987) a été utilisé pour les compilations finales. Le Groupe GSHAP a ensuite consulté les spécialistes des différents pays de la région pour ajuster les résultats et établir les cartes d'aléa sismique finales, à l'échelle régionale. Un exemple de carte est le suivant.

Pour la péninsule du Cap Bon en Tunisie et donc le parc éolien Sidi Daoud, l'aléa sismique déterminé par la méthode probabiliste, est relativement faible à modéré.

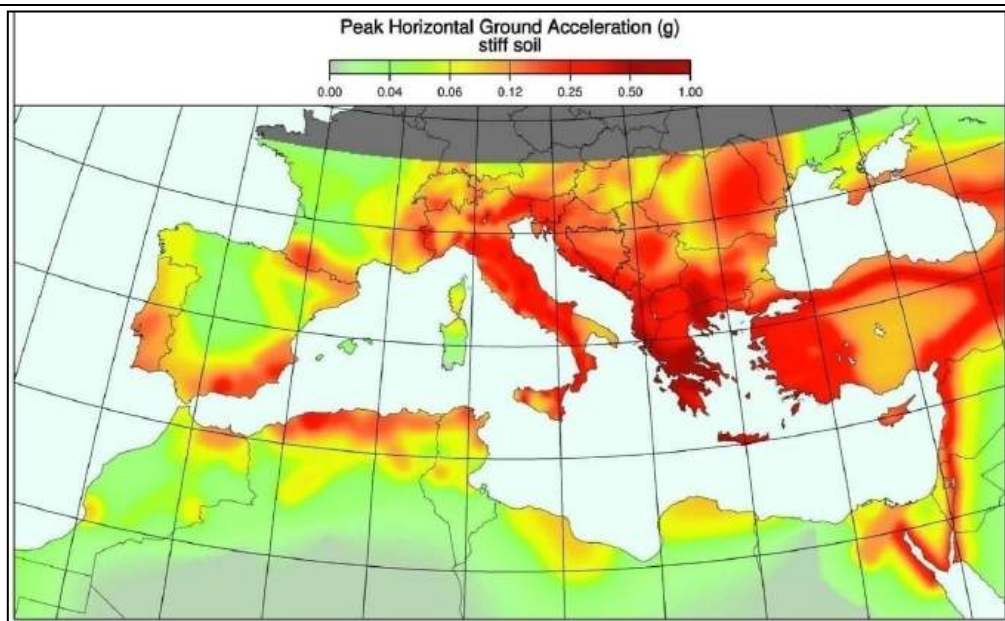


Figure 51 : Carte de l'aléa sismique (en fractions de g : accélération de la pesanteur) en Tunisie et dans le Bassin Méditerranéen.

L'accélération maximale horizontale du sol (PGA : Peak Ground Acceleration) en cas de secousse tellurique dans la zone serait comprise entre 0,09 g et 0,1 g (i.e. : environ 1 m/s²), ce qui n'est pas négligeable. Ceci correspond à un séisme d'intensité IV (3 sur l'échelle de magnitude Richter). Il est décrit ainsi (à l'intérieur d'un bâtiment, la plupart des gens ressentent un mouvement. Les objets suspendus bougent, mais aussi les fenêtres, plats, assiettes, loquets de porte, etc.).

Le tableau suivant montre les magnitudes et dates de trois séismes proches de la zone de projet.

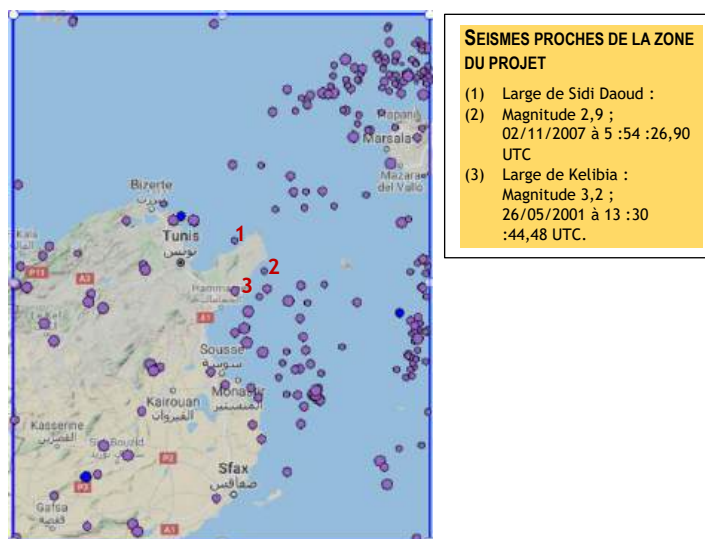


Figure 52 : Séismes enregistrés durant les trois dernières décennies dans la région du Cap Bon, golfe de Tunis et golfe de Hammamet.
(Source : Incorporated Research Institutions for Seismology)

8.2.7.2 Risque industriel

Ce projet de parc producteur d'énergie verte, compte parmi les établissements classés (Code du travail : loi n° 66-27 du 30 avril 1966 ; loi n° 2006-18 du 2 mai 2006 ; décret n° 2006-2687 du 9 octobre 2006 relatif aux procédures d'ouverture et d'exploitation des établissements dangereux, insalubres ou incommodes).

Le risque technologique doit être prévenu. La zone du projet étant l'une des plus ventées de Tunisie, il faut donc prendre garde à ce type de risque notamment durant des tempêtes violentes.

Le parc installé a déjà connu la chute d'une éolienne de 46m en avril 2018, à cause de vents violents d'une vitesse de plus de 120 km/h. Cette chute n'a cependant pas engendré de dégâts. L'éolienne a été démantelée (information TAP).

Pour le reste aucun établissement classé n'a été identifié dans la région, en dehors de la station ENI de traitement et de compression du gaz exporté en Italie (SERGAZ) qui est située sur la côte Est à El Haouaria Est sur la route RR27. Cet établissement se situe dans le périmètre éloigné du projet. Le risque industriel potentiel lié à cette usine demeure donc faible à très faible.

8.3 Milieu humain

8.3.1 Population et conditions socio-économiques

La population de la délégation d'El Haouaria a évolué de 43 272 hab. en 2017 à 42 539 hab. en 2018. Cette population de densité moyenne 128 hab./km² (superficie : 332,4 km²) en 2018, représente 5,01% de la population totale (849 184 hab.) du Gouvernorat de Nabeul (d'après INS, 2018-2019).

La population de la municipalité d'El Haouaria (EL Haouaria Nord) est de 26 764 hab. en 2018. La partie Sud de la Délégation constitue une municipalité à part (Tazaghane-Bou Krim – Zaouiet El Megaiez) et compte 15775 Hab. en 2018.

La promotion sociale (soins à tarifs réduit, gratuité de soins pour handicapés et personnes âgées, etc.) par aide de l'état en 2018, est assez soutenue pour la délégation d'El Haouaria, totalisant 1816,1 milliers de dinars. La population compte 1514 personnes handicapés, représentant 3,6% du total de la délégation, ce qui est élevé.

La mobilité générale de la délégation d'El Haouaria est de 4010 individus par an (2010), avec un solde migratoire de (-724). Les causes en sont la recherche d'un domicile et l'amélioration des conditions de vie (8,97%), le mariage (35,35%), l'accompagnement de famille (24,56%), les études (8,38%), et autres causes non déclarés 2,05%.

L'émigration est faible (mobilité totale : 382 individus) entre 2009 et 2014, avec un solde migratoire de -205 individus. La cause principale de cette émigration est la recherche d'un emploi (87,21%), suivie du mariage (6,06%) et les études (6,06%).

Les offres d'emploi (catégorie cadres) sont trop faibles (8 en 2017 et 2 en 2018), alors que la demande a atteint 191 en 2018. Les offres pour la catégorie non-cadres est évaluée à 171 et 198 en 2017 et 2018 respectivement. Les demandes additionnelles d'emploi en 2018 sont de 276. Ces chiffres se traduisent par un taux de chômage élevé qui frappe surtout les nouveaux diplômés, les filles beaucoup plus que les garçons.

Un échantillon de 32 ménages vivant dans les aires rapprochée et intermédiaire du projet a été enquêté dans le cadre du projet. Les principaux résultats de l'enquête sont donnés ci-dessous.

8.3.2 Communication et trafics

Le nombre d'autorisations accordés en 2018 au transport terrestre est de 104 (43 taxis, 36 louages, 35 transport rural), ce qui trop modeste pour la délégation d'El Haouaria.

Le gouvernorat de Nabeul est doté d'un réseau de communication et de trafic assez développé (autoroute A1, routes nationales, régionales et locales, chemins de fer, transport public et privé par bus pour les citoyens et pour le tourisme, transport de marchandises, etc. Pour le transport aérien (Aéroport d'Enfidha ; gouvernorat de Sousse) se trouve à proximité, ce trafic dessert cependant de manière privilégiée la partie Sud-Est du gouvernorat (Nabeul–Hammamet), alors que les délégations nordiques de la péninsule en demeurent assez démunies. Dès lors la communication et les trafics demeurent très réduits, notamment pour la délégation d'El Haouaria, et plus précisément la zone de Sidi Daoud et le village de Borj Essalhi situés sur la côte Ouest de la péninsule.

8.3.3 Réseaux structurants

8.3.3.1 Infrastructure et services

Si la zone est totalement couverte par le réseau électrique soit 100% et si la zone est considérée alimentée en eau potable, il reste 12,5% des habitants de la zone du projet qui s'approvisionnent en eau potable des puits de surface et qui s'alimentent donc en eau non traitée.

Tableau 31 : Taux de couverture des infrastructures de services publics dans la zone

Infrastructure	Nombre	%
Électricité	32	100
Eau potable	28	87,5
Collective	0	0
BP	0	0
Puits	4	12,5

L'enquête a aussi montré que la zone souffre d'un manque d'une école à proximité. Les enfants parcourent à pied entre 4 et 5 Km chaque jour, pour atteindre l'école la plus proche dans la zone.

La délégation d'El Haouaria compte 5 bureaux de poste (11 guichets), 1710 abonnés au réseau de téléphone fixe pour une capacité installée de 2836. Le taux d'exploitation du réseau Télécom est de l'ordre de 60% (téléphone portable, essentiellement ; agences Tunisie Télécom, Ooredoo et Orange). Il existe aussi deux agences bancaires.

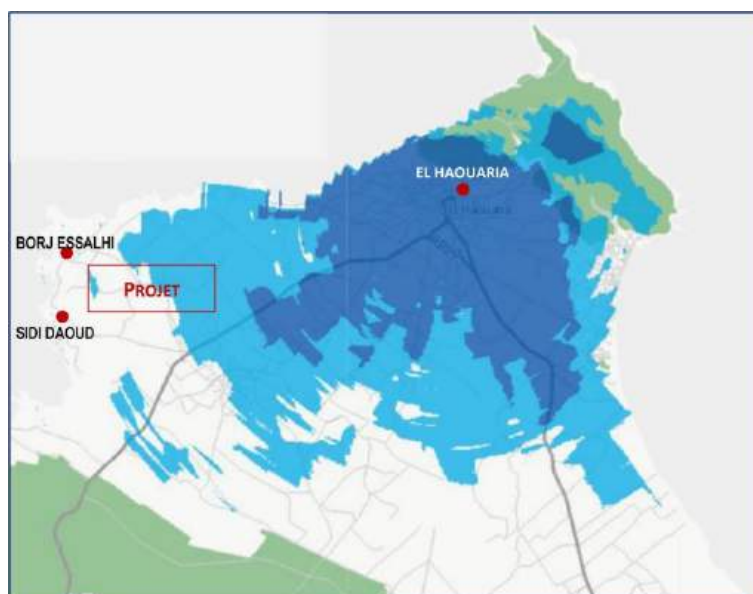


Figure 53 : Couverture de la région du projet par le réseau Tunisie-Télécom par la téléphonie mobile (3G, 4G et 5G). Source : Tunisie Télécom 2020 (Bonne (bleu) à très bonne (bleu foncé) couverture.

8.3.3.2 Infrastructure routière

La délégation d'El Haouaria possède un réseau routier de 299,7 km en 2018 (66,9 km de routes classées, 1 km de route non classée, et 231,8 km de pistes agricoles). Il s'agit donc d'une infrastructure peu performante.

La zone du projet est desservie par 2km de route goudronnée, 28 km de routes combinées (goudronnées et pistes aménagées) et par 2 km de piste non revêtue. La majorité de la population de la zone du projet utilise une infrastructure combinée entre route goudronnée et pistes aménagées.

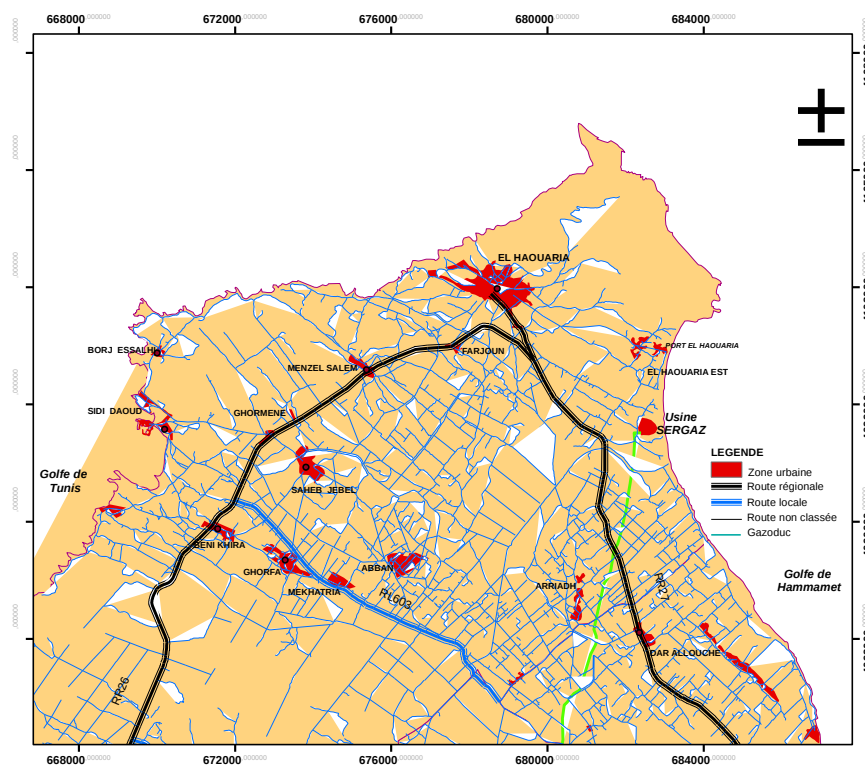


Figure 54 : Carte du réseau routier dans la région d'El Haouaria.

8.3.3.3 Transport

• Transports en commun

La zone du projet est dotée de moyens de transports publics, privés et personnels. Les moyens de transport sont en majorité collectifs privés, alors que seulement 25% des enquêtés vivant dans la zone rapprochée à intermédiaire du projet, utilisent des moyens de transport privé.

• Transport d'électricité

La production en électricité du présent projet sera évacuée par la ligne de 90 KVA qui relie le parc au relai HTA de Menzel Témime

Le réseau de transport d'électricité à l'échelle de la Tunisie et en liaison avec les pays riverains est donné sur la carte suivante. Ce réseau comporte des lignes de 400, 225, 150 et 90 KVA.

À cet égard, il faut bien mentionner qu'en 2019, la STEG exploite un réseau de transport de **6 985 km** réparti comme suit :

- 208 km réseau de transport de 400 kV.
- 2 921 km réseau de transport de 225 kV.
- 2 377 km réseau de transport de 150 kV.
- 479 km réseau de transport de 90 kV.

Le programme d'équipement en moyens de transport en 2019 a connu principalement les réalisations suivantes :

- La mise en service de la ligne type 225 kV d'une longueur de 94,5 Km de Bouficha - Msaken Nord.
- La mise en service de la ligne type 400 kV d'une longueur de 208 Km et l'ensemble des lignes du XI -ème Plan.
- La mise en service d'un poste blindé 400/225 kV de Mornaguia et de son autotransformateur 400/225 kV-400MVA.
- L'avancement notable dans la réalisation de la ligne 90 kV Kechabta-Mateur (70%) ainsi que la ligne double-terne Sousse-Msaken II (80%) et cette simple terne 400 kV Msaken II-Bouficha.
- L'avancement global de 55% dans la réalisation des liaisons 225kV des câbles souterrains haute tension.
- Dans le cadre de l'élaboration du programme d'équipement en moyens de Transport d'électricité XIIIème Plan et compte tenu de l'implantation d'un Cycle Combiné (CC) mono-arbre de 450 MW en 2019/2020 au site de La Skhira, une étude de fonctionnement statique et de court-circuit de réseau de transport a été effectuée.

Il en ressort la nécessité de renforcer le réseau de transport national moyennant les ouvrages haute Tension suivants :

- La connexion du cycle Combiné en coupure d'artère sur la liaison 225 kV Sidi Mansour-Bouchemma.
- Le renforcement de la capacité de transformation du poste 225/150 kV de Sidi Mansour.

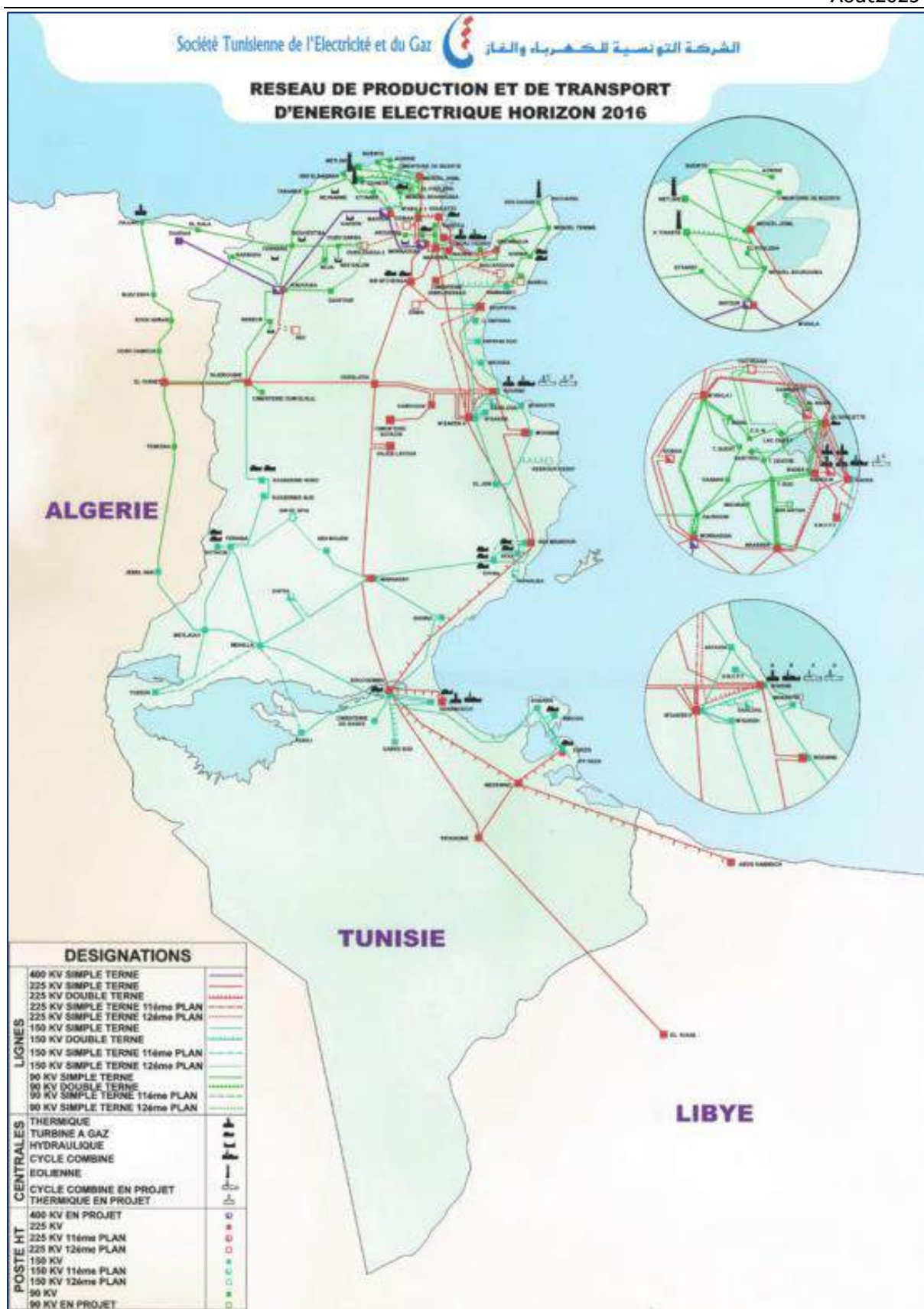


Figure 55 : Carte du réseau de transport d'électricité de la Tunisie (situation 2016)

8.3.3.4 Appréciation de la qualité du service dans la zone

La totalité de la population de la zone du projet exprime une appréciation négative quant à la qualité des services. Les pistes ne sont pas bien entretenues, l'aménagement des pistes par la STEG a contribué activement à la dégradation des terres agricoles. Le manque d'une école primaire et des moyens de transport public régulier a renforcé cette attitude négative sur la zone de Sidi Daoud.

La zone du projet, reste un espace rural caractérisé par les exploitations agricoles de petite taille (0,5-1h), à dominance de culture en sec. Elle est classée au niveau du gouvernorat de Nabeul parmi les zones précaires et fragiles sur le plan socioéconomique. C'est surtout le cas de l'agglomération de Borj Salhi (zone C, hors zone d'étude).

La zone est aussi devenue un espace attractif pour le tourisme local et l'installation des résidences secondaires pour les familles riches et même de classe moyenne.

8.3.4 Nuisances

L'étude n'a pas détecté d'activités qui puissent générer de nuisances (olfactives, sonores, ou autres) qui puissent affecter la municipalité d'El Haouaria et sa population. Il n'existe également pas d'installations classées dans la zone, en dehors du parc éolien existant, ou d'usines agroalimentaires à Sidi Daoud à proximité, et Saheb Jebel situé dans l'aire intermédiaire du projet définie précédemment. La station de traitement et de compression du gaz exporté en Italie (SERGAZ) est située sur la côte Est, à El Haouaria Est dans l'aire éloignée du projet.

La présence du parc éolien existant est à prendre en compte dans la conception du projet.

Les nuisances sonores ont fait l'objet d'une étude intitulée (modélisation du repowering du parc éolien de Sidi Daoud en Tunisie (voir annexes). Le chapitre réservé à l'identification des impacts sur l'environnement traitera spécifiquement le volet du milieu sonore ambiant.

8.3.5 Enquête sociale dans la zone rapprochée et intermédiaire du projet

Cette partie qui est basée sur l'enquête sociale de l'étude est primordiale. Elle est réservée à la population située dans les aires rapprochée et intermédiaire de l'étude. Elle permet en premier lieu de recenser grâce à un nombre d'échantillons de ménages, les personnes et populations qui seront impactées à différents niveaux par le projet de Repowering.

Un protocole d'enquête socioéconomique est élaboré par l'expert Sociologue. Il s'agit d'interroger un nombre défini de la population recensée, sur des aspects aussi divers que la composition de la famille, les revenus formels et informels, les biens matériels des foyers, la fécondité, la scolarisation ou l'état de l'habitation.

8.3.5.1 Approche méthodologique adaptée

La pandémie Covid-19 place notre pays et l'ensemble de l'humanité face à un énorme défi. L'interdiction des rassemblements, la distanciation physique pour minimiser au maximum la contamination et sauver les vies menacées, s'imposent. L'État tunisien a pris des dispositions comme le confinement pour protéger toute la population.

Alors que l'épidémie a pris une tendance à la baisse, le pouvoir public s'est orienté vers un déconfinement ciblé et progressif, ce qui permet un retour au travail conditionné par un protocole sanitaire strict. Il persiste encore l'interdiction des rassemblements des citoyens comme les réunions, les meetings ou les consultations publiques larges. Tout contact humain doit respecter la distanciation et la protection (bavettes, gel désinfectant...)

La méthodologie d'intervention sur terrain relative au projet dans ces conditions de la pandémie en cours, se base sur deux grands axes intimement liés : la consultation publique et l'enquête auprès des chefs de ménages, des mesures d'adaptation sont nécessaires pour protéger les experts, le COPIL, les enquêteurs, la population affectée par le projet et autres.

8.3.5.2 Résultats d'enquête

Dans les conditions normales, la consultation publique se base sur le rassemblement de la population affectée par le projet pour :

- présenter le projet et ses objectifs.
- sensibiliser la population sur l'importance du projet.
- et échanger avec la population concernée afin d'avoir sa position par rapport au projet et les problèmes à éviter et les points à prendre en considération.

Dans les conditions de la pandémie actuelle, cette opération est interdite tout d'abord par la loi et déontologiquement dès le moment que l'on doit éviter la mise en risque de tous les intervenants. Il est nécessaire en conséquence de :

- se concerter avec le maître d'ouvrage sur les mesures à prendre pour mener cette tâche.
- subdiviser la population impactée par le projet en petit groupe de 10 personnes si nécessaire.
- et différer cette tâche à une date ultérieure si les conditions le permettront.

L'enquête de terrain par questionnaire a été menée dans les zones A et B du projet. Il s'agit d'une opération individuelle qui a répondu aux conditions indiquées dont les moyens de préservation et de protection imposés à l'enquêteur et la PAP.

• Caractéristiques de la population enquêtée

Cette enquête de terrain a touché 32 chefs de ménage riverains du projet. La majorité des chefs de ménage enquêtés sont des femmes.

Tableau 32 : Chefs de ménage enquêtés, classés selon le genre

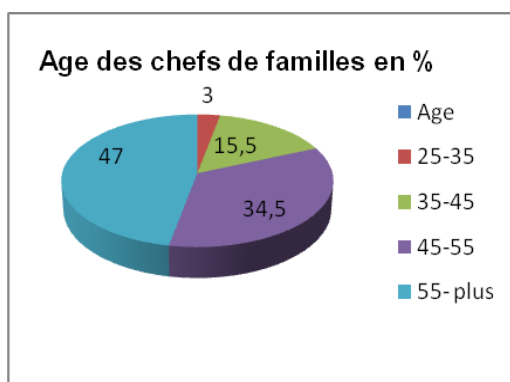
Sexe	Nombre
Masculin	28
Féminin	4
Total	32

• Age des chefs de ménage

L'âge moyen des personnes interrogées est de 55 ans variant selon les classes d'âge de 25 à près de 55 ans et plus.

Tableau 33 : Classes d'âge de la population enquêtée

Age	Nombre	%
25-35	1	3
35-45	5	15,5
45-55	11	34,5
55- plus	15	47
Total	32	100



Les données statistiques confirment bien l'idée que la population rurale en Tunisie est dans une dynamique de vieillissement et que les habitants les plus jeunes des zones rurales comme celle du projet, ne s'intéressent plus à

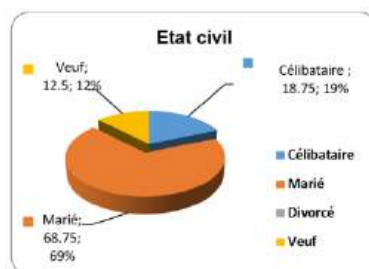
l'exploitation agricole pour de multiples raisons. C'est le cas des jeunes surdiplômés (faible revenu de l'activité agricole, propriété et statut foncier de la terre de la famille, etc.).

- **État civil de la population enquêtée**

Tableau 34 : Situation matrimoniale des personnes interrogées

La population enquêtée État Civil	Nombre	%	État Civil	%
Célibataire	6	18,75	Célibataire	18,75
Marié	22	68,75	Marié	68,75
Divorcé	0	0	Divorcé	0
Veuf	4	12,5	Veuf	12,5
Total	32	100		100

Comme illustré dans ce tableau et dans la représentation graphique suivante, la population de la zone du projet, soit presque 69% des enquêtés, est en majorité mariée, alors que 20% des enquêtés sont des célibataires. Les veufs ne représentent que 12%, ce qui n'est pas négligeable.

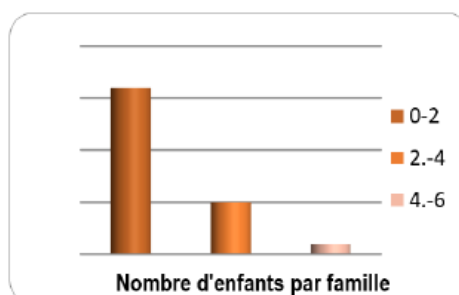


- **Composition de la famille**

Tableau 35 : Structure de la famille dans la zone d'étude

Nombre d'enfants par famille	Total	Handicapé	Parents	Autres
0-2	16	0	0	0
2.-4	5	0	0	0
4.-6	1	0	0	0

La structure de la famille dans la zone du projet est très proche de la caractéristique des familles urbaines. 50% des familles ont un nombre d'enfants limité soit la classe de (0-2 enfants), alors que la taille moyenne de la famille rurale d'après les recensements de 2014 est de 5 à 6 personnes.



• Localisation des résidences par rapport au projet

Presque la totalité des ménages enquêtés ont une résidence permanente, à l'exception d'un chef de ménage qui est en situation de résidence provisoire.

Tableau 36 : Résidence permanente ou provisoire des chefs de famille par rapport à la zone du projet

Résidence du chef de famille	nombre
Permanant	31
Provisoire	1

Localisation de la résidence par rapport au projet		
Localisation	Nombre	%
Dans la zone	32	100%
À proximité de la zone	0	

Il est à préciser et d'après le tableau précédent, la population enquêtée habite à 100% dans la zone du projet.

• Distance des habitations par rapport au site du projet

Tableau 37 : Distance des habitations par rapport à la zone du projet en kilomètres.

Distance	Nombre d'habitations	%
0,2-0,4	4	12,5
0,4-0,6	16	50
0,6-0,8	12	37,5
1 km et plus	0	0



D'après leurs déclarations, la distanciation des habitations par rapport aux sites et à la disposition des éoliennes est très importante à cause des nuisances sonores ressenties par les habitants.

Le tableau précédent exprime bien que plus de 50% des habitations sont dans les normes imposées par les règlements, soit une distance entre 400 et 600 mètres, et 37,5% entre 600 et 800 mètres par rapport aux sites des éoliennes. Notons que cette disposition est aussi en partie liée à la situation des équipements existants sur un relief assez escarpé, couvert de forêt et garrigue, sur un terrain exclusivement occupé par l'exploitant.

12,5% seulement des habitations¹⁰ se retrouvent à des distances non réglementaires, soit entre 200 et 400 m, ce qui peut poser un problème de gêne de bruit et stroboscopique.

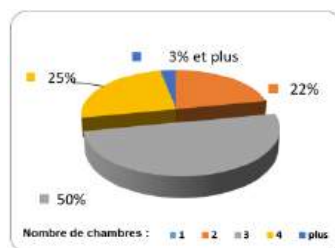
Cependant, ces habitations se trouvent dans l'environnement rural agricole (NSP 10, NSP 21, NSP 22 et NSP 24), ce qui est justifié d'après les visites de terrain. Ces habitations sont de structure d'entrepôt agricole et elles ne sont pas considérées ici comme des résidences permanentes.

¹⁰ Voir plus loin dans le rapport pour la description de ces structures

- **Caractéristique de l'habitat riverain à la zone du projet**

Tableau 38 : Caractéristiques des maisons de la population enquêtée.

Nombre de chambres	Réponse	%
1	0	0
2	7	22
3	16	50
4	8	25
plus	1	3
Total	32	100



Les résultats de l'enquête révèlent que les caractéristiques des maisons ont rompu avec le caractère rural des demeures (Houch) ou maison traditionnelle. Les maisons sont en majorité des villas spacieuses entre à 3 ou 4 chambres. Cette classe totalise 75% des enquêtés.

- **Activités socioéconomiques dans la zone du projet (A et B)**

Tableau 39 : Occupation des ménages enquêtés

Activité socioéconomique	Nombre	%
Privé	22	68,75
Public	0	0
Sans emploi	4	12,5
Retraite	6	18,75
Total	32	100

Environ 70% des personnes enquêtées travaillent dans le secteur privé (68,75% pour les femmes et pour les hommes). Le poids du secteur industriel est relativement faible (18%) et dénote une faible présence d'activités industrielles dans la zone d'étude. Le secteur des services représente le troisième secteur d'activité, 31%.

- **Secteur d'activité**

Tableau 40 : Répartition des activités des ménages par secteur

Secteur d'activité	Nombre	%
Agricole	6	17
Sec	6	17
Irrigué	6	17
Arboriculture	0	0
Élevage	1	3
Industriel	4	11
Commerce	4	11
Services	7	19
Total des réponses	34	100%

Les activités économiques agricoles de la population enquêtée sont très diversifiées et révèlent une intensification élevée entre 300 et 400% comme dans tout le pays. Cependant, ces valeurs n'intéressent que les cultures en irrigué sur des puits de surface. L'activité agricole en sec est peu rentable.

8.4 Milieu naturel

L'objectif de cette partie est d'illustrer les étapes qui permettront d'analyser la richesse écologique et la biodiversité dans la zone du projet et spécifiquement l'avifaune qui intègre le paysage du Parc Éolien de Sidi Daoud.

8.4.1 Ensembles naturels autour du projet

L'étude sur le milieu naturel a pour but d'analyser les enjeux patrimoniaux de la zone d'étude et la sensibilité des espèces l'utilisant. Il s'agit d'évaluer les impacts directs et indirects, de proposer des recommandations techniques et d'apporter les mesures compensatoires éventuelles. Ce volet de l'étude repose sur une analyse des potentialités du site, la recherche d'informations et le travail de terrain.

Le projet doit ainsi être placé dans son contexte naturel global, en précisant l'intérêt écologique général du périmètre éloigné du projet.

8.4.2 Contexte institutionnel et réglementaire

- **Zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique**

Une aire protégée est *“une zone terrestre et/ou marine spécifiquement dédiée à la protection et à la conservation de la diversité biologique, ainsi qu'aux ressources naturelles et culturelles associées, et gérée par des moyens efficaces, de nature juridique ou autre”* (Union Internationale de Conservation de la Nature, 1994). Ces aires protégées, désignées parcs ou réserves, sont créées à l'échelle internationale, régionale, nationale, et municipale. Plusieurs d'entre elles peuvent être liées en réseaux (migration de l'avifaune par exemple).

Cependant, il appartient à l'ANPE, CRDA, mais aussi à la commune de veiller à ce que les documents d'aménagement assurent sa pérennité. Des inventaires permettent d'identifier les espaces qui méritent une attention particulière quant à leur conservation. Leur protection et leur gestion sont mises en œuvre par l'application de mesures réglementaires nationales et des dispositions des Conventions internationales en la matière.

- **Textes de protection du biotope**

Des lois, décrets et arrêtés ministériels nationaux sont promulgués pour la protection des biotopes en application de conventions internationales (Convention relative à la protection du Patrimoine mondial, culturel et naturel adoptée à Paris le 21 novembre 1972, ratifiée par la Tunisie par la loi n°89 du 11 décembre 1974, et Convention sur la Diversité biologique, Convention RAMSAR, 1973, à laquelle la Tunisie a adhéré à cette convention par la loi n°80-9 du 3 mars 1980, etc.), et de juridictions nationales (Loi n°88-20 du 13 avril 1988 portant refonte du Code forestier, Loi n° 2009-49 du 20 juillet 2009, relative aux aires marines et côtières protégées). Ils permettent aux préfets de département de fixer les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire, la conservation des biotopes nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie d'espèces protégées et à interdire des actions pouvant porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux.

- **Zones importantes pour la conservation des oiseaux**

Ces zones sont des surfaces qui abritent des effectifs significatifs d'oiseaux, qu'il s'agisse d'espèces de passage en halte migratoire, d'hivernants ou de nicheurs. Les seuils numériques sont fixés par plusieurs types de critères (importance mondiale, importance nationale, espèces menacées ou en voie de disparition, etc.)

- **Zones humides**

Ce sont des zones de transition entre milieu terrestre et milieu aquatique terrestre et marin) : prairies inondables, plans d'eau, sebkhas, vasières littorales, lagunes, chotts. Cette position d'interface explique la richesse de ces milieux naturels sur le plan écologique, avec une grande variété d'espèces animales et végétales.

• Espaces naturels sensibles

Ces espaces sont des zones naturelles remarquables et fragiles qui bénéficient d'une action de protection et de promotion particulières. Ceci permet de protéger des espaces naturels par leur acquisition foncière et leur gestion par le Code de l'urbanisme.

• Réserves naturelles classées

Cette mesure de protection s'applique sur des parties du territoire dont la faune, la flore, le sol, les eaux, les gisements de minéraux ou de fossiles ou le milieu naturel présentent une qualité exceptionnelle. Les objectifs sont multiples :

- préservation d'espèces animales ou végétales ou de leurs habitats en voie de disparition ;
- reconstitution de populations animales ou végétales ou de leurs habitats ;
- conservation d'espaces botaniques et arboretums constituant des réserves d'espèces végétales en voie de disparition, rares ou remarquables ;
- préservation de biotopes, de formations géologiques ou spéléologiques, et de paysages remarquables ;
- préservation ou constitution d'étapes sur les grandes voies de migration de la faune sauvage ;
- recherche d'information scientifique et technique indispensable au développement des connaissances ;
- etc.

La réserve naturelle est gérée par le ministère de l'agriculture. Cependant la réglementation stipule que certaines opérations peuvent être accordées à des personnes physiques ou morales (voir décret n° 2009-1066 du 13 avril 2009, relatif à la création d'une réserve naturelle à Jebel Bent Ahmed du gouvernorat de Jendouba ; article 3 : La réserve naturelle est gérée par les services forestiers compétents relevant du ministère chargé de l'agriculture conformément aux dispositions du code forestier. Toutefois, il est possible d'accorder certaines opérations de gestion à des personnes physiques ou morales privées, conformément à une convention conclue entre le ministère de l'agriculture et des ressources hydrauliques et les personnes concernées.

• Parcs nationaux

Les parcs nationaux ont été institués par le Code forestier (Loi n°88-20 du 13 avril 1988, article 2). Ce sont des espaces « d'intérêt spécial qu'il importe de préserver contre tout effet de dégradation naturelle et de soustraire à toute intervention anthropique susceptible d'en altérer l'aspect, la composition et l'évolution. Leur création est décidée par décret et leur gestion est assurée par un établissement public sous tutelle du ministère chargé de l'environnement.

Tableau 41 : Liste des parcs nationaux de Tunisie

Parc	Superficie ha	Délégation	Année de création
Parc national de Bouhedma	16648	Sidi Bouzid	1980
Parc national de Boukornine	1939	Ben Arous	1987
Parc national de Chambi	6723	Kasserine	1980
Parc national de Dghoumès	8000	Tozeur	2010
Parc national d'El Feija	2632	Jendouba	1990
Parc national de l'Ichkeul	12600	Bizerte	1980
Parc national de Jbil	150000	Kébili	1994
Parc national de Jebel Chitana-Cap Negro	10122	Béja et Bizerte	2010
Parc national de jebel Mg Hilla	16249	Kasserine et Sidi Bouzid	2010
Parc national de Jebel Orbata	5746	Gafsa	2010
Parc national de Jebel Serj	1720	Kairouan et Siliana	2010
Parc national de Jebel Zaghdoud	1792	Kairouan	2010
Parc national de Jebel Zaghouan	2040	Zaghouan	2010
Parc national d'Oued Zen	6700	Jendouba	2010
Parc national de Senghar-Jabess	2870	Tataouine	2010
Parc national de Sidi Toui	6315	Médénine	1991
Parc national des îles de Zembra et Zembretta	5095	Nabeul	1977

Parmi ces parcs, ceux de Bouhedma, de Chaambi, d'Ichkeul et de Zembra-Zembretta font partie d'une réserve de la biosphère de l'UNESCO.

- **Espèces protégées**

Une espèce « protégée » est une espèce non domestique, qui appartient au patrimoine biologique national et communautaire et qui doit être inscrite sur liste par arrêté ministériel précisant le régime d'interdiction de nuire à ladite espèce.

Flore : Celle-ci fait l'objet de différents textes de lois pour sa protection tant au niveau national que régional et implique l'interdiction de certaines activités pouvant porter atteinte aux différentes espèces protégées (voir Arrêté du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques du 4 avril 2007, portant délégation des attributions relatives à la conclusion de la transaction au sujet des crimes prévus et réprimés par le code forestier et fixant les limites de ces transactions, et arrêté du ministre de l'agriculture du 24 juin 2000, fixant la liste des plantes susceptibles d'être protégées, les données et la méthode d'inscription des demandes et les certificats d'obtentions végétales sur le catalogue national des obtentions végétales, tel que complété par l'arrêté du ministre de l'agriculture, de l'environnement et des ressources hydrauliques du 9 septembre 2004). L'arrêté du ministre de l'agriculture du 19 juillet 2006 donne également la liste des espèces de faunes et de flores menacées.

Oiseaux : La réglementation en Tunisie repose sur plusieurs textes dont en particulier :

Les conventions internationales, dont :

- Convention RAMSAR sur les zones humides d'importance internationale (1971) ; ratifiée par la Tunisie en 1981.
- Convention de Berne (loi n°95-75 du 07 août 1995 portant adhésion de la Tunisie à la Convention de Berne) ;
- Convention de Bonn : Loi n° 86-63 du 16 Juillet 1986, autorisant l'adhésion de la Tunisie à la convention de Bonn sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage, adoptée à Bonn le 23 juin 1979 ;
- Convention des Nations Unies sur la Diversité Biologique (Loi n° 93-45 du 3 mai 1993) ;
- Convention de Barcelone, relative à la protection du milieu marin et du littoral méditerranéen (annexe II) ;
- Convention de Washington, relative au commerce international des espèces de faune et flore sauvages menacées d'extinction (CITES, annexes I et II).

La Convention de Berne est composée de 24 articles et de 4 annexes, qui visent à promouvoir la coopération entre les États signataires, afin d'assurer la conservation de la flore et de la faune sauvages et de leurs habitats naturels et protéger les espèces migratrices menacées d'extinction. Une liste des espèces d'oiseaux menacés d'extinction est donnée dans le décret du ministre de l'agriculture du 28 juillet 2006 cité précédemment.

La réglementation nationale : dont notamment

- Refonte du Code forestier par la loi n° 88-20 du 13 avril 1988, modifié par la loi n° 2001-28 du 19 mars 2001, et complété par la loi n° 2005-13 du 26 janvier 2005.
- Arrêté du Ministre de l'Agriculture et des Ressources Hydrauliques du 19 juillet 2006, fixant la liste de la faune et de la flore sauvages rares et menacées d'extinction.
- Arrêté du Ministre de l'Agriculture du 24 août 1994, relatif à l'organisation de la chasse notamment, en ce qui concerne les Mammifères, les Oiseaux, les Reptiles et les Amphibiens (Tortues terrestres, marines et dulci-coles ; Varan ; Fouette-queue ; Caméléon ; Grenouilles)
- Arrêté du Ministre de l'Agriculture du 18 juin 1988, relatif au régime de chasse dans le domaine forestier de l'État.
- Arrêté du Ministre de l'Agriculture du 18 juin 1988, réglementant les techniques de capture et les conditions de détention des oiseaux de vol.
- Arrêté du Ministre de l'Agriculture du 28 mars 2001, fixant les conditions et modalités spécifiques à l'exercice de la chasse touristique

Chiroptères : Ils ont un statut de protection international et figurent sur la liste des espèces protégées et sur les listes des annexes de la Convention de Berne relative à la « conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe » et de la convention de Bonn « relative à la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage ».

8.4.3 Ensembles naturels à l'échelle des aires d'étude

La péninsule du Cap Bon est une région d'une valeur paysagère exceptionnelle et d'une richesse naturelle remarquable. Elle inclut quatre zones : Jebel El Haouaria, forêts de Dar Chichou, oued Laâbid, archipel de Zembra et lagunes du Cap-Bon oriental.

Jebel El Haouaria

Il est caractérisé par de nombreuses falaises et des grottes. C'est le plus important espace de concentration d'oiseaux durant la migration du printemps en Tunisie, où des dizaines de milliers de rapaces, cigognes, grues et autres oiseaux entament le périlleux survol de la Méditerranée de l'Afrique vers l'Europe. La présence de courants ascendants permet aux grands oiseaux de gagner de l'altitude et de profiter du vol plané pour traverser la mer.

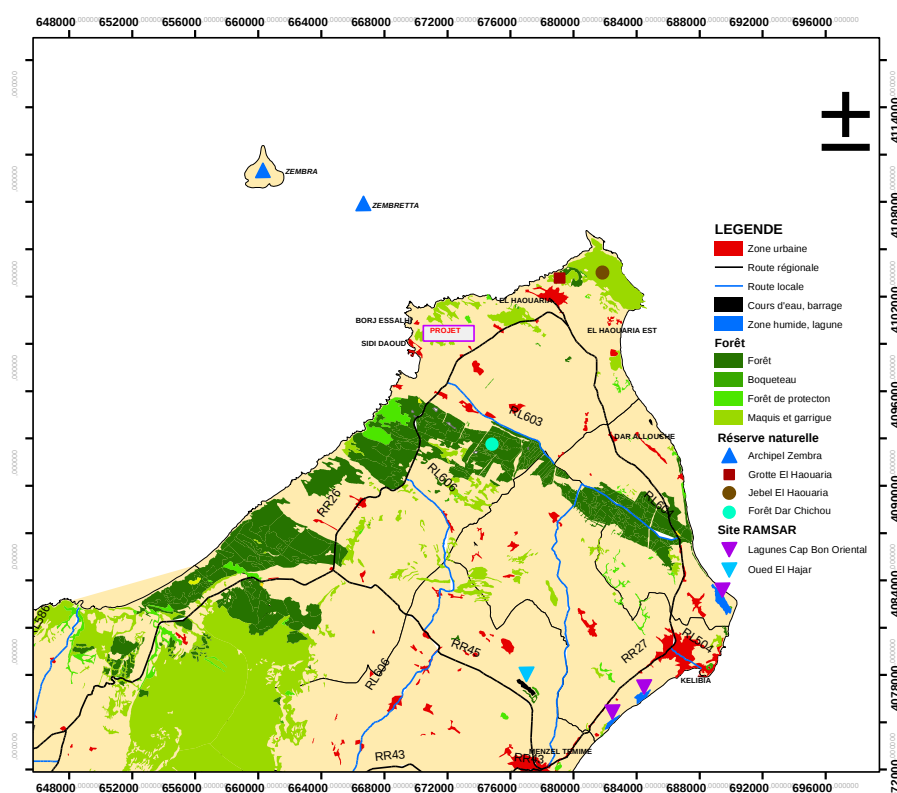


Figure 56 : Principaux ensembles naturels, réserves naturelles, sites protégés et sites Ramsar situés dans l'aire éloignée du Projet.

Jebel El Haouaria souffre actuellement de menaces anthropiques sérieuses de chasse incontrôlée, de surpâturage, de déboisement et d'incendie.

Grotte des chauves-souris d'El Haouaria : De 0,1 ha de superficie, c'est la plus petite aire protégée de Tunisie. La grotte d'El Haouaria à chauves-souris (dont 5 espèces : *Rhinolophus mehelyi*, *Rhinolophus blasii*, *Rhinolophus ferrumequinum ferruquinum*, *Myotis blythi oxygnathus*, *Miniopterus schreibersi*), est classée comme réserve naturelle (voir : Arrêté du ministre de l'Agriculture du 18 décembre 1993, portant création d'une réserve naturelle à la Grotte de Chauves-Souris de la délégation d'El Haouaria du Gouvernorat de Nabeul).

Réserve naturelle Dar Chichou

La forêt artificielle Dar Chichou couvre 5000 hectares. Elle est située à 4 Km de la centrale éolienne de Sidi Daoud et mise en garde par la direction générale des forêts. Elle est gardée par la direction générale des forêts, et partiellement exploitée pour le pin pignon et la coupe de bois. Cette forêt présente un habitat adéquat pour les passereaux sédentaires

pour la nidification, et ceux migrateurs pour l'approvisionnement. Ces derniers proviennent essentiellement d'Europe centrale, d'Europe de l'Est, de Russie et d'Asie centrale.

Oued Laâbid

Avant de rejoindre la mer, le cours de l'oued Laâbid traverse une région boisée (Eucalyptus, Pins et Acacias) et une formation dunaire fixée par des genévriers et des rétames, plus étendue le long de la rive gauche de ce cours d'eau. Ce dernier forme en aval un plan d'eau stagnant duquel part un petit ruisseau vers la mer en période pluvieuse. La végétation aquatique éparsée de bordure est constituée d'une graminée, de joncs et plus en amont, de roseaux.

Archipel de Zembra

Il est constitué par l'île de Zembra et les deux îlots de Zembretta. L'île principale d'un linéaire côtier de 9 km, occupe une superficie. Elle se trouve à 13 km de Ras El Hmar et à 15 km de Sidi Daoud. Du fait de sa position biogéographique, cet Archipel se trouve à la jonction entre les deux secteurs oriental et occidental de la Méditerranée. Il constitue une Zone de protection biologique et un Parc National riche en herbiers de Posidonies, en fonds rocheux diversifiés et en habitats potentiels pour le phoque moine. Sur le plan international, l'archipel de Zembra est inscrit sur la liste des Réserves de la Biosphère depuis 1977 et sur la liste des Aires Spécialement Protégées d'Intérêt Méditerranéen depuis 2001.

- Décret n° 77-340 du 1er avril 1977, portant création du parc national des îles de Zembra et Zembretta.
- Arrêté du ministre de l'Agriculture du 6 juillet 1984, portant réglementation générale du parc national des îles de Zembra et Zembretta.
- Arrêté du ministre de l'Agriculture du 09 novembre 1973 relatif à l'institution d'une zone de protection biologique autour de l'île de Zembra.

L'archipel est connu par sa biodiversité marine et terrestre remarquable. Il dispose, en plus des Cétacés (dauphins et baleines), d'importants effectifs de poissons surtout les sardines et les thons qui profitent de la richesse des courants d'eau en plancton. Des tortues marines s'y observent aussi fréquemment.

L'île de Zembra héberge un cortège d'animaux terrestres de haute importance pour la conservation comme le lapin de Garenne *Oryctolagus cuniculus*, espèce classée par l'UICN en danger d'extinction, à l'état sauvage, et du mouflon de Corse *Ovis aries*. Les reptiles sont représentés par six espèces de lézards (*Hemidactylus turcicus*, *Chalcides ocellatus*, *Psammotriton algirus*, *Hemorrhois hippocrepis*, *Malpolon insignitus* et *Macroprotodon mauritanicus*). La frange animale la plus riche et diversifiée est l'avifaune extrêmement riche, constituée d'espèces migratrices et nicheuses dont le Cormoran huppé *Phalacrocorax aristotelis*, le Goéland d'Audouin *Chthyaetus audouinii*, quasi-menacé, et les faucons pèlerin (11 couples) et lanier (2 couples) qui se reproduisent régulièrement sur l'île. Actuellement l'île abrite la plus grande colonie méditerranéenne de reproduction en marquant plus de 100.000 couples nicheurs (Du Rau et al., 2015).

Lagunes du Cap Bon oriental

La frange orientale du Cap Bon se distingue par la présence d'un chapelet quasiment continu de zones humides (504 ha) longeant tout le littoral classées zones humides RAMSAR en 2007 (Convention de Ramsar relative à la conservation des zones humides internationales : Signée à Ramsar (Iran) le 2 février 1971). Elles sont isolées de la mer par un cordon dunaire de faible dimension, et par des plages sableuses. La végétation des berges est constituée d'un couvert halophile, formé principalement de plantes succulentes, constituant un habitat propice à la nidification des oiseaux d'eau. Les habitats constitués d'une végétation typiquement dulçaquicole sont plus ponctuels et localisés dans les plans d'eau pérennes. Actuellement le complexe lagunaire composé des deux lagunes de Korba (Nord et Sud) et des deux lagunes de Tazarka et de Maâmoura, est classé site Ramsar. Ces zones humides permettent régulièrement des transits des populations d'oiseaux entre elles.

8.4.4 Biodiversité floristique

D'après Nabli (1989) la flore du Cap-Bon compte 929 espèces ce qui représente 43% de la flore spontanée de Tunisie, formée de 2162 espèces réparties en 115 familles et en 742 genres. Toutefois, seules 34 espèces sont endémiques dont une partie est inféodées à la péninsule du Cap Bon.

La diversité des sites naturels se traduit aussi par une richesse floristique remarquable, l'étude effectuée par El Hamrouni (2001) est parvenu à bien représenter la flore du Cap-Bon. Les unités écologiques les plus représentatives de la flore existent sur les dunes d'oued Laâbid, dans la forêt de Dar Chichou, au Jebel El Haouaria, à l'archipel de Zembra et en bordure des lagunes orientales.

Les dunes d'oued Laâbid et de Dar Chichou sont colonisées par une couverture forestière et pré-forestière à la fois herbacée et ligneuse. Les herbacées *Ammophila arenaria* (Oyat) et *Retama bovei* (Rtem), et les buissons ligneux à chêne Kermès *Quercus coccifera* et à genévriers (*Juniperus oxycedrus* et *Juniperus phoenicea*) prédominent. Ce biotope abrite 11 espèces rares et 4 espèces menacées qui sont *Ceratonia siliqua* (caroubier), *Chamaerops humilis* (palmier nain), *Ephedra fragilis* (éphédre) et *Asparagus acutifolius* (asperge à feuilles en épines). À côté des espèces locales comme le pin pignon et le pin d'Alep s'ajoutent des espèces exotiques (australienne) introduites dont *Eucalyptus* et *Acacia*.

Les reliefs du Jebel El Haouaria et de l'archipel de Zembra, rocheux et escarpés, abritent une flore affine de La Galite et de l'ensemble du littoral septentrional de la Tunisie. Il s'agit d'un maquis à Ericacées bien conservé à Zembra et très dégradé à Jebel El Haouaria. Celui-ci abrite 9 espèces qualifiées de rares, 3 espèces abondantes, 2 introduites, 4 menacées et 4 espèces endémiques (*Dianthus rupicola*, *Scabiosa farinosa*, *Calendula monardi*, *Limonium goujetianum*).

L'archipel de Zembra héberge 14 espèces rares, 5 remarquables, 4 abondantes, 4 introduites, 3 fruitières, 3 endémiques tunisiennes (*Scabiosa farinosa*, *Dianthus rupicola* et *Melica minuta*), 2 espèces endémiques maghrébines (*Brassica cretica* et *Erodium hymenoides*) et 5 espèces endémiques méditerranéennes (*Sanguisorba spinosa*, *Iberis semperflorens*, *Erodium maritimum*, *Lavatera punctata* et *Senecio cineraria*).

Les lagunes du littoral méridional/oriental de la péninsule du Cap-Bon abritent une végétation halophile tandis que les dunes portent selon leur degré de stabilité soit de l'oyat, soit du Retem. Ces biotopes ne renferment pas d'espèces endémiques. 7 espèces rares et 8 espèces remarquables sont identifiées.

8.4.5 Biodiversité faunistique non-avienne

• Richesse en Reptiles et en Amphibiens

L'herpétofaune de la Tunisie compte 64 espèces de Reptiles et 7 espèces d'Amphibiens. Les Reptiles sont représentés par 6 Chéloniens dont deux tortues d'eau douce et 1 terrestre ; 1 Amphisbénien, 34 Sauriens (Lézards) et 23 Ophidiens (serpents : couleuvres et vipères).

L'herpétofaune terrestre, marine et dulçaquicole du Cap-Bon est composée de :

- 5 espèces d'Amphibiens appartenant à 4 familles ;
- 21 espèces de Reptiles appartenant à 20 genres, 8 familles et 3 ordres. On compte 4 tortues (une terrestre, deux d'eau douce et une marine, *Caretta caretta*) ; 11 espèces de lézards et 8 serpents (6 couleuvres et 2 vipères) (Tableau ci-dessous).

Sur les huit espèces d'Amphibiens de Tunisie, 5 se rencontrent au Cap-Bon. Par ailleurs, le Cap-Bon renferme 36% des espèces de la Tunisie. Il abrite la plupart des reptiles de la Tunisie septentrionale limitée par la Dorsale. Les espèces absentes du Cap-Bon sont celles de la Tunisie méridionale qui sont principalement d'affinité saharienne.

Tableau 42 : Liste systématique de l'herpétofaune du Cap-Bon (d'après Nouira, 2001)

Classe	Famille	Espèce	Nom commun	Statut IUCN
Amphibiens				
Anoures	Ranidae (Grenouilles)	<i>Pelophylax saharicus</i>	Grenouille verte d'Afrique du nord	LC
	Discoglossidae (Discoglosses)	<i>Discoglossus pictus</i>	Discoglosse peint	LC
	Bufonidae (crapauds)	<i>Bufo viridis</i>	Crapaud vert	LC
		<i>Sclerophrys mauritanica</i>	Crapaud de Mauritanie	LC
	Hylidae (rainettes)	<i>Hyla carthaginiensis</i>	Rainette de Carthage	LC
Reptiles				
Chéloniens	Cheloniidae	<i>Caretta caretta</i>	Caouanne	VU
	Emydidae (tortues d'eau douce)	<i>Emys orbicularis</i>	Cistude d'Europe	NT
		<i>Mauremys leprosa</i>	Émyde lépreuse	VU
	Testudinidae (tortues terrestres)	<i>Testudo graeca</i>	Tortue grecque	VU
Sauriens	Lacertidae (lézards vrais)	<i>Timon pater</i>	Lézard ocellé d'Afrique du nord	LC
		<i>Psammodromus algirus</i>	Psammodrome algire	LC
		<i>Acanthodactylus blanci</i>	Acanthodactyle de blanci	EN
		<i>Acanthodactylus boskianus</i>	Acanthodactyle de Bosc	LC
		<i>Acanthodactylus maculatus</i>	Acanthodactyle tacheté	LC
		<i>Ophisops occidentalis</i>	Lézard à œil de serpent de Maghreb	LC
	Gekkonidae (geckos)	<i>Hemidactylus turcicus</i>	Hémidactyle verruqueux	LC
		<i>Tarentola mauritanica</i>	Tarente de Mauritanie	LC
	Scincidae (seps)	<i>Chalcides ocellatus</i>	Seps ocellé	LC
		<i>Chalcides chalcides</i>	Seps chalcide	LC
	Chamaeleontidae (caméléons)	<i>Chamaeleo chamaeleon</i>	Caméléon commun	LC
Ophidiens	Colubridae (couleuvres)	<i>Natrix natrix</i>	Couleuvre à collier	LC
		<i>Natrix maura</i>	Couleuvre vipérine	LC
		<i>Hemorrhois hippocrepis</i>	Couleuvre fer-à-cheval	LC
		<i>Malpolon monspessulanus</i>	Couleuvre de Montpellier	LC
		<i>Macroprotodon cucullatus</i>	Couleuvre à capuchon	LC
		<i>Daboia mauritanica</i>	Vipère de Mauritanie	NT

• Richesse en mammifères

La situation géographique de la péninsule du Cap-Bon, sa structure géomorphologique et son climat subhumide ont engendré une mosaïque d'écosystèmes où évolue une faune mammalienne diversifiée. Un ensemble de 43 espèces appartenant à 7 ordres et réparties sur 19 familles existent. La frange des mammifères non marins est représentée par 36 espèces incluant 13 espèces de chauves-souris alors que les mammifères marins sont de l'ordre de 7 espèces (2 baleines et 5 dauphins).

Tableau 43. Liste systématique des mammifères marins (Bradai & Karaa, 2015) et non marin (Cheniti, 2001 ; Koepfli et al., 2015) y compris les chiroptères (Dalhoumi et al., 2011) du Cap-Bon.

Ordre	Famille	Espèce	Statut
Terrestre			
Insectivores	Erinaceidae	<i>Atelerix algirus</i> (hérisson)	Commun
	Soricidae	<i>Crociodura russula</i> (musaraigne musette)	Rare
Chiroptères	Rhinolophidae	<i>Rhinolophus blasii</i> (Rhinolophe de Blasius)	Rare
		<i>Rhinolophus ferrumequinum</i> (Grand rhinolophe)	Rare
		<i>Rhinolophus hipposideros</i> (Petit rhinolophe)	Rare
		<i>Rhinolophus euryale</i> (Rhinolophe euryale)	Rare
		<i>Rhinolophus mehelyi</i> (Rhinolophe de Mehely)	Rare
	Molossidae	<i>Tadarida teniotis</i> (Molosse de Cestoni)	Rare
	Miniopteridae	<i>Miniopterus schreibersi</i> (Minioptère de Schreibers)	Rare
	Vespertilionidae	<i>Eptesicus isabellinus</i> (Sérotine isabelle)	Rare
		<i>Pipistrellus kuhlii</i> (Pipistrelle de Kuhl)	Rare
		<i>Pipistrellus pipistrellus</i> (Pipistrelle commune)	Rare
		<i>Plecotus gaisleri</i> (Oreillard de Gaisler)	Rare
		<i>Hypsugo savii</i> (Vespère de Savi)	Rare
		<i>Myotis punicus</i> (Murin du Maghreb)	Rare
Carnivores	Canidae	<i>Canis lupaster</i> (Loup doré)	Rare
		<i>Vulpes vulpes atlantica</i> (renard)	Rare
	Mustelidae	<i>Lutra lutra</i> (loutre d'eau douce)	Très rare
		<i>Mustella nivalis</i> (belette)	Très rare
		<i>Ichonyx libycus</i> (zorille)	Rare
	Viverridae	<i>Herpestes ichneumon</i> (mangouste)	Rare
		<i>Genetta genetta</i> (genette)	Rare
	Felidae	<i>Lynx caracal</i> (lynx)	Très rare
		<i>Felis silvestris libyca</i> (chat sauvage)	Rare
Rongeurs	Histricidae	<i>Histrix cristata</i> (porc-épic)	Très rare
	Muridae	<i>Meriones shawi</i> (mérione)	Commun
		<i>Gerbillus campestris</i> (gerbille champêtre)	Commun
		<i>Rattus rattus</i> (rat noir)	Commun
		<i>Rattus norvegicus</i> (surmulot)	Commun
		<i>Mus musculus</i> (souris grise)	Commun
		<i>Apodemus sylvaticus</i> (mulot)	Rare
		<i>Lemniscomys barbarus</i> (rat rayé)	Rare
	Gliridae	<i>Eliomys quercinus</i> (lérot)	Très rare
	Dipodidae	<i>Jaculus orientalis</i> (grande gerboise)	Commun
Lagomorphes	Leporidae	<i>Lepus capensis</i> (lièvre)	Rare
Artiodactyles	Suidae	<i>Sus scrofa</i> (sanglier)	Commun
Marins			
Cetacea	Balaenopteridae	<i>Balaenoptera physalus</i> (Rorqual commun)	Vulnérable
	Physeteridae	<i>Physeter macrocephalus</i> (Grand cachalot)	En danger

	Delphinidae	<i>Stennalla coeruleoalba</i> (Dauphin bleu et blanc)	Vulnérable
		<i>Delphinus delphis</i> (Dauphin commun)	En danger
		<i>Tursiops truncatus</i> (Grand Dauphin)	Vulnérable
		<i>Grampus griseus</i> (Dauphin de Risso)	Préoccupation mineure
		<i>Globicephala melas</i> (Globicéphale noir)	non évalué

8.4.6 Écosystème Chiroptère (Chauves-souris)

La société portugaise STRIX a réalisé une étude relative aux oiseaux et aux chauves-souris dans le cadre du projet de repowering de la centrale éolienne de Sidi Daoud. Ci-dessous, nous présentons une description des travaux réalisés. Les deux rapports sont disponibles en section 18 : Annexes (voir Annexe 07 & 08).

8.4.6.1 Méthodologie d'étude sur terrain

Pour couvrir un cycle biologique complet, l'étude est étalée sur une année avec un échantillonnage durant chacune des quatre saisons méditerranéennes (Voir tableau ci-dessous). Une campagne sur terrain supplémentaire a été réalisée en août 2021 pour faire des travaux de capture avec des filet japonais et la recherche de gîtes, qui n'avaient pu être effectués auparavant à cause de la Covid19.

De point de vue diversité biologique, physiologique et comportementale, les chauves-souris constituent un groupe des mammifères assez important. Étant des animaux volants et de mœurs nocturnes, leur étude présente des difficultés et des limites assez spécifiques. Par conséquent, quatre méthodes complémentaires ont été planifiées pour obtenir des informations. Les méthodes sont les suivantes :

- Détection / enregistrement acoustique actif.
- Détection / enregistrement acoustique passif (à partir d'équipement installé sur un mât météorologique).
- Capture par filets japonais.
- Recherche de gîtes/colonies.

TABLEAU 44. CALENDRIER D'ÉCHANTILLONNAGE

Saison	Mois	Jours	Méthodologies appliquées
Automne	Octobre 2020	4 au 6	Détection active
Hiver	Janvier 2021	20 au 25	Détection active
Printemps	Avril 2021 / Juillet 2021	22 au 25 / 12 au 15	Détection active
Été	Août 2021	23 au 28	Capture/ gîtes/ détection active

8.4.6.2 Résultats

Enquête bibliographique

Avec environ 1400 espèces à travers le monde les chauves-souris sont, après les rongeurs, le second ordre de mammifères en termes de diversité spécifique (Wilson & Mittermeier 2019, Taylor & Tuttle 2019).

La Tunisie héberge 21 espèces de chauves-souris (Dalhoumi et al. 2011, Puechmaille et al. 2012, 2014, Bendjedou et al. 2016, ACR 2020, Tableau 9). La présence est incertaine pour trois autres espèces : le Grand Rhinopome *Rhinopoma microphyllum*, le Thaphien à ventre nu *Taphozous nudiventris* (ACR 2020, IUCN 2020) et le murin Zenati *Myotis zenatius* (Juste et al. 2019, Wilson & Mittermeier 2019).

Quatre d'entre les 21 espèces habitent les zones désertiques ou semi-désertiques, donc ont une distribution limitée au sud de la Tunisie, et n'ont pas été notées dans la région de Tunis. Une de ces espèces, la Pipistrelle de Rüppell, *Vansonia rueppellii* n'a été reportée qu'une fois en Tunisie, près de Taoujout. Une cinquième espèce, la Molosse d'Égypte, *Nyctinomus aegyptiacus* n'a été aussi reportée qu'une fois en Tunisie, au parc national de Jbil. Ainsi, 16 espèces sont susceptibles de fréquenter la zone du parc, dont deux sont globalement vulnérables (VU), trois sont quasi menacées (NT), une est dans la catégorie présentant des données insuffisantes (DD) et dix sont évaluées comme

préoccupation mineure (LC). La région où est implanté la CESD est riche en marnes, grès et lumachelles. Ce sont des roches où des grottes peuvent être formées et diverses grottes avec des chauve-souris sont connues dans le Gouvernorat de Nabeul, comme la Grotte des Chauve-souris à El Haouaria, réserve naturelle créée à cause de la présence de cinq espèces de chauves-souris cavernicoles (*Rhinolophus mehelyi*, *R. blasii*, *R. hipposideros*, *Myotis punicus* et *Miniopterus schreibersii*).

Tableau 45. Liste des espèces de chauve-souris de la Tunisie et leur statut de conservation global selon la liste rouge de IUCN (2020).
VU – Vulnérable, NT – Quasi menacé, LC – Préoccupation mineure, DD – Données insuffisantes.

Famille	Nom commun	Espèce	Statut de conservation	Présence dans la région
Rhinolophidae	Grand rhinolophe	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>	LC	Probable
Rhinolophidae	Petit rhinolophe	<i>Rhinolophus hipposideros</i>	LC	Probable
Rhinolophidae	Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>	NT	Probable
Rhinolophidae	Rhinolophe de Mehely	<i>Rhinolophus mehelyi</i>	VU	Probable
Rhinolophidae	Rhinolophe de Blasius	<i>Rhinolophus blasii</i>	LC	Probable
Rhinolophidae	Petit rhinopome	<i>Rhinopoma cystops</i>	LC	Absente
Hipposideridae	Trident du désert	<i>Asellia tridens</i>	LC	Absente
Vespertilionidae	Sérotine isabelle	<i>Eptesicus isabellinus</i>	LC	Probable
Vespertilionidae	Pipistrelle de Kuhl	<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	Probable
Vespertilionidae	Pipistrelle commune	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	Probable
Vespertilionidae	Pipistrelle de Rüppell	<i>Vansonia rueppellii</i>	LC	Absente
Vespertilionidae	Vespère de Savi	<i>Hypsugo savii</i>	LC	Probable
Vespertilionidae	Oreillard d'Hemprich	<i>Otonycteris hemprichii</i>	LC	Absente
Vespertilionidae	Oreillard du Maghreb	<i>Plecotus gaisleri</i>	LC	Probable
Vespertilionidae	Murin de Capaccini	<i>Myotis capaccinii</i>	VU	Probable
Vespertilionidae	Murin à oreilles échancrées	<i>Myotis emarginatus</i>	LC	Probable
Vespertilionidae	Murin du Maghreb	<i>Myotis punicus</i>	DD	Probable
Miniopteridae	Minioptère de Schreibers	<i>Miniopterus schreibersii</i>	NT	Probable
Miniopteridae	Minioptère du Maghreb	<i>Miniopterus maghrebensis</i>	NT	Probable
Molossidae	Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>	LC	Probable
Molossidae	Molosse d'Égypte	<i>Nyctinomus aegyptiacus</i>	LC	Absente

Espèces de chauves-souris présentes dans la zone du projet

Le travail développé a permis de dénombrer six espèces de chauves-souris : la Pipistrelle de Kuhl (*Pipistrellus kuhlii*), la Pipistrelle commune (*Pipistrellus pipistrellus*), la Sérotine isabelle (*Eptesicus isabellinus*), le Molosse de Cestoni (*Tadarida teniotis*), le Murin du Maghreb (*Myotis punicus*) et le Rhinolophe de Mehely/ euryale (*Rhinolophus mehelyi/ euryale*). Les quatre premières espèces sont classées comme préoccupation mineure au niveau de la conservation global par l'IUCN (2020). Le Murin du Maghreb est une espèce avec un statut insuffisamment connu. Le Rhinolophe euryale est classé comme quasi menacé, tandis que le Rhinolophe de Mehely est classé comme vulnérable. Le Rhinolophe détecté devrait être, presque certain, de la dernière espèce.

Tableau 46. Espèces/genres de chauves-souris détectées par détection acoustique et leur statut de conservation global selon la liste rouge de IUCN (2020) : VU – Vulnérable, NT – Quasi menacé, LC – Préoccupation mineure, DD – Données insuffisantes ; N. points - nombre de points d'échantillonnage où chaque espèce a été détectée ; N. contacts – nombre total de contacts pour chaque espèce.

Nom scientifique	IUCN status	Présence automne		Présence hiver		Présence printemps	
		N. points	N. contacts	N. points	N. contacts	N. points	N. contacts
<i>Rhinolophus mehelyi/ euryale</i>	VU/NT	1	1	0	0	0	0
<i>Eptesicus isabellinus</i>	LC	1	1	1	2	4	6
<i>Pipistrellus kuhlii</i>	LC	15	57	8	37	9	36
<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	LC	0	0	0	0	1	1
<i>Myotis punicus</i>	DD	2	7	1	1	0	0
<i>Tadarida teniotis</i>	LC	2	4	0	0	0	0

Répartition spatiale des chauves-souris

La présence des chauves-souris le long de la zone de la centrale éolienne a été analysée sur la base des données de l'échantillonnage acoustique active (manuelle) et complémentés avec les données de l'échantillonnage acoustique automatique. Au printemps, les chauves-souris ont été plus détectées dans les régions plus planes à nord-est de Jebel Ghormane, et aussi proche de Sidi Daoud. Le point PA 25 était une fois de plus le point avec plus de contacts.

De manière générale, pour l'ensemble des campagnes déjà réalisées, des chauves-souris ont été détectées sur l'ensemble de la zone d'étude. Cependant, jusqu'à présent, ils n'ont pas été détectés en quelques points, situés au sud-est du Jebel Ghormane, à son sommet, et dans la région nordouest de la zone d'étude, à savoir, le long de la ligne plus au nord-ouest des éoliennes.

Dans les trois saisons, une seule espèce était généralement identifiée à chaque point. Pour l'ensemble des campagnes, ont été identifiés deux espèces en quatre points (PA 14, 18, 25 et 26) et trois espèces en deux points (PA 10 et 22). Ont été détectés quatre espèces au mât météorologique.

Utilisation de la zone par des espèces de chauves-souris

Pipistrelle de Kuhl

La Pipistrelle de Kuhl été l'espèce plus souvent détectée dans la CESD, avec 74% des contacts de chauves-souris obtenus par l'échantillonnage manuel et 54% à la détection automatique. En effet, la répartition générale des chauves-souris reflète la distribution de la Pipistrelle de Kuhl. Cette espèce a été détectée tous les mois, d'octobre à avril.

La Pipistrelle de kuhl chasse habituellement à moins de 20 mètres au-dessus du sol, mais elles peuvent atteindre quelques centaines de mètres de hauteur (Wilson & Mittermeier 2019, Rodrigues et al. 2015). La proportion de contacts identifiés comme Pipistrelle de Kuhl diminue avec la hauteur, passant de 74 % au niveau du sol à 41 % à 75 mètres de hauteur.

Pipistrelle commune

Les signaux d'écholocation émis par la pipistrelle de Kuhl et la pipistrelle commune sont parfois semblables. Dans ces cas, il n'est souvent pas possible de l'identifier au niveau de l'espèce. La distribution spatiale des spécimens pour lesquels il n'a pas été possible de distinguer la pipistrelle de Kuhl de la pipistrelle commune. La plupart de ces contacts sont probablement de la Pipistrelle de Kuhl, qui est l'espèce dominant dans la zone de la Centrale Éolienne de Sidi Daoud.

Murin du Maghreb

Bien que moins présente que la pipistrelle de Kuhl, le Murin du Maghreb était l'une des trois espèces les plus fréquemment détectées avec la détection manuelle. Cette espèce a été détecté en trois points (PA 4, 10 et 22), et aussi au mât météorologique. C'est une espèce cavernicole, connue d'habiter la grotte des chauves-souris à El Haouaria. Le point PA 22, où la plupart des contacts de cette espèce ont été enregistrés, est le point le plus proche d'El Haouaria. Cette espèce a été détectée tous les mois sauf en février. Le Murin du Maghreb a été détecté au niveau du sol et à 27 mètres de hauteur. C'est une espèce que d'habitude chasse très proche du sol, mais que peut chasser plus haute selon la disponibilité des proies.

Sérotine isabelle

La Sérotine isabelle c'est la troisième espèce plus fréquemment détectée avec la détection manuelle. Cette espèce a été détectée en cinq points (PA 10, 14, 18, 22 et 26), et aussi au mât météorologique. Cette espèce a été détectée tous les mois sauf en février. La Sérotine isabelle a été détectée au niveau du sol et à 27 mètres de hauteur. La Sérotine isabelle est principalement un chasseur aérien mais elle est également capable de chasser sur le sol et la végétation.

Molosse de Cestoni

Le Molosse de cestoni été enregistré uniquement à PA 2, PA 6 et au mât météorologique. Il est à noter que le PA 6 est très proche du mât météorologique. Ces trois places se localise près des 70 mètres d'altitude, aux collines de Jebel El Hammam et de Jebel Ghormanee, qui comprennent la plupart des zones boisées. Cette espèce n'a pas été détectée en janvier et février, les mois les plus froids de l'année, bien que l'échantillonnage en janvier ait été très faible.

La proportion de contacts identifiés comme Molosse de Cestoni augmente avec la hauteur. À 75 mètres de haut est l'espèce dominante. C'est un chasseur aérien, qui chasse généralement de 10 mètres de hauteur à plus de 100 mètres.

Rhinolophes

Les Rhinolophes ont été enregistrés uniquement en automne à PA 30. C'est un genre qui émet des vocalisations à une fréquence très élevée, détectées que lorsqu'elles sont très proches du détecteur (moins de 10 mètres), à la suite de quoi leur présence devient sous-représentée dans les résultats obtenus.

Deux des espèces de Rhinolophes qui existent en Tunisie émettent des vocalisations compatibles avec les données enregistrées : le Rhinolophe de Mehely et le Rhinolophe euryale. Ces deux espèces sont aussi semblables morphologiquement, étant parfois difficile de les identifier. La première est connue à la Grotte des chauves-souris, avec 300 individus observés au mai 2011 (Puechmaillé et al. 2012). Est une espèce qui peut faire des déplacements allant jusqu'au 24km entre les gîtes et les zones d'alimentation (Rainho & Palmeirim 2011) avec préférence pour habitats ouverts, tels les du PA 30. Alors que la second n'est pas connue dans le gouvernorat de Nabeul, seulement dans la région nord-ouest de la Tunisie (Dalhoumi et al. 2011, Puechmaillé et al. 2012) et a une préférence pour chasser aux forêts de feuillus, évitant les habitats ouverts. Donc l'individu détectée au PA 30 devrait être, presque certain, un Rhinolophe de Mehely.

Espèces préoccupantes pour la conservation

Parmi les six espèces de chauves-souris dont la présence dans la zone du projet a été confirmée par le travail effectuée, quatre présentent un statut de conservation de préoccupation mineure au niveau mondial (LC). Outre, le Murin du Maghreb, est une espèce avec un statut insuffisamment connu (DD). La cinquième c'est un Rhinolophe, probablement le Rhinolophe de Mehely, bien que la possibilité d'être le Rhinolophe euryale ne peut être exclue. Si le dernier est classé comme quasi menacé (NT), le Rhinolophe de Mehely est classé comme vulnérable au niveau mondial (VU).

Le Murin de Capaccini (*Myotis capaccinii*), une espèce aussi classée comme vulnérable, a été enregistré à divers endroits au nord de Tunisie. Bien qu'il n'y ait aucun enregistrement dans le gouvernorat de Nabeul, il y a des conditions favorables pour sa présence dans cette région. Toutefois, dans la zone du Parc Éolien de Sidi Daoud, les conditions sont peu appropriées à cette espèce, de sorte que sa présence est peu probable.

Toutes les espèces de chauves-souris sont inclus dans l'arrêté du ministre de l'agriculture et des ressources hydrauliques du 19 juillet 2006, fixant la liste de la faune et de la flore sauvages rares et menacées d'extinction.

8.4.7 Écosystème Ornithologique

Le Cap-Bon occupe une place privilégiée dans la dynamique globale des oiseaux. Bien connue pour son couloir migratoire à travers Jebel El Haouaria, cette région fait partie des quelques sites privilégiés pour l'avifaune dans le bassin Méditerranéen.

Cette péninsule est aussi connue par sa diversité écosystémique. Elle possède des habitats aussi riches que variés, constitués de différents biotopes : forêts, plaines, zones humides, montagnes, zones côtières dont figurent huit sites ZICO (zone importante pour la conservation des oiseaux) tels que l'archipel de Zembra et Zembretta, les barrages de Lebna, de Masri, de Mlaâbi et de Sidi Abdelmonem, les lagunes de Soliman et de Korba et Jebel El Haouaria. Ce sont autant de sites d'hivernage, de nidification, ainsi que des stations d'attente et d'approvisionnement au cours de la migration d'automne et surtout du printemps entre l'Eurasie, l'Afrique du Nord et l'Afrique Sub-saharienne.

- **Méthodologie de caractérisation qualitative des espèces ornithologiques**

Dans le but de renforcer les données bibliographiques sur l'état actuel du système avifaunistique, deux visites sur terrain ont été programmées par COMETE pendant la période de migration prénuptiale (mi-mars et fin-avril 2019) dans le périmètre immédiat et rapproché de la Centrale éolienne de Sidi Daoud.

La première visite s'est consacrée au suivi de la migration prénuptiale et à la caractérisation qualitative des espèces, particulièrement les grands planeurs, et leurs trajectoires migratoires.

La deuxième visite, plus tardive, a consisté en un inventaire qualitatif de l'avifaune nicheuse, particulièrement les passereaux, et les transits d'oiseaux existant dans le périmètre des éoliennes.

- **Suivi de la migration :**

Le suivi s'effectuera au cours des deux journées de recensement des oiseaux migrateurs, à la mi-mars et fin-avril, par observation directe.

Cette méthode consiste à observer les allées et retours des oiseaux à différentes périodes de la journée depuis des sites propices au passage des oiseaux en raison de leurs conditions topographiques et de leur emplacement sur des voies migratoires à recenser.

Les observations s'échelonnent quotidiennement entre 07h00 du matin et 17h00 d'après-midi et sont effectuées simultanément par deux observateurs depuis deux points fixes permettant de couvrir les mouvements migratoires (Sidi Ameur et Observatoire de Jebel El Haouaria) à l'aide des longues vues (jumelles, télescopes et appareil photo à grand objectif).

Les observateurs enregistrent dans la fiche de terrain les paramètres suivants :

1. Le nombre des espèces,
2. L'effectif de chaque espèce,
3. La direction et la hauteur du vol et le comportement vis-à-vis des éoliennes,
4. Les conditions climatiques régnantes.

- **Résultats**

Deux fois par an, des milliers d'oiseaux traversent nos cieux (rapaces, oiseaux aquatiques, oiseaux forestiers...). Modo grosso, on peut dire que de février à juin, c'est le départ vers les sites de reproduction, tandis que d'août à octobre c'est le retour vers les sites d'hivernage. Au cours de notre mission de terrain de 2 jours en camps de suivi de migration et une journée de collecte des informations relatives aux oiseaux nicheurs, nous avons reconnu plusieurs espèces d'oiseaux. Parmi les 82 espèces révélées (1996 individus recensés), 30 (36,6% ; 1265 individus) étaient des espèces migratrices traversant la zone d'étude pendant la migration prénuptiale (théoriquement : Mars, Avril et Mai). Par ailleurs 70 espèces (731 individus contactés) ont été enregistrées durant la période de reproduction dont 17 (25,7%) espèces migratrices déjà contactées pendant la migration mais nicheuses dans la zone d'étude (immédiate et proche), 14 (20%) espèces migratrices nicheuses non contactées pendant le suivi de la migration et 38 (54,3%) espèces nicheuses dans le périmètre immédiat et rapproché strictement sédentaires. Notre recensement a révélé plusieurs groupes d'oiseaux : oiseaux aquatiques (échassiers et limicoles), rapaces et passereaux.

Au total 30 espèces appartenant à 12 familles incluses dans 7 ordres ont été répertoriées au cours des deux journées d'observation.

- **Richesse spécifique** : La majorité des espèces observées sont des rapaces (17 espèces ; 57%) suivis par les passereaux (7 ; 24%), les échassiers (3 ; 10%), les gallinacées (1 ; 3%), les méropidés (1 ; 3%) et les upupidés (1 ; 3%).
- **Effectifs observés** : Les passereaux sont les plus représentés (558 individus ; 44%) par rapport aux effectifs des hirondelles rustiques (200 individus) et des hirondelles des fenêtres (300 individus). L'effectif des rapaces est de 450 individus (36%), les méropidés 150 individus de Guêpier d'Europe (12 %), les échassiers (99 individus ; 8%), les gallinacés (6 ; 0.5%) et enfin les upupidés (2 ; 0.1%).

Tableau 47. Liste systématique des espèces d'oiseaux en migration observés sur l'aire d'étude

Ordre	Famille	Nom Français	Nom Latin	02/04/2020	23/04/2020	Total
Pelecaniformes	Ardeidae	Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>		27	27
Pelecaniformes	Ciconiidae	Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>		2	2
Pelecaniformes	Ciconiidae	Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	43	27	70
Accipitriformes	Accipitridae	Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>	29	69	98
Accipitriformes	Accipitridae	Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	13	51	64
Accipitriformes	Accipitridae	Milan royal	<i>Milvus milvus</i>		20	20
Accipitriformes	Accipitridae	Pernoptère d'Egypte	<i>Neophron percnopterus</i>	4	13	17
Accipitriformes	Accipitridae	Vautour fauve	<i>Gyps fulvus</i>		3	3
Accipitriformes	Accipitridae	Circaète Jean-Le Blanc	<i>Circaetus gallicus</i>	1	16	17
Accipitriformes	Accipitridae	Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	12		12
Accipitriformes	Accipitridae	Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	5	16	21
Accipitriformes	Accipitridae	Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	2	20	22
Accipitriformes	Accipitridae	Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	10	13	23
Accipitriformes	Accipitridae	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>		11	11
Accipitriformes	Accipitridae	Buse féroce	<i>Buteo rufinus</i>		17	17
Accipitriformes	Accipitridae	Aigle botté	<i>Hieraaëtus pennatus</i>		9	9
Falconiformes	Falconidae	Faucon crécerelle	<i>Falco naumanni</i>	42	48	90
Falconiformes	Falconidae	Faucon Kobez	<i>Falco vespertinus</i>		3	3
Falconiformes	Falconidae	Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	1	9	10
Falconiformes	Falconidae	Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	7	6	13
Galliformes	Phasianidae	Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	6		6
Coraciiformes	Meropidae	Guêpier d'Europe	<i>Merops apiaster</i>	50	100	150
Bucerotiformes	Upupidae	Huppe fasciée	<i>Upupa epops</i>	2		2
Passeriformes	Alaudidae	Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	11		11
Passeriformes	Hirundinidae	Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>		200	200
Passeriformes	Hirundinidae	Hirondelle de fenêtre	<i>Delichon urbicum</i>	100	200	300
Passeriformes	Muscicapidae	Monticole bleu	<i>Monticola solitarius</i>	1		1
Passeriformes	Laniidae	Pie-grièche à tête rousse	<i>Lanius senator</i>		5	5
Passeriformes	Fringillidae	Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	6	19	25
Passeriformes	Fringillidae	Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	16		16
7 ordres	12 familles	30 espèces		361	904	1265

- **Inventaire du cortège d'oiseaux nicheurs dans le périmètre immédiat :**

Le protocole IPA (Indice Ponctuel d'Abondance) a été adopté pour caractériser l'avifaune nicheuse autour de la zone d'implantation des éoliennes. Cette méthode permet d'obtenir une bonne représentativité du cortège avifaunistique. Ce protocole consiste en un échantillonnage ponctuel semi-quantitatif en un temps de 20 ou 10 minutes.

Au cours de l'échantillon de temps, tous les contacts visuels et auditifs avec l'avifaune sans limite de distance sont répertoriés. Idéalement, au moins deux points d'écoute par grand type d'habitat (landes, maquis, forêts, etc.) doivent être réalisés. Étant donné la surface à inventorier, les milieux susceptibles d'accueillir des espèces clés sont prospectés en priorité.



Localisation du point d'écoute choisi



Vue panoramique du village Borj Essalhi



île de Zembra vue à partir du site



Port Sidi Daoud vu du bas



Circaète Jean le Blanc en vol



Goéland leucophée

Figure 57 : Situation d'un point d'écoute choisi près des éoliennes dans la partie Ouest du parc A et vues des habitats remarquables dans les quatre sens.

La session de comptage a eu lieu le 2 juin. Sur chaque point, l'observateur reste immobile pendant 10 minutes précisément. Une dizaine de points ont été parcourus entre 6h00 et 11h00 du matin. L'après-midi a été consacrée entre 14h00 et 18h00, à des parcours pédestres aléatoires conduits sur toute l'aire d'étude en vue d'acquérir des informations supplémentaires sur la richesse spécifique aviaire et les territoires de chasses des rapaces.

Tous les individus de chaque espèce d'oiseau constatée ont été notés sur une fiche de terrain IPA préétablie.

Après chaque session d'observation de 10 minutes, une liste de toutes les espèces observées est établie.

Un tableau global d'espèces rencontrées et leur statut phénologique, statut de conservation et position dans le classement UICN est ensuite créé.

- **Espèces migratrices**

Parmi les espèces migratrices patrimoniales et à fort intérêt de conservation, figurent les rapaces diurnes particulièrement le Milan royal, le Vautour percnoptère, le Vautour fauve, l'Aigle botté, le Faucon crécerellette et le Faucon Kobez.

L'aire immédiate est utilisée par les rapaces nicheurs dont la Circaète Jean Le Blanc, l'Aigle botté la Buse féroce, le Milan royal, les Faucons crécerellettes, principalement pendant la chasse, ou en cours de halte migratoire pour d'autres dont le faucon Kobez et les passereaux migrateurs. En outre, les passereaux utilisent la zone immédiate pour s'alimenter et pour nicher.



Sommet de la 1^{ère} colline (position de photographe)



Sommet de la 2^{ème} colline (position de photographe)



Les six éoliennes E9 à E16 (de droite à gauche)

Figure 58 : Situation des éoliennes du parc actuel dans une zone d'étranglement entre deux collines pouvant constituer un corridor de vol d'oiseaux.



Figure 59 : Zone d'installation des éoliennes E41 et E42 (zone de repos et halte favorable pour les oiseaux)

- **Espèces sédentaires**

Les espèces sédentaires sont les oiseaux présents toute l'année sur le site d'étude. 38 espèces nicheuses sédentaires, sont identifiées, dont 15 espèces patrimoniales occupant une multitude d'habitats et de biotopes (champs de céréales, maquis bas, strates d'arbustes, etc.). Au total, 94 individus ont été contactés et / ou identifiés par des chants et des cris, ce qui représente 13% de l'avifaune nicheuse (sédentaire et migratrice) inventoriée.

- **Espèces d'intérêt**

Parmi 82 espèces observées, 78 sont classées par l'UICN comme espèces à préoccupation mineure (LC), 2 espèces ont un statut de Quasi-menacé (Milan royal et Faucon Kobez), une espèce Vulnérable (Tourterelle des bois) et une en danger (Vautour percnoptère). Ces espèces sont également inscrites parmi un total de 26 espèces à l'annexe II de la Convention de Bonn relative aux espèces migratrices dont l'état de conservation est défavorable. Tous les rapaces inclus parmi ces espèces sont protégés par la législation tunisienne.

En outre, 17 espèces parmi 27 inscrites à l'annexe 1 des directives Oiseaux figurent à l'annexe II de la Convention de Bonn, à l'exception de 10 espèces. L'ensemble de ces 17 espèces, incluant les 4 espèces classées menacées par l'UICN, constitue l'avifaune remarquable d'intérêt dans la zone d'étude pendant la saison de migration pré-nuptiale et reproduction.

Les espèces patrimoniales considérées dans cette étude sont des espèces inscrites dans la directive européenne des oiseaux (Annexe I) qui concerne une grande partie des espèces d'oiseaux du Paléarctique occidental. Cette directive regroupe les espèces d'oiseaux européens menacés. Les espèces contactées dans la zone d'étude se reproduisent également en Europe (dans la même zone biogéographique que la Tunisie : le Paléarctique occidental). Ce statut est donc utilisé pour cette étude afin de catégoriser la patrimonialité de l'espèce. Seul le Rougequeue de Moussier, espèce non-résidente d'Europe, a été ajouté à cette liste d'espèces patrimoniales en raison de son caractère endémique nord-africain. De plus, 23 espèces protégées par la loi tunisienne (4 sédentaires et 19 migratrices) ont été ajoutées à la liste. Selon cette liste, 39 espèces d'intérêt sont enregistrées parmi toute l'avifaune inventoriée, 23 d'entre elles sont des espèces migratrices tandis que 16 sont des espèces sédentaires.

Tableau 48 : Liste des espèces d'intérêt (sédentaires : en fond vert ; migratrices en fond blanc)

Famille	Nom Français	Nom Latin	Statut phénologique	Liste rouge (IUCN) internationale	Espèce protégée (national)	Directives des Oiseaux 2009	Convention de Bonn
Ardeidae	Bihoreau gris	<i>Nycticorax nycticorax</i>	M H P	LC		Annexe I	
Ardeidae	Aigrette garzette	<i>Egretta garzetta</i>	S H P	LC		Annexe I	
Ciconiidae	Cigogne noire	<i>Ciconia nigra</i>	P A	LC	X	Annexe I	Annexe II
Ciconiidae	Cigogne blanche	<i>Ciconia ciconia</i>	M H P	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Bondrée apivore	<i>Pernis apivorus</i>	P	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Elanion blanc	<i>Elanus caeruleus</i>	S	LC	X	Annexe I	
Accipitridae	Milan noir	<i>Milvus migrans</i>	M H P	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Milan royal	<i>Milvus milvus</i>	O P	NT	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Pernoptère d'Egypte	<i>Neophron percnopterus</i>	M P	EN	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Vautour fauve	<i>Gyps fulvus</i>	S D P	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Circaète Jean-Le Blanc	<i>Circaetus gallicus</i>	M P	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Busard des roseaux	<i>Circus aeruginosus</i>	H P S	LC	X	Annexe I	
Accipitridae	Busard Saint-Martin	<i>Circus cyaneus</i>	H	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Busard cendré	<i>Circus pygargus</i>	M P	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Epervier d'Europe	<i>Accipiter nisus</i>	S H	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Buse variable	<i>Buteo buteo</i>	H	LC	X		
Accipitridae	Buse féroce	<i>Buteo rufinus</i>	S H P	LC	X	Annexe I	
Accipitridae	Aigle botté	<i>Hieraaetus pennatus</i>	M P	LC	X	Annexe I	Annexe II
Accipitridae	Aigle de bonelli	<i>Aquila fasciata</i>	S	LC	X	Annexe I	
Falconidae	Faucon crécerellette	<i>Falco naumanni</i>	M H P	VU	X	Annexe I	Annexe II
Falconidae	Faucon crécerelle	<i>Falco tinnunculus</i>	S H P	LC	X		
Falconidae	Faucon Kobez	<i>Falco vespertinus</i>	P	NT	X	Annexe I	Annexe II
Falconidae	Faucon hobereau	<i>Falco subbuteo</i>	M P	LC	X		Annexe II
Falconidae	Faucon lanier	<i>Falco biarmicus</i>	S	LC	X	Annexe I	Annexe II
Falconidae	Faucon pèlerin	<i>Falco peregrinus</i>	S H	LC	X	Annexe I	Annexe II
Phasianidae	Perdrix gabra	<i>Alectoris barbara</i>	S	LC		Annexe I	
Phasianidae	Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	M H P	LC			Annexe II
Burhinidae	Oedionème criard	<i>Burhinus oedionemus</i>	S H	LC		Annexe I	Annexe II
Charadriidae	Pluvier à collier interrompu	<i>Charadrius alexandrinus</i>	S H P	LC		Annexe I	
Meropidae	Guépier d'Europe	<i>Merops apiaster</i>	M P	LC			Annexe II
Alaudidae	Cochevis de Thékla	<i>Galerida theklae</i>	S	LC		Annexe I	
Muscicapidae	Agrobate roux	<i>Cercotrichas galactotes</i>	M P	LC			Annexe II
Muscicapidae	Rougequeue de Moussier	<i>Phoenicurus moussieri</i>	S	LC			
Muscicapidae	Rosignol philomèle	<i>Luscinia megarhynchos</i>	M P	LC			Annexe II
Muscicapidae	Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>	M P	LC			Annexe II
Muscicapidae	Monticole bleu	<i>Monticola solitarius</i>	S	LC			Annexe II
Muscicapidae	Tarier pâle	<i>Saxicola rubicola</i>	S H	LC			Annexe II
Muscicapidae	Traquet rieur	<i>Oenanthe leucura</i>	S	LC		Annexe I	
Muscicapidae	Traquet oreillard	<i>Oenanthe hispanica</i>	M P	LC			Annexe II

• Hauteurs de vol

L'altitude de la majorité des vols observés était comprise entre zéro et 30 m tandis que le reste des vols était entre 30 et 120 m. Aucun vol au-dessus de cette altitude n'a été enregistré. Bien que les rapaces et les passereaux soient les espèces les plus rencontrées sur le périmètre immédiat, les fréquences de contact restent faibles. Les rapaces sédentaires, en particulier les faucons, ont montré une grande accoutumance aux éoliennes existantes. Les busards et les milans noirs, et les passereaux lors des transits locaux, survolent la zone immédiate lors de la chasse à basse altitude (inférieure à celle des mâts d'éoliennes). Dans l'ensemble, l'activité constatée est faible à très faible, en particulier pour les rapaces.

8.4.7.1 Prospection de la société portugaise STRIX

De la même manière que pour l'étude des chiroptères, la société STRIX réalise aussi en parallèle une campagne sur place pour identifier l'avifaune présent au parc éolien de Sidi Daoud. L'étude est présente dans la section 18 : Annexes.

Les campagnes sur le terrain se sont déroulées respectivement entre :

Campagne	Date de début	Date de fin
Campagne 1	1 octobre 2020	6 octobre 2020
Campagne 2	20 janvier 2021	25 janvier 2021
Campagne 3	25 mars 2021	27 mars 2021
Campagne 4	22 avril 2021	28 avril 2021
Campagne 5	12 juillet 2021	15 juillet 2021
	23 juillet 2021	25 juillet 2021

Méthodologie

Pour étudier les différents groupes d'oiseaux existant dans l'aire d'étude et atteindre les objectifs, différentes méthodologies ont été mises en pratique :

- Évaluation depuis des points d'observation /points de vue (PV), à partir de points hauts ou de zones ouvertes permettant une couverture à 360° des mouvements d'oiseaux ; appropriée à l'échantillonnage des espèces de grande taille (comme les rapaces et les cigognes) pendant 4 heures d'observation à chaque point d'observation ;
- Points de comptage et d'écoute ;
- Points d'écoute nocturne.

Le matériel optique utilisé pour observer les oiseaux comprenait des jumelles et des télescopes.

Points d'observation /points de vue (PV) : L'échantillonnage a été réalisé à partir de six points d'observation. À chaque point d'observation, les relevés ont été effectués pendant quatre heures consécutives, au cours desquelles tous les oiseaux planeurs et les groupes d'oiseau avec au moins 10 individus ont été enregistrés. Nous avons également enregistré les mouvements de chaque oiseau ayant au moins la taille d'une tourterelle.

Pour chaque mouvement d'oiseaux, les paramètres suivants ont été notés :

- L'identité de l'espèce ;
- La trajectoire de vol (dessinée sur une carte détaillée du site d'étude) ;
- L'heure d'observation ;
- Le nombre d'individus de chaque espèce ;
- Le sexe et l'âge (autant que possible) ;
- La hauteur de vol (estimé visuellement) au-dessus du sol : cinq classes de hauteur ont été choisies (0-20 m, 20-150 m, 150-300 m, 300-500 m et >500 m). Bien que les spécifications des éoliennes n'aient pas encore déterminées, la classe de hauteur de 20 à 150 m correspond à la zone habituelle de balayage du rotor ;
- Toute autre information pertinente (ex. caractéristiques du plumage, marques individuelles, mue, plaque alaires, antenne GPS, comportement, et spécialement les interactions avec les structures déjà existantes comme les lignes électriques et pylônes)

Points de comptage et d'écoute (PCE) : 20 Points de comptage et d'écoute ont été visités lors de chaque campagne. À chaque point, l'observateur enregistre tous les oiseaux détectés visuellement et / ou acoustiquement pendant une période de 10 minutes. Les points de comptage et d'écoute ont été distribués afin d'échantillonner tous les habitats dans la zone de la CESD. Pour chaque oiseau détecté sur un point d'écoute, les éléments suivants sont notés :

- Identification de l'espèce ;
- Heure de l'observation ;
- Nombre d'individus ;
- Distance par rapport à l'observateur (<25m, 25-50m et >50m) ;
- Sexe et âge ;
- Statut de reproduction (non-nicheur, nicheur possible, nicheur probable, nicheur confirmé).

Échantillonnage d'oiseaux nocturnes : Des informations concernant les oiseaux nocturnes ont été collectées lors de l'échantillonnage des chauves-souris. Les dénombrements nocturnes d'oiseaux ont été effectués pendant trois heures et demie à quatre heures, à partir du coucher du soleil, et se composait de points comptage et d'écoute de 10 minutes. Au total, 30 points d'échantillonnage ont été prélevés le long de la zone d'étude.

Observations supplémentaires : Toutes les observations d'oiseaux effectuées en dehors des échantillonnages systématiques ont également été enregistrées. Celles-ci ont largement contribué à l'inventaire des oiseaux en raison de la faible détectabilité de certaines espèces due à leur habitat, leur comportement et/ou leur rareté.

• Analyse des données

Les données obtenues aux points d'observation sont utilisées pour renseigner sur l'abondance, la composition de la communauté d'oiseaux dans la Centrale Éolienne de Sidi Daoud ainsi que sur l'utilisation de l'espace aérien de la région par les oiseaux planeurs et non planeurs. Les oiseaux non-planeurs comprenaient les oiseaux de taille égale ou supérieure à la tourterelle et les groupes de plus de 10 individus, quelle que soit leur taille.

Pour chaque espèce d'oiseaux, les estimations suivantes ont été calculées :

- L'Indice Ponctuel d'Abondance (IPA) ;
- Le pourcentage d'occurrence.

IPA (Blondel *et al.* 1970) est le rapport entre l'abondance de l'espèce et le nombre total de dénombrements ponctuels. La cartographie cumulative des trajectoires de vol des oiseaux et/ou des groupes et de leurs classes de hauteur permet de mieux comprendre la manière dont les oiseaux utilisent l'espace aérien de la Centrale Éolienne de Sidi Daoud et ses environs, et d'évaluer tout conflit potentiel avec le futur plan d'installation des turbines dans le site.

Les informations complètes associées à tous les mouvements enregistrés pendant l'analyse de terrain ont été intégrées dans une base de données commune. Afin de réduire les risques de pseudo-réplication dus à des mouvements enregistrés sur plus d'un point d'observation, cette base de données a été ensuite examinée avec soin. Les informations enregistrées dans les fiches de terrain, telles que l'heure de l'observation, le nombre d'individus, la direction et la hauteur du vol, l'indication qu'un autre point de vue puisse avoir enregistré le même mouvement et les trajectoires cartographiées des vols dans la zone d'étude ont permis de déterminer les cas susceptibles de représenter un double enregistrement. Au cours du même mouvement, les oiseaux utilisent parfois plus d'une classe de hauteur. Dans ce cas, la classe de hauteur utilisée le plus longtemps ou, en tant que critère final, celle la plus proche de la classe de risque de collision (20 à 150 m), a été sélectionnée.

1 et le 6 octobre 2020

• Résultats de la prospection automnale

Au total 47 espèces d'oiseaux ont été identifiées dans la zone d'étude au cours de la première campagne. Le nombre total d'oiseaux enregistrés dans les observations systématiques au cours de la campagne était de 1117 individus, dont 165 oiseaux planeurs. À l'exception de la Pie-grièche grise *Lanius meridionalis*, vulnérable à l'échelle globale, aucune des espèces trouvées n'est considérée comme menacée ou quasi menacée par l'IUCN (IUCN 2020).

La liste comprend 12 espèces d'oiseaux planeurs et trois espèces d'oiseaux nocturnes (Œdicnème criard, Chevêche d'Athéna et Hibou moyen-duc). La majorité des espèces (30) sont sédentaires dans la zone d'étude et ses environs, tandis que deux sont des visiteurs d'été qui peuvent se reproduire dans la zone. Trois espèces hivernent dans la région et 11 espèces ne surviennent que lors de leur migration.

La plupart des oiseaux sédentaires comprennent des espèces cosmopolites du Paléarctique occidental (comme le Merle noir *Turdus merula* ou le Pison des arbres *Fringilla coelebs*) ou espèces caractéristiques de la région méditerranéenne (comme la Fauvette mélanocéphale *Sylvia melanocephala* ou l'Étourneau unicolore *Sturnus unicolor*).

Ces résultats sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 49. Liste totale des espèces enregistrées dans l'aire de Sidi Daoud et statut de conservation. Catégories de la Liste Rouge de l'UICN mentionné dans le tableau : Vulnérable (VU), Quasi Menacé (NT) et Préoccupation Mineure (LC). * Espèces d'oiseaux planeurs. Phénologie : S – Sédentaire ; H - Hivernant ; MP - Migrant de passage ; NM – Nicheur migrateur

Nom Français	Nom Latin	Phénologie	IUCN	Point d'écoute		Point d'observation	
				% Occ	IPA	% Occ	IPA
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	S	LC	0,35	2,70	0,67	31,00
Héron cendré	<i>Ardea cinerea</i>	S	LC	0,05	0,4		
Balbusard pêcheur*	<i>Pandion haliaetus</i>	MP	LC			0,17	0,17
Bondrée apivore*	<i>Pernis apivorus</i>	MP	LC			0,33	0,33
Elanion blanc*	<i>Elanus caeruleus</i>	S	LC			0,33	0,17
Busard des roseaux*	<i>Circus aeruginosus</i>	S	LC			1,00	13,33
Busard cendré*	<i>Circus pygargus</i>	MP	LC			0,33	1,33
Buse féroce*	<i>Buteo rufinus</i>	S	LC	0,05	0,05	0,33	0,83
Aigle botté*	<i>Hieraaëtus pennatus</i>	NM/MP	LC			0,33	1,00
Aigle de bonelli*	<i>Aquila fasciata</i>	S	LC			0,17	0,17
Faucon crécerelle*	<i>Falco tinnunculus</i>	S	LC	0,10	0,15	1,00	8,67
Faucon hobereau*	<i>Falco subbuteo</i>	MP	LC			0,50	0,50
Faucon lanier*	<i>Falco biarmicus</i>	S	LC			0,17	0,17
Faucon pèlerin*	<i>Falco peregrinus</i>	S	LC			0,17	0,17
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	S	LC				
Goéland leucophaée	<i>Larus michahellis</i>	S	LC			0,33	0,67
Perdrix gabra	<i>Alectoris barbara</i>	S	LC	0,10	0,50		
Caille des blés	<i>Coturnix coturnix</i>	S/H/MP	LC	0,05	0,10		
Pigeon biset	<i>Columba livia</i>	S	LC	0,10	0,55	0,50	1,83
Tourterelle turque	<i>Streptopelia decaocto</i>	S	LC	0,10	0,15		
Tourterelle maillée	<i>Streptopelia senegalensis</i>	S	LC			0,33	0,67
Chevêche d'Athéna	<i>Athene noctua</i>	S	LC				
Hibou moyen-duc	<i>Asio otus</i>	S/H/MP	LC	0,05	0,10		
Torcol fourmilier	<i>Jynx torquilla</i>	MP	LC				
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	H/MP	LC	0,05	0,05		
Cochevis huppé	<i>Galerida cristata</i>	S	LC	0,85	2,95		
Hirondelle rustique	<i>Hirundo rustica</i>	NM/MP	LC	0,40	0,70	0,17	3,50
Bergeronnette printanière	<i>Motacilla flava</i>	NM/MP	LC	0,05	0,05		
Bulbul des jardins	<i>Pycnonotus barbatus</i>	S	LC	0,05	0,05		
Gorge bleue à miroir	<i>Luscinia svecica</i>	H/MP	LC	0,10	0,20		

Rougequeue à front blanc	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	P	LC	0,35	0,70		
Gobemouche gris	<i>Muscicapa striata</i>	NM/MP	LC	0,10	0,10		
Traquet motteux	<i>Oenanthe oenanthe</i>	MP	LC	0,15	0,20		
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	S	LC	0,05	0,05		
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	S	LC	0,05	0,05		
Fauvette grisette	<i>Curruca communis</i>	NM/MP	LC	0,10	0,10		
Fauvette mélanocéphale	<i>Curruca melanocephala</i>	S	LC	0,95	1,95		
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	H/MP	LC	0,05	0,05		
Mésange Maghrébine	<i>Cyanistes ultramarinus</i>	S	LC	0,10	0,15		
Pie-grièche grise	<i>Lanius meridionalis</i>	S	VU	0,25	0,30		
Etourneau unicolore	<i>Sturnus unicolor</i>	S	LC	0,45	1,00		
Moineau espagnol	<i>Passer hispaniolensis</i>	S	LC	0,15	1,35	0,33	6,83
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	S	LC	0,20	0,45		
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	S	LC	0,25	0,95		
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	S	LC	0,55	15,15	0,17	8,00
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	S	LC	0,25	0,45		
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	S	LC	0,25	0,30		

Données recueillies sur les points d'observation

Oiseaux planeurs : 161 individus de douze espèces différentes d'oiseaux planeurs ont été enregistrés lors des dénombrements aux points d'observation à travers 131 enregistrements à raison de 5.3 ± 2.9 espèce/point et 21.8 ± 9.3 enregistrement/point. C'est une zone importante pour les oiseaux planeurs qui fait partie de la voie de migration de la Méditerranée centrale.

Le Busard des roseaux et le Faucon crécerelle, ont été enregistrés en tous les points. C'est été aussi des espèces d'oiseaux planeurs le plus abondant dans la région. Ces espèces sont sédentaires dans la région, mais aussi migrateurs partiels (seule une partie de la population migre). Au total, sept espèces sont résidentes, quatre sont migrants de passage et un est nicheur migrateur/migrant de passage. Le Bondrée apivore est une de ces migrateurs de passage, mais que ne traverse la région qu'en petit nombre pour hiverner en Afrique et se reproduire plus au nord, en Europe.

Bien que la majorité des oiseaux planeurs observés se soient déplacés à moins de 20 m de hauteur, un tiers des oiseaux planeurs ont été observés traversant la zone à une altitude à risque de collision éle vé.

Oiseaux non-planeurs : 315 individus de sept espèces différentes d'oiseaux non-planeurs (ne considérant que les espèces plus grandes qu'une tourterelle et / ou en groupes d'au moins 10 individus) ont été enregistrés lors des dénombrements par points d'observation à travers 51 enregistrements à raison de 1.8 ± 1.3 espèce/point.

Les espèces les plus fréquemment répertoriées étaient le Héron garde-bœufs *Bubulcus ibis* et le Pigeon biset *Columba livia*. Cependant, la plupart des mouvements des espèces restantes sont sous-représentés parce qu'il s'agit de petites espèces, dont seuls les mouvements comprenant un troupeau de 10 individus ou plus ont été enregistrés. La grande majorité des mouvements d'oiseaux non-planeurs a été enregistré à moins de 20 m d'hauteur, au-dessous d'hauteur de risque de collision la plus élevée (20 – 150 m). Seulement 10% des mouvements a eu lieu entre 20 et 150 m d'hauteur, la classe de risque la plus élevée.

Données recueillies sur les points de comptage et d'écoute

32 espèces différentes d'oiseaux ont été enregistrées lors des dénombrements aux points de comptage et d'écoute. Le nombre total d'oiseaux enregistrés dans les points de comptage et d'écoute au cours de la campagne était de 641 individus, dont quatre oiseaux planeurs à travers 134 enregistrements à raison de 6.7 ± 2.5 espèce/point et 32.1 ± 57.0 enregistrement/point.

Trois espèces ont été enregistrées dans plus de la moitié des points de comptage et d'écoute : Fauvette mélanocéphale *Sylvia melanocephala*, Cochevis huppé *Galerida cristata* et Linotte mélodieuse *Linaria cannabina*. Le Linotte mélodieuse et le Cochevis huppé sont aussi des espèces comptées en plus grand nombre, suivi du Héron garde-bœufs. Toutes ces espèces sont des sédentaires communs dans la zone étudiée.

Deux espèces d'oiseaux planeurs ont été détectées aux points de comptage et d'écoute : le Buse féroce *Buteo rufinus* et le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*, les deux espèces sont sédentaires dans la zone de la CESD.

Le Hibou moyen-duc a été la seule espèce nocturne observée.

20 et le 25 de janvier 2021

• Résultats de la prospection hivernale

Au total 36 espèces d'oiseaux ont été identifiées dans la zone d'étude au cours de cette deuxième campagne (Tableau 9). Le nombre total d'oiseaux enregistrés dans les observations systématiques au cours de la campagne était de 1115 individus, dont 29 oiseaux planeurs. Une espèce qui est classée comme quasi menacée a été enregistrée : la Pipit Farlouse *Anthus pratensis* (IUCN 2020) et une comme vulnérable la Pie-grièche grise *Lanius meridionalis*. La liste comprend 4 espèces d'oiseaux planeurs et deux espèces d'oiseaux nocturnes.

La majorité des espèces enregistrées dans le compte des observations (25) sont sédentaires dans la zone d'étude, tandis qu'une est aussi une visiteuse d'hiver qui peut se reproduire dans la zone. Dix espèces hivernent dans la région, trois de lesquelles sont également des migrateurs au passage. La plupart des oiseaux sédentaires comprennent des espèces cosmopolites du Paléarctique occidental (comme le Merle noir *Turdus merula* ou le Pison des arbres *Fringilla coelebs*) ou espèces caractéristiques de la région méditerranéenne occidentale (comme la Fauvette mélanocéphale *Sylvia melanocephala* ou l'Étourneau unicolore *Sturnus unicolor*).

Données recueillies sur les points d'observation

Oiseaux planeurs : 29 individus de quatre espèces différentes d'oiseaux planeurs : Elanion blanc, Buse féroce, Faucon crécerelle et Faucon lanier, ont été enregistrés lors des dénombrements aux points d'observation. Au total 133 enregistrements ont été effectués à raison de 33.5 ± 13.5 enregistrements par point et 2.0 ± 1.1 espèce par point.

Aucune espèce planeur n'a été enregistrée en tous les points. Le Faucon crécerelle et le Buse féroce *Buteo rufinus* ont été enregistrée en cinq et quatre des six points d'observation, respectivement. Ces espèces sont sédentaires dans la région, mais aussi migrateurs partiels (seule une partie de la population migre, surtout les oiseaux jeunes). Au total, tous les espèces identifiées dans cette campagne d'hiver sont résidentes.

Presque tous les mouvements enregistrés des oiseaux planeurs observés se soient déplacés à moins de 20 m de hauteur, un tiers des mouvements d'oiseaux enregistrés dans les points d'observations ont été observés traversant la zone à une altitude à risque de collision élevé (entre 20 et 150 m ; $0-20 \text{ m} = 90\%$; $20-150 \text{ m} = 10\%$).

Oiseaux non-planeurs : 445 individus de 11 espèces différentes d'oiseaux non-planeurs, ont été enregistrés lors des dénombrements aux points d'observation. Au total 445 enregistrements ont été effectués à raison de 4.0 ± 1.7 espèce par point.

La grande majorité des mouvements d'oiseaux non-planeurs a été enregistré à moins de 20 m d'hauteur, au-dessous d'hauteur de risque de collision la plus élevée (20 – 150 m). Seulement 10% des mouvements a eu lieu entre 20 et 150 m d'hauteur, la classe de risque la plus élevée.

Les espèces d'oiseaux non-planeurs enregistrées dans la classe d'hauteur à haut risque étaient le Héron garde-bœufs, le Goéland leucophaea, le Pigeon bisé et la Pluvier doré.

Données recueillies sur les points de comptage et d'écoute

28 espèces différentes d'oiseaux ont été enregistrées lors des dénombrements aux points de comptage et d'écoute. Le nombre total d'oiseaux enregistrés dans les points de comptage et d'écoute au cours de la campagne était de 634 individus, dont sept oiseaux planeurs, à raison de 6.9 ± 2.5 espèces par point et 31.7 ± 31.4 individus par point.

Quatre espèces ont été enregistrées dans plus de la moitié des points de comptage et d'écoute : le Linotte mélodieuse, le Cochevis huppé, le Tarier pâle et le Rouge-gorge familier. Le Linotte mélodieuse, le Héron garde-bœufs et l'Étourneau unicolore sont les espèces comptées en plus grand nombre. Toutes ces espèces sont des sédentaires communs dans la zone étudiée.

Trois espèces d'oiseaux planeurs ont été détectées aux points de comptage et d'écoute : le Buse féroce *Buteo rufinus*, le Faucon lanier *Falco biarmicus* et le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus*. Ces espèces sont sédentaires dans la zone de la CESD.

Les résultats de la prospection automnale et hivernale sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau 50. Liste totale des espèces enregistrées dans l'aire de Sidi Daoud et statut de conservation (résultats des campagnes automne et hivernale). Catégories de la Liste Rouge de l'UICN mentionné dans le tableau : Vulnérable (VU), Quasi Menacé (NT) et Préoccupation Mineure (LC). * Espèces d'oiseaux planeurs. Phénologie : S – Sédentaire ; H - Hivernant ; MP - Migrant de passage ; NM – Nicheur migrateur

Nom Français	Nom Latin	Phénologie	IUCN	Point d'écoute		Point d'observation	
				% Occ	IPA	% Occ	IPA
Fou de Bassan	<i>Morus bassanus</i>	H	LC			0,17	0,17
Héron garde-bœufs	<i>Bubulcus ibis</i>	S	LC	0,35	4,75	1,00	25,00
Elanion blanc*	<i>Elanus caeruleus</i>	S	LC			0,30	1,00
Buse féroce*	<i>Buteo rufinus</i>	S	LC	0,05	0,05	0,70	1,17
Faucon crécerelle*	<i>Falco tinnunculus</i>	S	LC	0,10	0,15	0,80	2,50
Faucon lanier*	<i>Falco biarmicus</i>	S	LC	0,05	0,15	0,20	0,17
Oedicnème criard	<i>Burhinus oedicnemus</i>	S	LC	0,05	0,03	0,17	0,17
Pluvier doré	<i>Pluvialis apricaria</i>	H	LC			0,17	8,67
Bécasse des bois	<i>Scolopax rusticola</i>	H	LC				
Chevalier cul-blanc	<i>Tringa ochropus</i>	H/MP	LC			0,17	0,17
Goéland leucophaea	<i>Larus michahellis</i>	S	LC			0,50	4,00
Pigeon biset	<i>Columba livia</i>	S	LC	0,05	0,10	0,83	11,67
Tourterelle maillée	<i>Streptopelia senegalensis</i>	S	LC	0,05	0,40	0,17	0,17
Chevêche d'Athéna	<i>Athene noctua</i>	S	LC				
Alouette des champs	<i>Alauda arvensis</i>	H/MP	LC	0,15	0,70		
Cochevis huppé	<i>Galerida cristata</i>	S	LC	0,55	1,30		
Bergeronnette grise	<i>Motacilla alba</i>	H	LC	0,40	0,40		
Pipit farlouse	<i>Anthus pratensis</i>	H	NT	0,35	2,10	0,17	2,00
Bulbul des jardins	<i>Pycnonotus barbatus</i>	S	LC	0,05	0,05		
Rougegorge familier	<i>Erithacus rubecula</i>	S/H	LC	0,50	0,70		
Rougequeue noir	<i>Phoenicurus ochruros</i>	H	LC	0,15	0,20		
Rougequeue de Moussier	<i>Phoenicurus moussieri</i>	S	LC				
Tarier pâle	<i>Saxicola rubicola</i>	S/H	LC	0,50	1,35		
Merle noir	<i>Turdus merula</i>	S	LC	0,50	0,20		
Grive musicienne	<i>Turdus philomelos</i>	H	LC	0,05	0,05		
Cisticole des joncs	<i>Cisticola juncidis</i>	S	LC	0,05	0,05		
Fauvette mélanocéphale	<i>Curruca melanocephala</i>	S	LC	0,45	0,95		
Pouillot véloce	<i>Phylloscopus collybita</i>	H/MP	LC	0,05	0,10		
Pie-grièche grise	<i>Lanius meridionalis</i>	S	VU	0,30	1,00		

Étourneau unicolore	<i>Sturnus unicolor</i>	S	LC	0,45	4,00	0,33	5,67
Moineau espagnol	<i>Passer hispaniolensis</i>	S	LC	0,30	3,60		
Pinson des arbres	<i>Fringilla coelebs</i>	S	LC	0,20	0,40		
Verdier d'Europe	<i>Chloris chloris</i>	S	LC	0,20	0,20		
Linotte mélodieuse	<i>Linaria cannabina</i>	S	LC	0,80	7,25	0,33	16,50
Serin cini	<i>Serinus serinus</i>	S	LC	0,20	0,65		
Bruant proyer	<i>Emberiza calandra</i>	S	LC	0,25	0,50		

Le 25 et 27 mars 2021 et Le 22 et 28 avril 2021

• Résultats de la prospection en printemps

Au total 71 espèces d'oiseaux ont été identifiées dans la zone d'étude au cours de ces troisième et quatrième campagnes. Le nombre total d'oiseaux enregistrés dans les observations systématiques au cours de la campagne était de 1548 individus, dont 16 oiseaux planeurs. Il s'agit des résultats les plus significatifs au cours des quatre campagnes déjà réalisées, tant au niveau de la diversité des espèces enregistrées que du nombre total d'oiseaux recensés lors de l'application des méthodologies d'enregistrement systématique.

Trois espèces qui sont classées comme Vulnérable ou Quasi Menacée par UICN ont été enregistrées : la Goéland d'Audouin *Larus audouinii*, le Busard pâle *Circus macrourus* et la Tourterelle des bois *Streptopelia turtur* (IUCN 2020). La liste comprend 16 espèces d'oiseaux planeurs et trois espèces d'oiseaux nocturnes.

La majorité des espèces enregistrées dans le compte des observations (38) sont sédentaires dans la zone d'étude, tandis qu'une est aussi une visiteuse d'hiver qui peut se reproduire dans la zone. Dix espèces hivernent dans la région, quatre de lesquelles sont également des migrateurs au passage. La plupart des oiseaux sédentaires comprennent des espèces cosmopolites du Paléarctique occidental (comme le Moineau domestique *Passer domesticus* ou le Pinson des arbres *Fringilla coelebs*) ou espèces caractéristiques de la région méditerranéenne occidentale (comme la Cochevis de Theklá *Galerida theklae* ou l'Étourneau unicolore *Sturnus unicolor*).

Données recueillies sur les points d'observation

Oiseaux planeurs : 592 individus de 16 espèces différentes d'oiseaux planeurs ont été enregistrés lors des dénombrements aux points d'observation. En Mars, dans la campagne 3, seulement le Faucon crécerelle a été enregistré dans tous les points d'observation. Trois espèces planeurs ont été enregistrées en tous les points d'observation, dans la campagne 4 : le Busard des roseaux, le Busard cendré et le Faucon crécerelle. Le Busard des roseaux et le Circaète Jean-le-Blanc ont été enregistrés en cinq des six points d'observation dans la campagne 3. La dernière espèce a été enregistrée aussi au cinq des six points d'observations dans la campagne 4. Le Faucon crécerelle est sédentaire dans la région, mais aussi migrateurs partiels (seule une partie de la population migre, surtout les oiseaux jeunes). Les autres espèces plus fréquentes sont des migrateurs dans la région, tandis quelques Busard cendrées peut apparaître comme nicheur dans la région. Le Buse féroce et l'Élanion blanc sont aussi résidents, lorsque les autres espèces enregistrées sont surtout migrateurs – il y a des Circaètes Jean-le-Blanc et des Aigles bottées que niche à quelques dizaines de kilomètres du parc éolien, mais les oiseaux observés dévient d'être surtout des migrateurs.

La majorité des mouvements enregistrés des oiseaux planeurs observés se soient déplacés à moins de 20 m de hauteur, un tiers des mouvements d'oiseaux enregistrés dans les points d'observations ont été observés traversant la zone à une altitude à risque de collision élevé (20m / 150m).

Oiseaux non-planeurs : 1916 individus de quinze espèces différentes d'oiseaux non-planeurs ont été enregistrées lors des dénombrements par points d'observation. Les espèces les plus fréquemment signalés étaient le Héron garde-boeufs *Bubulcus ibis*, l'Hirondelle rustique *Hirundo rustica* et la Goéland leucophté *Larus michahellis*.

La grande majorité des mouvements d'oiseaux non-planeurs a été enregistré à moins de 20 m d'hauteur, au-dessous d'hauteur de risque de collision la plus élevée. En même temps, un pourcentage important de mouvements a été observé dans les classes de hauteur (20-150 m) à haut risque de collision.

Données recueillies sur les points de comptage et d'écoute

54 espèces différentes d'oiseaux ont été enregistrées lors des dénombrements aux points de comptage et d'écoute. Le nombre total d'oiseaux enregistrés dans les points de comptage et d'écoute au cours de la campagne était de 1306 individus dans les deux campagnes, dont dix sont oiseaux planeurs.

Les espèces les plus fréquemment enregistrées lors de ces campagnes sont Hirondelle rustique, le Moineau hybride, le Linotte mélodieuse et le Cisticole des joncs, dans la campagne 3. Dans la campagne 4, ces espèces étaient, l'Hirondelle rustique, l'Heron garde-boeufs et la Bergeronnette printanière. Ces espèces sont des sédentaires communs dans la zone étudiée, mais aussi des migrateurs de passage et nicheurs migrateurs.

Dix espèces d'oiseaux planeurs ont été détectées aux points de comptage et d'écoute. Ces espèces sont sédentaires dans la zone de la CESD (Tableau 10), mais il y a aussi des rapaces migrateurs et des nicheurs migrateurs. Le Oedicnème criard été la seule espèce nocturne observée.

Espèces menacées

Deux espèces enregistrées sont classifiées comme menacées par l'IUCN : la Tourterelle des bois (Vulnerable) et la Goéland d'Audouin (Vulnerable). Une des espèces trouvées est considérée comme quasi menacée par l'IUCN (IUCN 2020) : le Busard pâle.

Bilan des 5 campagnes :

Résultats globaux

- Au total **86 espèces** d'oiseaux ont été identifiées dans la zone d'étude au cours des 5 campagnes de recensement, en considérant l'ensemble des données obtenues par les suivis et les observations supplémentaires. Cette liste comprend **20 espèces d'oiseaux planeurs et cinq espèces nocturnes**.
- Dans ces cinq campagnes et uniquement à partir des observations systématiques, 80 espèces et 7187 individus ont été enregistrés.
- Deux espèces sont classées comme **Vulnérables**, la Tourterelle des bois et le Goéland d'Audouin, et deux comme Quasi Menacée, le Busard pâle et le Pipit farlouse, par l'IUCN (IUCN 2021).
- La moitié des espèces enregistrées dans le compte des observations (43) **sont sédentaires** dans la zone d'étude, tandis que trois sont aussi **visiteuses d'hiver** qui peut se reproduire dans la zone.
- **Onze espèces hivernent** dans la région, cinq de lesquelles sont également des **migrateurs au passage**.
- La plupart des oiseaux sédentaires comprennent des espèces **cosmopolites du Paléarctique occidental** le Pison des arbres *Fringilla coelebs* ou espèces caractéristiques de la région méditerranéenne occidentale (comme la Cochevis de Theklá *Galerida theklae* ou l'Étourneau unicolore *Sturnus unicolor*).
- **Treize espèces de cette liste sont des migrateurs au passage**, dont quatre oiseaux planeurs : le Balbuzard pêcheur *Pandion haliaetus*, la Bondrée apivore, le Busard pâle et le Faucon hobereau.

Données recueillies sur les points d'observation

Oiseaux planeurs :

- **680 individus de 18 espèces** différentes d'oiseaux planeurs ont été enregistrés lors des dénombrements aux points d'observation.
- Le nombre d'espèces d'oiseaux planeurs détectés était plus élevé au cours des campagnes d'automne (octobre) et du deuxième printemps (avril), avec respectivement **12 et 14 espèces**.
- Le nombre de mouvements enregistrés était significativement plus élevé lors de la deuxième campagne de printemps (**240 mouvements**) contre **130 mouvements** en octobre, étant également le plus élevé enregistré au cours de toutes les campagnes.
- L'Élanion blanc *Elanus caeruleus* et le Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* sont sédentaires dans la région et ont été détectés dans toutes les campagnes.
- Le Faucon crécerelle était l'espèce qui a utilisé le plus intensivement la zone du parc éolien et a été enregistrée très fréquemment tout au long de l'étude (entre 83.3 et 100 % d'occurrence).
- La Buse féroce *Buteo rufinus*, qui est également sédentaire, a été détectée lors de toutes les campagnes à l'exception de la campagne d'été.
- L'utilisation de la zone du parc éolien par les oiseaux planeurs augmente principalement au printemps en raison de la présence de plusieurs espèces migratrices. En effet le nombre de mouvements et d'individus d'oiseaux

planeurs a culminé dans cette campagne notamment en raison de la présence du Busard cendré, le Busard des roseaux et le Circàete Jean-le-Blanc.

- Certains oiseaux planeurs ont été observés dans la zone du parc éolique pendant les saisons migratoires d'automne et de printemps : le Bondrée apivore, l'Aigle botté, le Busard des roseaux, le Busard cendré, la Buse féroce, le Faucon hobereau et le Faucon lanier.
- Le Balbuzard pêcheur, l'Aigle de Bonelli et le Faucon pèlerin n'ont été détectés que lors de la campagne migratoire d'automne, alors que l'Aigle royal, le Busard Saint Martin, le Busard cendré, le Milan noir et le Grand corbeau ont été recensés uniquement pendant la campagne de terrain à la fin du printemps.
- La majorité des mouvements enregistrés des oiseaux planeurs observés se soient déplacés à moins de 20 m de hauteur, un tiers des mouvements d'oiseaux enregistrés dans les points d'observations ont été observés traversant la zone à une altitude à risque de collision élevé (20 - 150 m ; Figure 12). Contrairement, dans la campagne de juillet, il y a significativement plus de mouvements dans la deuxième classe de hauteur (n = 18), dominée par les mouvements de Circàete Jean-le-Blanc, du Faucon hobereau et du Faucon crécerelle. Tous les mouvements de Balbuzard pêcheur, de Milan noir et d'Aigle de Bonelli se produisent dans la classe de hauteur présentant le plus grand risque de collision avec les éoliennes, et plus de 70 % des déplacements de Faucon hobereau et Circàete Jean-le-Blanc se produisent également dans cet intervalle.

Dans l'ensemble, la zone semble avoir une grande importance en tant que corridor migratoire, surtout au printemps et particulièrement pour les busards (principalement cendré et roseaux) et le Circàete Jean-le-Blanc. La présence du Busard pâle, qui détient un statut de conservation Quasi menacé (IUCN 2021), renforce cette importance lors de la migration printanière. Toute la zone du parc éolien est utilisée par les oiseaux planeurs, en particulier pendant les périodes de migration d'automne et de printemps. En hiver et en été, lorsqu'il y a moins d'individus et, par conséquent, moins de déplacements, l'aire du parc est moins fréquentée. Cependant, la zone dans laquelle le repowering est prévu, dans la partie sud du Parc éolien, continue d'être utilisée en hiver et en été, probablement parce qu'il s'agit du seul accident topographique sur le site que les oiseaux peuvent chercher à utiliser les courants thermiques ascendants.

Oiseaux non-planeurs

- 3277 individus de vingt espèces différentes d'oiseaux non-planeurs ont été enregistrés lors des dénombrements par points d'observation.
- Le nombre d'espèces a peu varié entre les campagnes. Cependant, la composition des espèces était assez différente tout au long de l'année, reflétant la phénologie des différentes espèces d'oiseaux.
- Les espèces les plus fréquemment signalés étaient le Héron garde-boeufs *Bubulcus ibis* et le Pigeon biset *Columba livia*, détectés dans toutes les campagnes, et l'Hirondelle rustique *Hirundo rustica*, le Goéland leucophée *Larus michahellis*, la Linotte mélodieuse *Linaria cannabina* et la Tourterelle maillée *Spilopelia senegalensis*, détecté dans 4 des 5 campagnes.
- Le Pipit farlouse, le Pluvier Doré *Pluvialis apricaria* et le Chevalier Cul-blanc *Tringa ochropus*, sont des espèces hivernantes qui n'ont été détectées que lors de la campagne de janvier.
- Les nicheurs migrateurs tels que la Huppe fasciée *Upupa epops*, le Gûepier d'Europe *Merops apiaster* et la Tourterelle des bois, n'étaient présents qu'à la fin du printemps et/ou en été. La Tourterelle des bois, en particulier, est une espèce Vulnérable (IUCN 2021), et sa présence dans le parc éolique est nettement supérieure en été, tant en termes d'abondance que de pourcentage d'occurrence.
- Pendant la saison printanière, il y a des nombres visiblement plus élevés d'Hirondelle rustique utilisant la zone du parc éolique, ce qui peut s'expliquer par le nombre de migrants qui arrivent pour nicher en Tunisie. De plus, il y a un passage important de Martinet pâle *Apus pallidus*, un nicheur migrateur, avec quelques couples connus à El Haouaria et au Cap Bon (Isenmann *et al.* 2005), et de Martinet noir *Apus apus*, une espèce migratrice d'Europe qui transite en grand nombre dans l'espace aérien tunisien de mars à mai, avec un pic de passage en avril (Isenmann *et al.* 2005).
- La grande majorité des mouvements d'oiseaux non planeurs a été enregistré à moins de 20 m d'hauteur (environ 81%), au-dessous d'hauteur de risque de collision la plus élevée. En même temps, un pourcentage important de mouvements (environ 16%) a été observé dans les classes de hauteur (20-150 m) à haut risque de collision. Au cours de la deuxième campagne de printemps, près de la moitié (environ 40 %) des mouvements d'oiseaux ont été enregistrés à cette altitude. Les mouvements de la Tourterelle des bois suivent

le schéma général, étant plus fréquents entre 0 et 20 m. Des espèces comme le Martinet noir, le Pluvier Doré, le Goéland leucophaea, le Gâepier d'Europe et le Martinet pâle, ont la moitié ou plus de la moitié de leurs déplacements dans la classe de hauteur à haut risque de collision. Les oiseaux non planeurs n'ont montré aucune trajectoire particulière.

Données recueillies sur les points de comptage et d'écoute

68 espèces différentes d'oiseaux ont été enregistrées lors des dénombrements aux points de comptage et d'écoute. Le nombre total d'oiseaux enregistrés dans les points de comptage et d'écoute au cours des campagnes était de 3067 individus, dont 89 sont oiseaux planeurs et 15 sont oiseaux nocturnes.

- En ce qui concerne la variation saisonnière, mars et avril ont eu la plus grande richesse en espèces de toutes les campagnes, avec 41 et 40 espèces enregistrées respectivement sur des points d'écoute, tandis que juillet avait la plus faible, avec 24 espèces détectées. Le nombre moyen d'espèces par point variait de 6.3 ± 2.1 en juillet à 10.2 ± 3.7 en mars. Ces résultats renforcent l'importance de la zone d'étude dans le passage migratoire printanier, dans lequel les espèces migratrices telles que la Huppe fasciée, la Rousserolle turdoïde *Acrocephalus arundinaceus*, l'Hirondelle de fenêtre *Delichon urbicum*, le Rossignol philomèle *Luscinia megarhynchos*, le Gobemouche noir *Ficedula hypoleuca* et le Tarier des prés *Saxicola rubetra*, contribuent à une plus grande diversité d'espèces au site.
- Des espèces communes et sédentaires dans la zone étudiée, telles que le Héron garde-bœufs, le Faucon crécerelle, la Pie-grièche grise *Lanius excubitor*, le Cochevis huppé *Galerida cristata*, la Cisticole des joncs *Cisticola juncidis*, la Fauvette mélanocéphale *Sylvia melanocephala*, l'Étourneau unicolore, le Pinson des arbres *Fringilla coelebs*, le Verdier d'Europe *Chloris chloris*, la Linotte mélodieuse et le Serin cini *Serinus serinus* ont été détectées tout au long de toutes les campagnes.
- Le Cochevis huppé, la Fauvette mélanocéphale et la Linotte mélodieuse ont été les espèces les plus fréquemment recensées au cours de toutes les campagnes de terrain. Ces trois espèces sont toutes sédentaires dans la zone étudiée et ont été détectées en moyenne dans 70 % des points de comptage et d'écoute réalisés lors de chaque campagne. Lorsqu'on analyse les pics d'occurrence pour chacune des campagnes, on constate qu'en hiver, le Rougegorge familier *Erithacus rubecula* et le Tarier pâle *Saxicola torquatus* devient plus fréquent (50% pour les deux) et au printemps, le pourcentage d'occurrence augmente pour l'Hirondelle rustique (90%), la Cisticole des joncs (85%) et le Bruant proyer (75%) (Tableau 15 en Annexe 2).
- Concernant les oiseaux planeurs, la grande majorité des espèces détectées lors des points d'écoute n'étaient présentes que lors des campagnes printanières, comme c'est le cas de la Cicogne blanche *Ciconia ciconia* et de plusieurs rapaces migrateurs : le Circète Jean-le-Blanc, l'Aigle boté, le Busard des roseaux, le Busard cendré, l'Épervier d'Europe *Accipiter nisus* et le Faucon hobereau. Le Faucon crécerelle fait exception à cette règle, étant donné qu'il s'agit d'une espèce sédentaire, étant présente dans la zone d'étude toute l'année. De plus, le Buse féroce et le Faucon lanier, également des espèces sédentaires dans la région, ont révélé un faible pourcentage d'occurrence durant l'hiver.
- Enfin, la plus grande richesse en espèces et le plus grand nombre d'individus comptés par point ont été enregistrés dans la partie est/sud-est du parc éolien (Figure 26, Figure 27, Figure 28 et Figure 29), où de grandes volées de passereaux se trouvaient dans les champs ouverts. Le point le plus à l'est du parc, le point 18, le point le plus proche d'une zone boisée, était systématiquement l'un des points abritant un plus grand nombre d'espèces d'oiseaux et d'individus, où un grand nombre de Moineau Espagnol et d'Hirondelle rustique ont été enregistrés. Le plus grand nombre d'espèces d'oiseaux planeurs et le plus grand nombre d'individus de ces espèces ont été recensés aux points 9, 8 et 7, à proximité des éoliennes en cours de remplacement lors de la phase deux, et au point 2, dans la partie ouest du parc, près des turbines qui sont remplacées en phase un.

Cinq espèces d'oiseaux nocturnes ont été détectées au cours de l'étude : l'Oedicnème criard *Burhinus oedicnemus*, la Bécasse des Bois *Scolopax rusticola*, l'Effraie des clochers *Tyto alba*, la Chevêche d'Athéna *Athene noctua*. Au cours de l'échantillonnage nocturne dirigé, seulement trois de ces espèces ont été détectées. L'Oedicnème criard et la Chevêche d'Athéna étaient les espèces nocturnes les plus enregistrées et la première était la seule espèce nocturne

détectée tout au long de toutes les campagnes. L'Oedicnème criard est un nicheur sédentaire en terrain découvert, nu ou en zones peu végétalisées, bien représenté dans les zones côtières, et ses effectifs dans la zone d'étude pourraient subir un renforcement par certains individus venant d'Europe pour hiverner.

8.4.8 Patrimoine

- **Analyse paysagère**

L'analyse paysagère constitue une information primordiale dans l'EIES pour s'assurer de la bonne adéquation du projet éolien dans son contexte naturel. Les grandes caractéristiques du territoire et les éléments constitutifs du patrimoine naturel, culturel et paysager, doivent être préservés dans la mesure du possible.

Le projet se situe à l'extrémité NW de la péninsule du Cap Bon et en bord de mer. La région dominée par la plaine d'El Haouaria constitue une entité paysagère caractérisée par de vastes étendues planes entrecoupées de chaînons de collines basses à maquis et garrigues souvent déboisés et des vestiges de forêt autrefois dévastée par une occupation agricole historique. Cette plaine délimitée au Sud-Ouest par la ceinture forestière de Dar Chichou, est dominée au Nord Est par les reliefs de Jebel El Haouaria culminant à 390 m. Sur le rivage, le paysage de dunes sableuses est souvent entrecoupé de terrains rocheux du Quaternaire modulant des alignements de criques côtières.

Dans la plaine, les cultures céréalières et les vergers sont dominants, parsemés de vestiges de bois et de prairies résiduels. Les vallées sont à dominante de prairies, des boisements et de villages. Les promontoires collinaires surplombant structures paysagères se fendent dans un paysage simple qui se caractérise par une certaine platitude sans structure paysagère nette. La silhouette de l'archipel de Zembra par temps clair, à une distance de l'ordre de 20km au Nord-Ouest, donne un élan supplémentaire à l'extension de ce paysage vers le large.

Les cultures rythment ce paysage par une alternance de couleurs. De rares cours d'eau saisonniers présents sillonnant le territoire créent des vallées peu encaissées, qui se perdent rapidement entre champs de culture et prairies. Les éoliennes déjà présentes dans cet espace, permettent par endroit de créer des points d'appel et d'accentuer d'une manière assez singulière l'échelle verticale au territoire.

- **Perception du site**

Le site retenu d'implantation des éoliennes est situé sur la commune d'El Haouaria Nord dans la continuité de la troisième tranche (B) du parc existant qui s'intègre ainsi à la dynamique de paysage de l'ensemble du secteur. Il se positionne sur des soubresauts et des monticules alignés dans la vaste plaine, ceinturés par les champs de cultures céréalières. La perception de ces paysages agricoles est variée : les garrigues et maquis déboisés des collines, et les prairies sont perçues comme naturelles, alors que les territoires de grandes cultures sont à l'image d'un paysage artificialisé et aride.

Les bâtis de villages sont aussi des points d'appel dans le paysage. Les éléments récents, moins organisés que le bâti ancien dominant la côte, estompent la limite entre paysage rural et paysage urbain, tant que la vue et que le regard porte loin vers le large.

Les éoliennes et les lignes à haute tension sont des points importants constituent des éléments verticaux, encore plus rehaussés par les monticules qui les supportent, dominant ainsi tous autres éléments remarquables (villages, vestiges forestiers, chaînons de collines, etc.). Cette perception s'affiche encore plus en parcourant les routes à travers tout le territoire. Dans les plaines, les villageois vivent au rythme des récoltes, dans un espace calme, et doivent ressentir une certaine dépréciation du paysage, notamment en l'absence d'un véritable écran visuel s'entreposant devant le parc éolien alentours.

Ce paysage agricole aux vues lointaines demeure en accord avec l'échelle des éoliennes qui permettent de créer de nouveaux repères et donc d'enrichir ce paysage sans ligne de force prédominante. Une attention particulière devra cependant être portée sur les effets de saturation visuelle dans la mesure où les aérogénérateurs seront visibles à longue distance.

- **Monuments historiques**

La région est riche en vestiges qui témoignent d'une richesse historique de la plaine de Haouaria promue par la richesse en eau et l'agriculture depuis l'antiquité. L'occupation punique basée sur l'urbanisation du littoral, puis phénicienne et ensuite romaine commerçantes et agricoles, prédomine la majorité de ces vestiges.

Aquilaria (ancienne El Haouaria), est la cité principale punique ; celles romaines sont *Missua* (Sidi Daoud) et *Clupea* (Kélibia). Des vestiges de barrages, de citernes et d'aqueducs romains sont des témoins de la valorisation de l'eau (Brun 2005). Les vestiges reconnus les plus célèbres sont le site de Kerkouane (découvert en 1952), les grottes de Haouaria (antique Hermaia) et l'olivier millénaire de Chraf.

Le village de Kerkouane construit au VI^{ème} siècle A.J.-C, est inscrit sur la Liste du Patrimoine Mondial de l'UNESCO depuis 28 novembre 1986. Ses rues perpendiculaires et ses places aménagées témoignent de la maîtrise de l'urbanisme de l'architecture aux temps puniques, mais aussi de la vie citadine, de l'artisanat, du commerce et des échanges avec la Grèce, la Sicile, la Phénicie et l'Égypte (INP, 2013).

Les grottes d'El Haouaria ont été ouvertes au plus tard au VII^{ème} siècle A. J.-C., fournissant les grès pour la construction des monuments de la Cité Carthage Punique et ensuite Romaine.

D'après les études de la Banque nationale des gènes, l'olivier de Chraf est un *Olea europa*, de la famille des *Oleaceae*, une des espèces fruitières les plus anciennes. La présence de cette espèce avait été signalée depuis le 4^{ème} millénaire B.P. en Afrique du Nord, en Phénicie et en Syrie. L'âge de cet olivier est estimé à 2,500 ans. Le spécimen conservé avec vigilance produit encore ses fruits, avec une emprise au sol large d'environ 15 m.

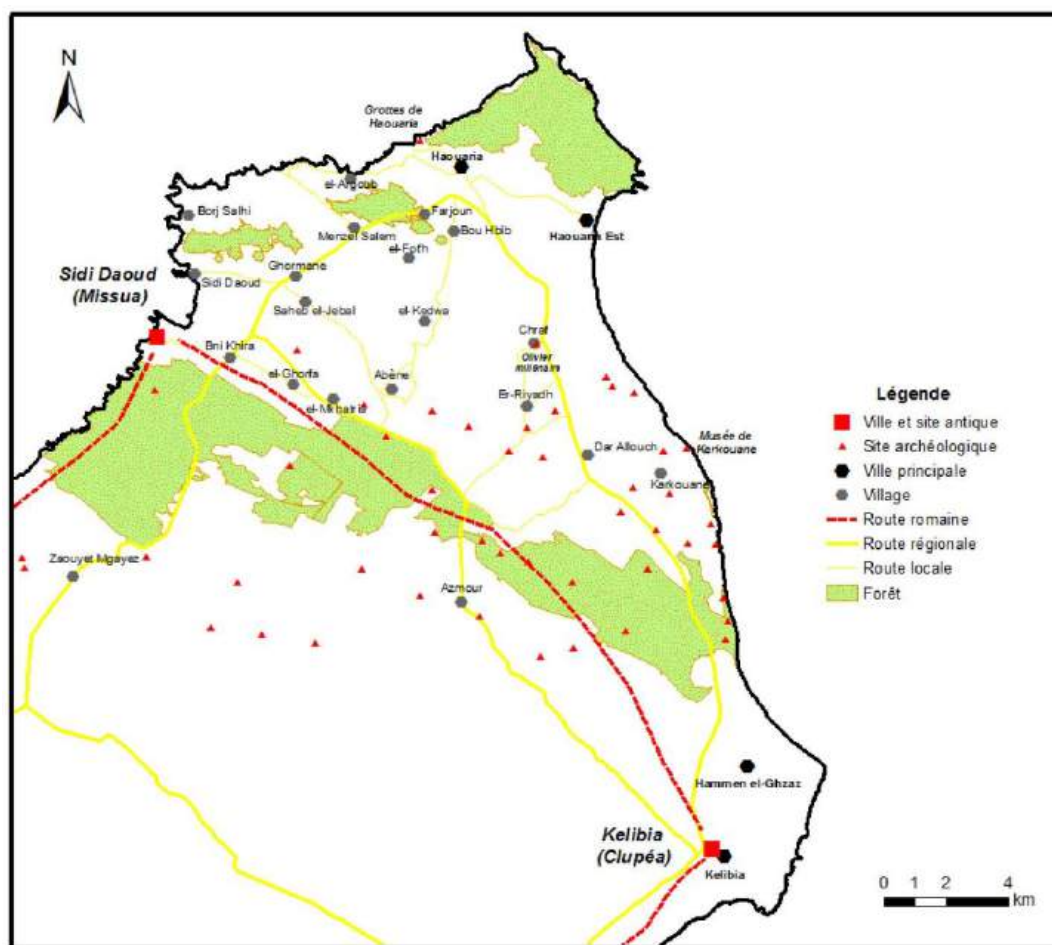


Figure 60 : Carte du patrimoine archéologique à la pointe Nord du Cap Bon.

Cette analyse bibliographique complétée des observations de terrain, permet de faire ressortir les monuments sensibles vis-à-vis du projet et pour lesquels, une attention particulière sera portée lors de l'évaluation des impacts. La sensibilité des Monuments historiques évaluée en première approche à l'aide d'une carte de visibilité, doit être prise en considération lors de l'évaluation de l'impact réel du projet sur ces sites classés "sensibles"

8.4.9 Milieu sonore ambiant

• Présentation générale

Le volet acoustique doit être intégré dans l'EIES afin de vérifier des impacts futurs du fonctionnement de tout le parc éolien de Sidi Daoud sur l'environnement décrit.

Il n'existe pas de texte réglementaire en Tunisie relatif à la production d'électricité utilisant l'énergie mécanique du vent au sein d'une installation soumise à autorisation de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement. La STEG, dans le cadre de l'étude d'impact du site, a donc fait appel au Consultant Barlovento Recursos Naturales. L'objectif de l'étude est :

- Quantifier l'émergence (écart entre la situation initiale et le niveau sonore simulé des futures installations en fonctionnement) prévisible aux points-clés de l'environnement du site projeté (notamment les zones habitées) et la situer dans le cadre réglementaire en vigueur.

8.4.9.1 Choix des points de mesure (NSP) pour modélisation

Il faut souligner que les points de mesure peuvent être classés en deux catégories selon leur proximité relative aux habitations :

• Points NSP de contrôle du bruit occasionné aux habitations urbaines ou suburbaines :

Ce sont les points situés à l'Ouest (1, 2, 3, 4, 5, 6, 23), au Sud (7, 8, 9), au Sud-Est (11, 12, 13, 14, 17), et à l'Est (19, 20) de la zone du projet (voir figure ci-dessous).

Entre le site du projet et la mer (Sidi Daoud, Borj Essalhi), au Sud et au Sud Est (Ghourmène, village étendu le long de la route RR26), et à l'Est (Menzel Salem), il existe des habitations. Ces zones seront évaluées pour connaître l'effet de bruit conformément à la réglementation (décret n°84-1556 du 29 décembre 1984 et arrêté de la Municipalité de Tunis).

• Points NSP de contrôle du bruit à l'environnement rural ou à l'intérieur de l'emprise du projet :

Ce sont les points : **10, 15, 16, 18, 21, 22 et 24.**

Il n'existe pas de logement dans cette partie de la zone du projet avec des résidents permanents, mais il peut exister sur le site des structures d'entrepôt agricole (permanents ou temporaires, y compris à l'avenir) principalement pendant la journée et qui ne sont pas considérées ici comme des résidences permanentes. Il peut aussi y avoir présence de personnes physiques (agriculteurs notamment) durant la journée. Dans ce cas, la réglementation nationale sur le bruit indiquée plus haut, ne s'applique pas, bien qu'elle puisse servir de référence.

Il faut noter aussi que d'après l'étude de simulation du bruit de Barlovento, la définition des points sensibles au bruit (NSP) prend en considération les paramètres orographiques et de structures du site. Le total de 24 points de réception choisis comme classé plus haut, et validés par la STEG, ont les coordonnées et les relations spatiales suivantes.

Tableau 51 : Points potentiels d'impact de bruit pour le site de Sidi Daoud (UTM WGS84, fuseau 32)

NSP	Easting (m)	Northing (m)	Z (m)	NSP	Easting (m)	Northing (m)	Z (m)
1	669 974	4 100 142	21	13	673 809	4 099 313	21
2	670 049	4 100 270	24	14	674 097	4 099 385	24
3	669 818	4 099 897	7	15	673 965	4 099 809	35
4	670 245	4100 449	39	16	674 077	4 099 673	30
5	669 841	4 099 596	7	17	674 373	4 099 541	30
6	670 002	4 099 533	8	18	673 832	4 099 924	50
7	671 273	4 099 466	23	19	675 174	4 100 114	20
8	671 498	4 099 415	30	20	674 926	4 100 589	20
9	671 870	4 099 348	25	21	674 407	4 100 664	22
10	672 545	4 100 005	57	22	670 993	4 100 461	25
11	673 454	4 099 496	26	23	670 319	4 100 626	19
12	673 599	4 099 437	23	24	673 742	4 100 865	22

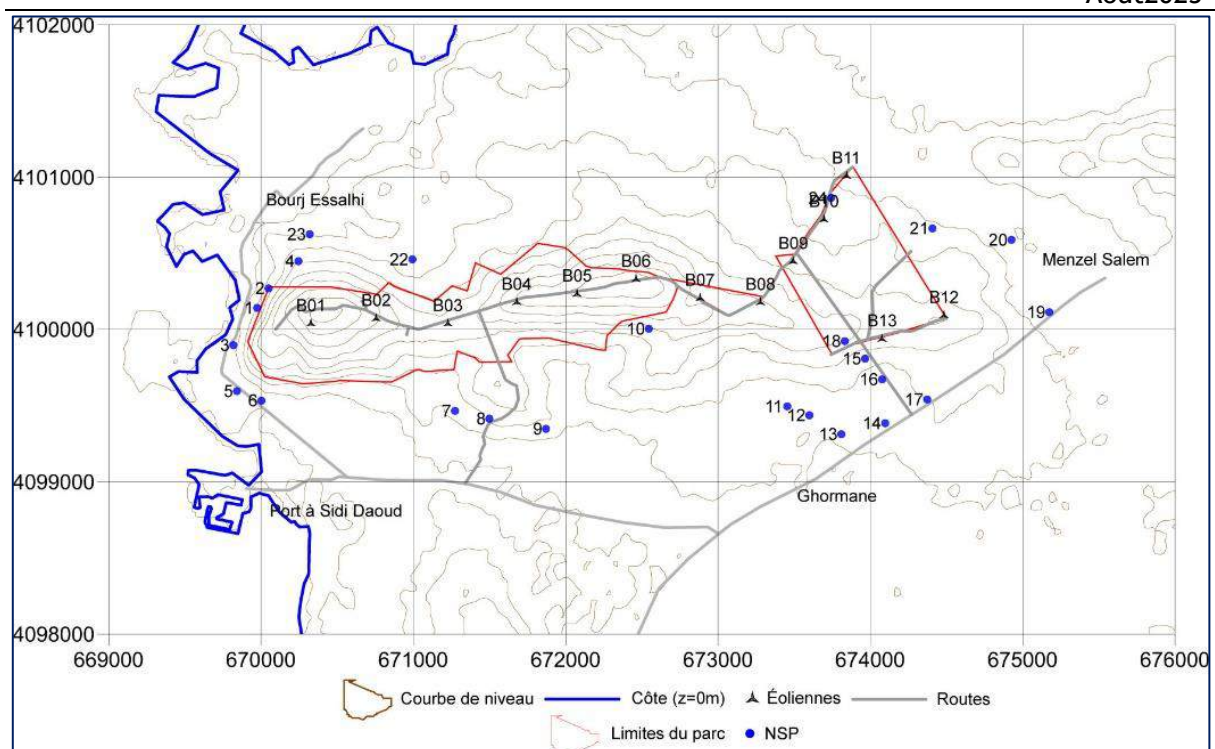


Figure 61 : Projection des points NSP de mesure sur la carte topographique du site.

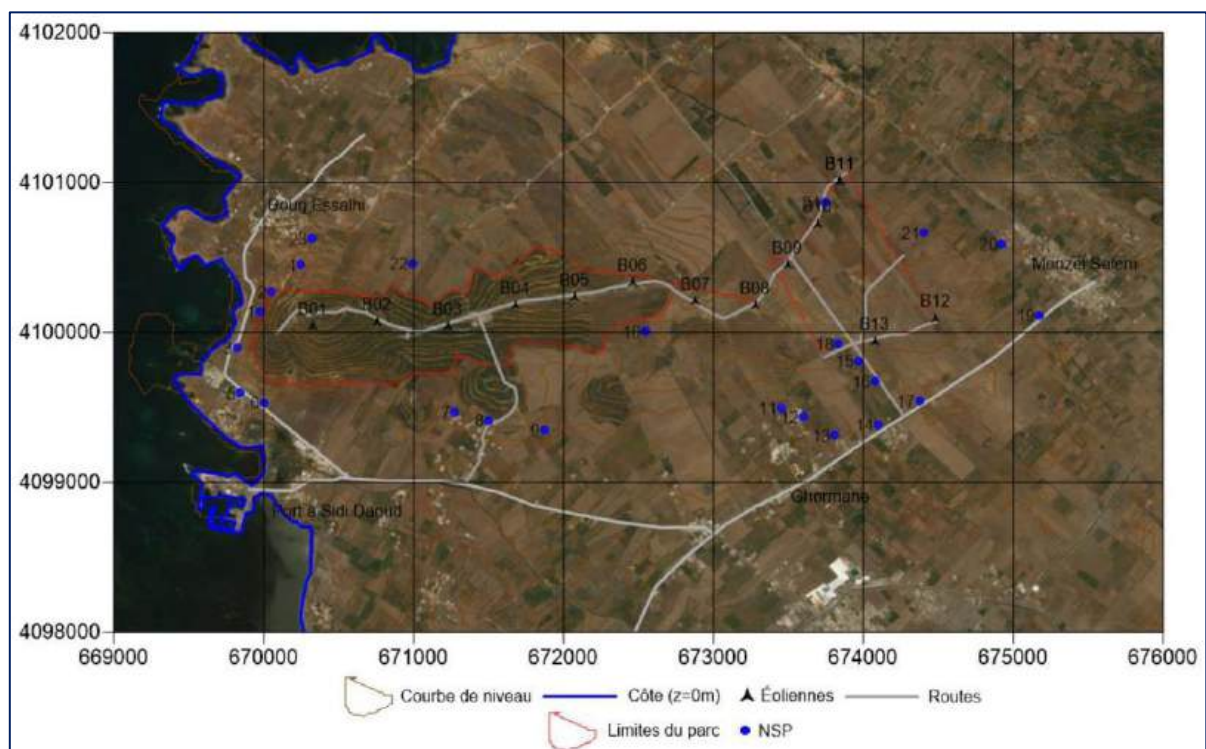


Figure 62 : Projection des points NSP de mesure sur la photo satellite de Google.

8.4.9.2 Recensement des niveaux sonores

L'analyse du bruit a pris en considération les modèles d'éoliennes du repowering du parc éolien de Sidi Daoud comme sources de bruit avec un niveau de bruit à 10 m/s¹¹ (vitesse du vent normalisé) afin d'évaluer les points sensibles NSP. Le modèle acoustique prend en compte :

- Le layout ;
- Les différents modèles d'éolienne ;
- Mode de bruit des éoliennes ;

Le niveau de bruit a été déterminé à une hauteur de 1,5 m sur la base des meilleures pratiques. Les niveaux de bruit suivants (LAeq-dBA) dans les zones habitées définies ont été déterminés. Les isolignes illustrées sur les cartes représentent la quantité estimée de bruit qui se produirait théoriquement compte tenu des résultats du modèle à une vitesse de vent de 10 m/s.

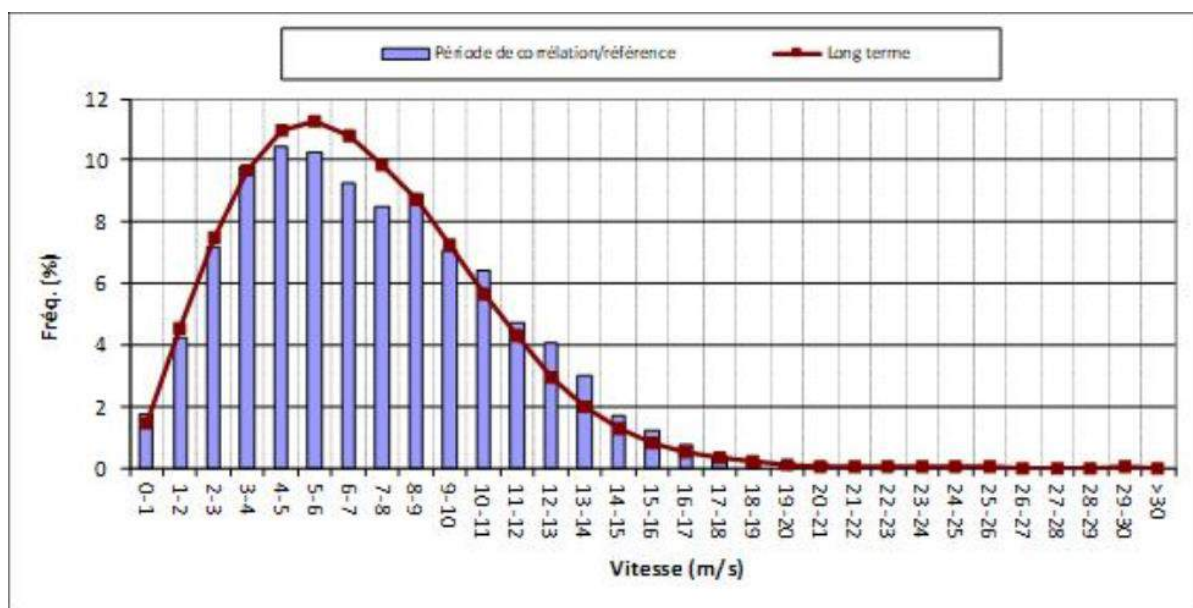


Figure 63. Fréquence de vitesse de vent dans le site

¹¹ La vitesse de 10 m/s (référence dans le calcul de bruit) est dépassée 25 % du temps, voir figure ci-dessus

Éolienne N149/4.5 MW Configuration 1

La carte des isolignes et contours de la projection du bruit pour le parc éolien de Sidi Daoud pour la configuration I (13 N149/4.5 MW), projetée sur la carte topographique, se présente comme suit :

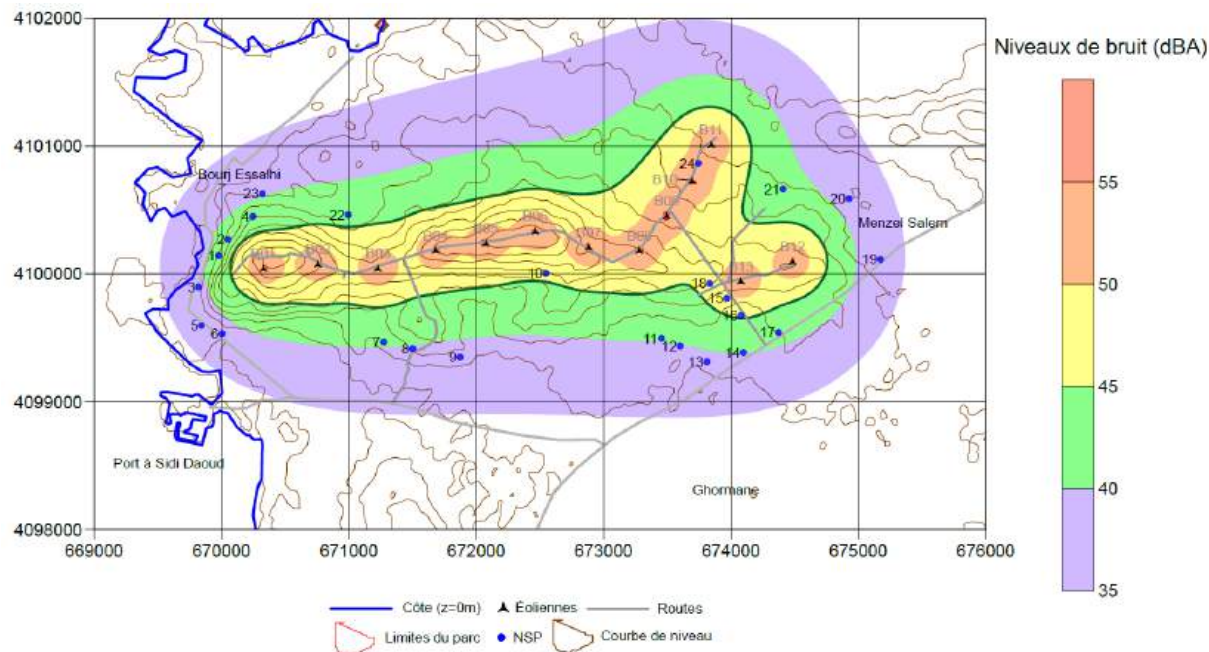


Figure 64 : Projection des isolignes d'intensité du bruit pour le site de Sidi Daoud, sur la carte topographique. (13 x N149/4.5 MW)

Le tableau suivant montre les résultats de perception du bruit pour chaque position potentielle de réception pour la configuration 13 x N149/4.5 MW.

Tableau 52 : Résultats de la perception du bruit aux points NSP considérés (configuration I).

NSP	Distance à l'éolienne la plus proche N149/4,5 MW	Niveau sonore de l'éolienne (dB (A))	Conforme aux exigences Nocturnes en 45dB	Conforme aux exigences diurnes (55 dB)	NSP	Distance à l'éolienne la plus proche N149/4,5 MW	Niveau sonore de l'éolienne (dB (A))	Conforme aux exigences Nocturnes en 45dB	Conforme aux exigences diurnes (55 dB)
1	2,5	42	Oui	Oui	13	4,6	38.9	Oui	Oui
2	2,4	42.4	Oui	Oui	14	3,8	40.1	Oui	Oui
3	3,6	38.9	Oui	Oui	15	1,2	48.5	Pas applicable	Pas applicable
4	2,8	42	Oui	Oui	16	1,8	45.5	Pas applicable	Pas applicable
5	4,4	37.1	Oui	Oui	17	4,6	41.6	Oui	Oui
6	4,1	38.1	Oui	Oui	18	4,4	47	Pas applicable	Pas applicable
7	3,9	40.5	Oui	Oui	19	3,8	37.2	Oui	Oui
8	4,6	39.7	Oui	Oui	20	3,0	38.3	Oui	Oui
9	5,8	38.6	Oui	Oui	21	3,8	42.1	Pas applicable	Pas applicable
10	2,3	46	Pas applicable	Pas applicable	22	3,0	43.5	Pas applicable	Pas applicable
11	4,8	40.3	Oui	Oui	23	3,9	39.7	Oui	Oui
12	4,7	39.9	Oui	Oui	24	1,0	51.9	Pas applicable	Pas applicable

Notons que pour les zones inhabitées (10, 15, 16, 18, 21, 22 et 24), la valeur du seuil à considérer serait du 70 dB (nuit et jour).

Éolienne SG145/4.5 MW Configuration 2

La carte des isolignes et contours de la projection du bruit pour le parc éolien de Sidi Daoud pour la configuration II (13 x SG145/4.5 MW) projetée sur la carte topographique, se présente comme suit :

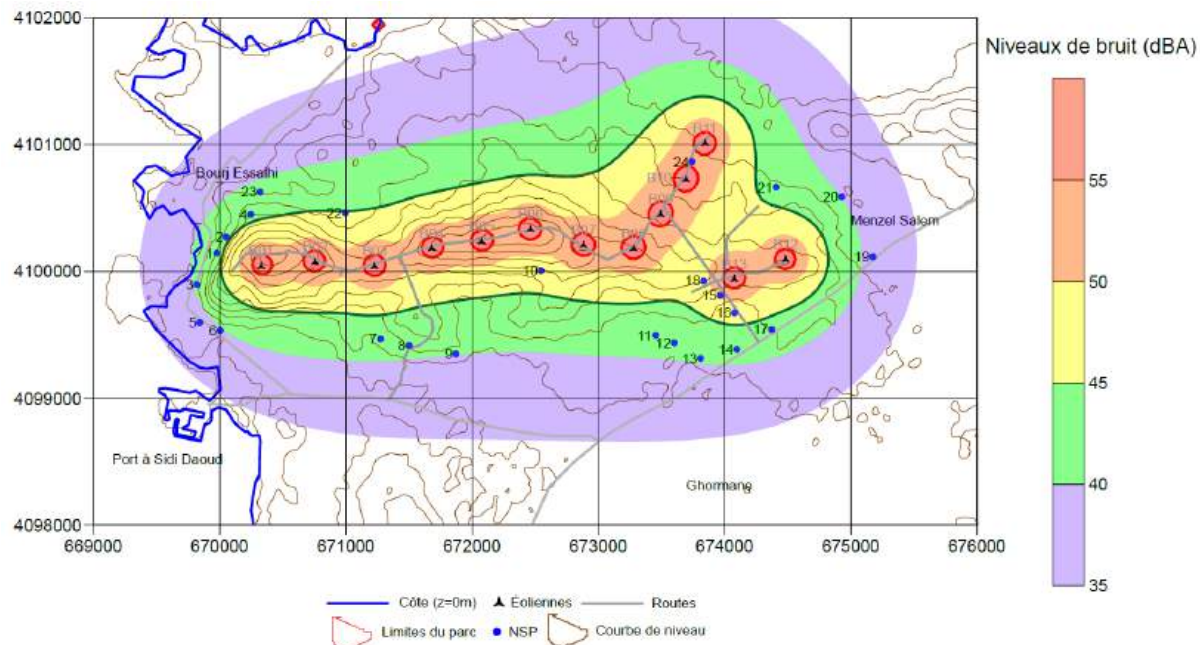


Figure 65 : Projection des isolignes d'intensité du bruit pour le site de Sidi Daoud, sur la carte topographique. (13 x SG145/4.5 MW)

Les résultats de perception du bruit selon le modèle utilisé, pour chaque position potentielle de réception pour la configuration (13 x SG145/4.5 MW) sont les suivants.

Tableau 53 : Résultats de la perception du bruit aux points NSP considérés (configuration II)

NSP	Distance à l'éolienne la plus proche SG145/4,5 MW	Niveau sonore de l'éolienne (dB (A))	Conforme aux exigences Nocturne en 45dB	Conforme aux exigences diurnes (55 dB)	NSP	Distance à l'éolienne la plus proche SG145/4,5 MW	Niveau sonore de l'éolienne (dB (A))	Conforme aux exigences Nocturne en 45dB	Conforme aux exigences diurnes (55 dB)
1	2,5	43.8	Oui	Oui	13	4,7	40.4	Oui	Oui
2	2,5	44.1	Oui	Oui	14	3,9	41.6	Oui	Oui
3	3,7	40.5	Oui	Oui	15	1,2	50.5	Pas applicable	Pas applicable
4	2,8	43.7	Oui	Oui	16	1,9	47.3	Pas applicable	Pas applicable
5	4,6	38.7	Oui	Oui	17	3,5	43.2	Oui	Oui
6	4,2	39.7	Oui	Oui	18	1,7	48.9	Pas applicable	Oui
7	4,0	42.1	Oui	Oui	19	4,8	38.7	Oui	Oui
8	4,7	41.2	Oui	Oui	20	4,5	39.9	Oui	Oui
9	5,9	40.1	Oui	Oui	21	3,9	43.6	Pas applicable	Pas applicable
10	2,4	47.8	Pas applicable	Pas applicable	22	3,1	45.2	Pas applicable	Pas applicable
11	4,9	41.8	Oui	Oui	23	4,0	41.3	Oui	Oui
12	4,8	41.4	Oui	Oui	24	1,0	54.0	Pas applicable	Pas applicable

Notons que pour les zones inhabitées (10, 15, 16, 18, 21, 22 et 24), la valeur du seuil à considérer serait du 70 dB (nuit et jour).

Éolienne V136/4.2 MW Configuration 3

La carte des isolignes et contours de la projection du bruit pour le parc éolien de Sidi Daoud pour la configuration III (13 x V136/4.2 MW) projetée sur la carte topographique, est la suivante :

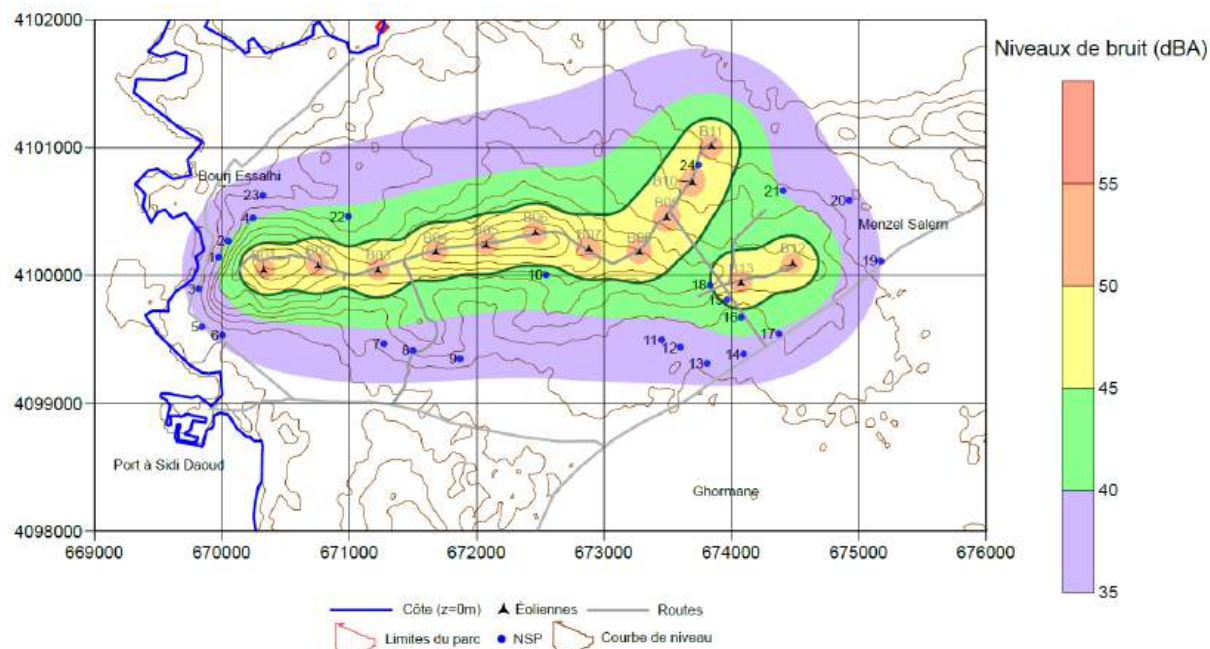


Figure 66 : Projection des isolignes d'intensité du bruit pour le site de Sidi Daoud, sur la carte topographique. (13xV136/4.2 MW)

Les résultats de perception du bruit selon le modèle utilisé, pour chaque position potentielle de réception pour la configuration (13xV136/4.2 MW) sont les suivants.

Tableau 54 : Résultats de la perception du bruit aux points NSP considérés (configuration III)

NSP	Distance à l'éolienne la plus proche V136/4.2 MW	Niveau sonore de l'éolienne (dB (A))	Conforme aux exigences Nocturne en 45dB	Conforme aux exigences diurnes (55 dB)	NSP	Distance à l'éolienne la plus proche V136/4.2 MW	Niveau sonore de l'éolienne (dB (A))	Conforme aux exigences Nocturne en 45dB	Conforme aux exigences diurnes (55 dB)
1	2,7	39.7	Oui	Oui	13	5,1	36.7	Oui	Oui
2	2,6	40.1	Oui	Oui	14	4,1	37.8	Oui	Oui
3	3,9	36.6	Oui	Oui	15	1,3	46.2	Pas applicable	Pas applicable
4	3,0	39.8	Oui	Oui	16	2,0	43.2	Pas applicable	Pas applicable
5	4,9	34.9	Oui	Oui	17	3,7	39.3	Oui	Oui
6	4,5	35.9	Oui	Oui	18	1,8	44.8	Pas applicable	Pas applicable
7	4,3	38.3	Oui	Oui	19	5,1	35.0	Oui	Oui
8	5,1	37.5	Oui	Oui	20	4,8	36.1	Oui	Oui
9	6,3	36.4	Oui	Oui	21	4,2	39.8	Pas applicable	Pas applicable
10	2,5	43.8	Pas applicable	Pas applicable	22	3,3	41.3	Pas applicable	Pas applicable
11	5,2	38.1	Oui	Oui	23	4,3	37.5	Oui	Oui
12	5,1	37.7	Oui	Oui	24	1,0	49.6	Pas applicable	Pas applicable

Notons que pour les zones inhabitées (10, 15, 16, 18, 21, 22 et 24), la valeur du seuil à considérer serait du 70 dB (nuit et jour).

8.4.9.3 Respect de la réglementation

L'objectif l'étude de bruit est de présenter les mesures correctives nécessaires pour garantir que le niveau de bruit total pendant le fonctionnement du parc éolien Sidi Daoud soit inférieur aux limites fixées par la réglementation. Notons qu'il n'existe pas de normes Tunisiennes dans le domaine, et de ce fait, la STEG a demandé l'appliquer les recommandations de la Banque Mondiale.

Un scénario de base a été réalisé sur lequel les 13 nouvelles turbines fonctionnent à pleine puissance. Il a été démontré que dans ce scénario de base, il n'y a des positions qui dépassent la limite fixée par la Banque mondiale la nuit (voir Annexe 05). En conséquence, le seuil imposé par la Banque mondiale sera respecté (voir les résultats en section précédente).

La vitesse de référence pour les estimations a été fixée à 10 m/s pour les trois alternatives, conformément à la norme internationale. À cette vitesse de vent, le bruit ambiant dépasserait, probablement, la limite nocturne fixée par la Banque Mondiale ou l'arrêté de la municipalité de Tunis. Il est donc conseillé durant la phase d'exploitation du repowering du parc éolien, de mesurer le bruit ambiant sur place. Sur la base des données qui seront acquises, la société soumissionnaire du marché du repowering du site de Sidi Daoud devrait réaliser à nouveau une étude de bruit afin de confirmer que la norme soit respectée.

8.4.10 Analyse stroboscopique

La STEG a confié l'étude stroboscopique à Barlovento Recursos Naturales, dans le cadre de l'étude de faisabilité du repowering. Un modèle informatique a été utilisé, visant à déterminer l'étendue de la projection d'ombre dans les zones de travail situées à proximité des éoliennes. Les heures d'ombre par année sont estimées dans les zones entourant les parcs éoliens en exploitation et sont comparées aux lignes directrices applicables.

8.4.10.1 Orientations générales de l'étude

Dans cette étude, les recommandations "*Environmental, Health and Safety Guidelines for Wind Energy*" de la *World Bank Group* ont été adoptées. Ces recommandations précisent :

- Il est recommandé que la durée prévue de la projection d'ombre sur un récepteur sensible ne dépasse pas 30 heures par année, dans le scénario le plus pénalisant.
- L'évaluation d'emplacements ou récepteurs potentiellement sensibles à une distance de dix diamètres de rotor par rapport à l'emplacement proposé pour les turbines convient normalement aux fins de l'EIES. Il est suggéré de ne pas admettre plus de 30 heures d'effet stroboscopique par année pour le logement.

L'effet stroboscopique ne se produit relativement, qu'à une proximité du site, par la concurrence de certaines conditions :

- Heures d'ensoleillement (lever et coucher du soleil).
- Ensoleillement, car l'effet stroboscopique ne se produit pas pendant les jours nuageux lorsque la lumière du jour n'est pas suffisamment brillante pour projeter l'ombre.
- Le récepteur se trouve à moins de dix diamètres du rotor de l'éolienne.
- Les fenêtres en position devant l'éolienne, car l'ombres de pale ne peut pénétrer dans une structure que par les fenêtres non ombragées.
- Quand l'éolienne tourne, car aucun effet stroboscopique ne se produit lorsque l'éolienne est à l'arrêt.

8.4.10.2 Résultats de l'étude

Nous avons sélectionné les mêmes points sensibles que pour le cas de l'étude de simulation de bruit (24 points au total) l'emplacement des NSP sont disponibles en Tableau 51 ou sur l'annexe 06.

Ci-dessous, les résultats de l'étude d'effet stroboscopique du parc éolien Sidi Daoud sont montrés pour les points qui dépassent les 30 heures par année d'effet stroboscopique.

Tableau 55 : Résultats de la simulation stroboscopique à l'emplacement des sites de mesures choisis.

NSP	Valeurs en heures par année de l'ombre attendue (h : mm / année) N149/4.5MW	Valeurs en heures par année de l'ombre attendue (h : mm / année) SG145/4.5MW	Valeurs en heures par année de l'ombre attendue (h : mm / année) V136/4.2MW
1	116 : 01	113 : 54	96 : 20
2	192 : 29	211 : 33	155 : 27
3	117 : 09	96 : 32	81 : 00
4	121 : 18	111 : 46	102 : 34
6	32 : 43	Inférieur à 30 h	Inférieur à 30 h
19	80 : 04	72 : 49	68 : 44
20	127 : 48	101 : 53	109 : 02
23	57 : 06	52 : 51	49 : 20

• Scénario le plus pénalisant (selon le guide de la WBG-EHS)

En fonction de la configuration d'éolienne, 8, 7 et 7 des NSP (sur la totalité de points), dépassent les limites de la norme (30 heures à l'année).

Les points qui sont dans la situation la plus pénalisante sont les points : NSP-10, NSP-18 et NSP-24, qui sont respectivement très proches des éoliennes B06, B13 et B10 et qui correspondent à des exploitations agricoles. Voir plus en détail en Annexe 06

• Scénario de cas statistique (selon le "Best Practice Guidelines for the Irish Wind Energy Industry")

En Annexe B de l'étude stroboscopique (disponible en Annexe 06), nous présentons aussi les résultats de la simulation stroboscopique pour le cas statistique. Une simulation qui suggère qu'il est raisonnable de prendre en compte des conditions environnementales (comme la direction du vent et le climat en général) pour modifier les calculs astronomiques du scénario le plus pénalisant de la Banque Mondiale (WBG-EHS). Les résultats de cette simulation sont plus favorables.

8.4.10.3 Conclusions et recommandations

Les résultats du tableau précédent s'appliquent aux trois configurations (alternative de choix technologique) d'éoliennes considérées.

L'effet stroboscopique est susceptible d'être inférieur aux résultats précédents notamment à cause de l'orientation du rotor (variations en direction) ou l'arrêt des éoliennes durant la maintenance. Le consultant propose les mesures suivantes afin de fixer l'effet stroboscopique en dessous des limites de la norme pour les logements qui dépassent les limites susmentionnées.

- Planter de la végétation (arbustes ou arbres) à proximité (des maisons concernées. Le consultant recommande de couvrir toute la façade en plus 5 mètres supplémentaires de chaque côté. La végétation doit être située à 5 mètres de la maison :
 - Pour les maisons d'un étage, Barlovento recommande d'installer des buissons de trois mètres de hauteur.
 - Pour les maisons de plus d'un étage, Barlovento recommande d'installer des arbres, Il faut s'orienter vers des espèces indigènes et locales, e.g. du type d'habitat comme le Caroubier ou le Mûrier.
- Installer des rideaux ou des stores opaques dans les maisons concernées, en revanche, il faut rappeler que cela doit être discuté au préalable avec les maisons concernées.
- Dans le cas les plus restreints, l'utilisation de stratégies de contrôle des turbines qui arrêtent les turbines lorsque l'effet stroboscopique est susceptible de se produire peuvent s'utiliser.

Après l'application des mesures susmentionnées, les effets de scintillement des ombres seront réduits de manière notable, de cette manière les normes seront respectées.

9 ACTIONS DE CONSULTATION ET D'INFORMATION MENEES PAR LE PROJET

9.1 Échanges avec la direction technique du projet à l'occasion des différentes études menées

Des réunions étaient tenues entre l'ingénieur conseil et la direction technique du projet que ce soit au niveau de la STEG ou au niveau du centre de Sidi Daoud.

Les échanges étaient autour de l'historique du projet et surtout au niveau des difficultés rencontrées au niveau de la gestion sociale du projet et les conflits avec les riverains.

9.2 Réunions tenues par les responsables du projet avec la population, les autorités locales et communales

D'après la méthodologie proposée pour tenir les consultations publiques, trois grandes réunions ont été tenues :

La première réunion était avec les autorités locales : délégué, le président de la commune de Haouria, le Omda, les responsables techniques du centre de Sidi Daoud.

Dans cette réunion introductive, l'ingénieur conseil a élaboré un planning d'intervention sur terrain pour faire l'enquête, les consultations publiques et la collecte des données qualitative.

La deuxième réunion était tenue au siège du gouvernorat avec les différentes parties prenantes, l'objectif de la réunion était pour sensibiliser les intervenants dans le projet et voir leurs degrés d'implication pour résoudre les problèmes au niveau local. (*Voir PV de réunion dans les annexes*).

Au niveau de la population, deux réunions de consultation publique ont été organisées : une réunion avec les habitants de Borj Salhi au siège de la commune de Saheb Jebel (*Voir PV de réunion dans les annexes*) et une deuxième réunion avec la population de Gharman et Henchir Chedhli.

10 PLAN DE CONSULTATION PUBLIQUE

10.1 Principes Généraux

Il s'agit d'appliquer les principes et les méthodes qui pourraient être potentiellement utilisées pour l'engagement des parties prenantes dans le contexte du projet.

La communication part d'une brève description du projet afin de communiquer les informations les plus pertinentes aux différentes parties prenantes :

- Objectifs du Projet et sa zone d'intervention.
- Calendrier de l'exécution des différentes phases du projet.
- Place du projet dans le schéma de développement urbain et territorial.
- Importance et devenir de la production d'énergie propre dans le monde et à l'échelle régionale et locale.
- Impacts négatifs sur l'environnement et les établissements humains et les mesures de mitigation prévues.
- Impacts bénéfiques du Projet.
- Mécanisme de gestion des plaintes.
- Engagement citoyen.
- Formats et modes de communication qui seront utilisés dans le cadre du projet.

10.2 Outils et Méthodes

Les outils et méthodes de consultation, d'information et de sensibilisation sont multiples : réunions de consultation publique en présence de responsables, focus groupes, entretiens individuels (face à face), sensibilisation par le biais de médias : lus (journaux), télévisions, radios (nationale et locale), affiches Site web, médias sociaux, correspondances, brochures et déliants, etc.

10.2.1 Réunions publiques d'information et de consultation– Journées Portes Ouvertes

Il s'agit en général de consultations publiques formelles, présidées par l'autorité locale, sanctionnées par un compte rendu dûment rédigé. L'inconvénient de ce type de réunions est que, seules les personnes les plus influentes exprimeront librement ou facilement leurs opinions et, par conséquent ne constituent pas une voie de consultation appropriée.

Ces réunions sont néanmoins utiles, pour partager des informations générales sur une activité, lorsqu'il la prise de parole devant les présents n'est pas toujours aisée. Ce type de réunion permet de rassurer le public local sur le soutien que le projet a reçu des autorités. Elles sont aussi considérées comme un effort de transparence et de partage de l'information, permettant ainsi d'offrir l'opportunité de transmettre des informations à un grand nombre de personnes. Elles complètent également les petites réunions en rassurant le public local sur le fait que la communication échangée lors de petites réunions traduit la communication « officielle ».

10.2.2 Entrevues en face à face

Cette approche d'entrevue en face à face (entretien individuel) cible en particulier les autorités locales, les élus locaux, les chefs coutumiers, les leaders d'opinion, etc. Cette méthode est un excellent moyen d'implication de ces acteurs. Il est important d'établir des attentes avec l'interlocuteur sur la façon dont l'information sera utilisée. Ce type de réunion permet aussi d'identifier les personnes et acteurs principaux à consulter, afin que personne ne soit déçu si toutes ses idées ne sont pas prise en compte dans leur totalité.

10.2.3 Discussions en focus groupes

Il s'agit d'une méthode très utile pour obtenir les opinions d'un groupe de personnes sur certaines questions spécifiques. Ces rencontres ciblent en général les personnes intéressées par les mêmes questions (par exemple : compensation foncière, assistance aux groupes vulnérables, emploi des femmes, mitigation des impacts négatifs, bonification des impacts positifs). Ces groupes de discussion peuvent être établis par catégorie d'âge, par sexe, par type d'activité, etc. Il s'agit d'une méthode très utile pour obtenir les opinions d'un groupe de personnes sur certaines questions spécifiques. En organisant des groupes de discussion, il est important de s'assurer (i) que toutes les opinions divergentes sont exprimées ; (ii) la discussion doit être centrée sur la question à discuter ; (iii) conclure avec des propositions concrètes faites, et (iv) faire le lien avec des réunions ultérieures sur les prochaines étapes du projet.

10.2.4 Bureau d'information

Les informations à communiquer aux parties prenantes peuvent être comme suit :

- Objectifs du Projet et sa zone d'intervention.
- Calendrier des activités du projet.
- Impacts négatifs potentiels sur l'environnement et les établissements humains et les mesures de mitigations prévues.
- Impacts positifs potentiels du Projet.
- Mécanisme de gestion des plaintes.
- Engagement citoyen.

Une brochure simplifiée de présentation du projet, présentant les informations suivantes :

- Informations sur le projet, le Mécanisme de consultation du projet ; les contacts, la diffusion de l'information, etc.
- Objectifs du projet et caractéristiques clés, y compris l'emplacement exact et les principaux objets à construire.
- Principaux impacts environnementaux et sociaux du projet.
- Mécanisme de consultation du projet et du PGES.
- Mécanisme de gestion des plaintes dans le cadre du projet.
- Disponibilité de la documentation (type de documentation, où se la procurer).
- Informations de contact.

Cette brochure pourrait être éditée pour une large diffusion et sera actualisée de manière périodique durant la mise en œuvre du projet en intégrant les réalisations clés du projet, les activités à réaliser, les événements importants (inaugurations des ouvrages, par ex.) ; les Indicateurs d'emploi (nombre d'employés locaux pour les travaux (entreprises principales et sous-traitants) désagrégées par sexe, etc.

10.2.5 Communiqués de presse et utilisation des mass médias

Les médias de masse (journaux, radios, télévisions, sites web) offrent des possibilités de diffusion de l'information sur une large échelle, à travers des communiqués de presse, des reportages sur le projet, des campagnes de lancement, des entrevues avec la direction du Projet, des visites organisées sur site, etc.

10.2.6 Visite du parc

Les visites sur site du projet consistent à amener de petits groupes de parties prenantes (élus locaux, journalistes, représentants des organisations de la société civile, etc.) à visiter le projet et à transmettre des informations sur les impacts environnementaux et sociaux et les mesures d'atténuation. La visite des installations du projet par des groupes de jeunes et d'écoliers peut également être efficace car elle peut donner une idée de l'objectif général du projet, susciter l'intérêt, l'appropriation locale et fournir des informations sur les formations supérieures soutenues par le projet.

10.2.7 Plan de consultation publique et de divulgation de l'information

Les méthodes de consultation des parties prenantes seront adaptées aux personnes et groupes cibles visés :

- Les entretiens seront organisés avec les différents acteurs étatiques (ANPE, ANGed, ANME, DGPC, DGACTA, CRDA, Communes, etc.), et organisations non gouvernementales.
- Les enquêtes, sondages et questionnaires seront utilisés pour prendre les avis des personnes susceptibles d'être affectées par le projet.
- Les réunions publiques seront régulièrement organisées à l'intention des acteurs les plus éloignés.

Les parties prenantes seront bien identifiées et impliquées suivant les thématiques à débattre. Le plan de consultation publique et de divulgation de l'information se présente comme suit.

TABLEAU 56 : PLAN DE CONSULTATION PUBLIQUE ET DE DIVULGATION DE L'INFORMATION

Phase du projet	Actions clés/Informations à communiquer	Méthodes proposées	Lieu(x)/dates	Calendrier indicatif	Parties prenantes ciblées	Pourcentage atteint	Responsabilités
Préparation	Objet, nature et envergure du projet	- Journaux, télévision, radios nationale et locale, affiches - Site Web et médias sociaux - Consultation du public ou focus groupe - Correspondance et réunion officielle - Brochures et dépliant	- Un communiqué dans les journaux par semaine ; - Un passage à la radio et à la télévision une fois par semaine durant la période de lancement du projet.	Trois (mois) en début lancement du projet	- Collectivités territoriales - Secteur privé, - Communautés locales - Société civile	- Couverture nationale (journaux, radio, télévision, sites web et médias sociaux) - Couverture locale (radios locales)	UGP
	- Risques et impacts potentiels du projet sur les communautés locales ; - Mesures d'atténuation/bonification ; - Mise en exergue des risques et impacts susceptibles d'affecter de manière disproportionnée les groupes vulnérables et défavorisés.	- Journaux, télévision, radios (nationale et locale), affiches ; - Site web, médias sociaux ; - Consultation du public ou focus groupe ; - Correspondance et réunions officielles - Brochures et dépliant	- Un communiqué dans les journaux ; - Un passage à la radio nationale et à la télévision par semaine durant la période de lancement du projet.	Trois (mois) en début lancement du projet	- Collectivités territoriales - Secteur privé, - Communautés locales - Société civile	- Couverture nationale (journaux, radio, télévision, sites web et médias sociaux) - Couverture locale (radios locales)	UGP
	Critères d'éligibilité des personnes affectées et des personnes vulnérables ;						
	Dates et lieux des réunions de consultation publiques envisagées, et le processus qui sera adopté pour les notifications et les comptes rendus de ces réunions ;						
	Mécanisme de gestion des plaintes			1 ^{er} trimestre de l'année de mise en œuvre			
Travaux	Enjeux environnementaux et sociaux des activités du Projet : hygiène, sécurité, violences sexuelles, travail des enfants lors des travaux ; gestion des déchets, etc.	- Journaux, télévision, radios (nationale et locale), affiches ; - Site web, médias sociaux ; - Consultation du public ou focus groupe ; - Correspondance et réunions officielles	- Un communiqué dans les journaux - Un passage à la radio locale par semaine durant la période définie pour la communication.	Durant la période d'exécution des travaux	- Collectivités territoriales - Secteur privé, - Communautés locales - Société civile	- Couverture nationale (journaux, radio, sites web et médias sociaux) - Couverture locale (radios locales)	UGP ANPE ANGed ANME

Phase du projet	Actions clés/Informations à communiquer	Méthodes proposées	Lieu(x)/dates	Calendrier indicatif	Parties prenantes ciblées	Pourcentage atteint	Responsabilités
		Brochures et dépliants					
Exploitation	Mesure d'entretien et de gestions des ouvrages ; gestion du bruit et de l'ombrage	• Journaux, télévision, radios (nationale et locale), affiches ; • Site web, médias sociaux ; • Consultation du public ou focus groupe ; • Correspondance et réunions officielles • Brochures et dépliants	Un passage à la radio locale par semaine durant la période définie pour la communication et sensibilisation dans les différentes communautés	Un mois après la réception provisoire des ouvrages	• Collectivités territoriales • Secteur privé, • Communautés locales • Société civile	Information obligatoire de toutes les institutions bénéficiaires du projet	UGP ANPE ANGed ANME

10.3 Conclusion sur les consultations publiques

La population riveraine du projet a accepté la rénovation du parc éolien mais à condition de :

- Respecter les aspects environnementaux.
- Réparer les dégâts de la dégradation des sols et les érosions à cause de l'aménagement des pistes pour l'accès aux éoliennes.
- Revoir les contrats de location des terrains par STEG et élaborer des protocoles d'accord qui respectent la loi.
- Activer la loi en matière de la responsabilité sociale de l'entreprise (RES) pour prendre en charge les personnes vulnérables et pauvres surtout dans la localité de Borj Salhi.
- Électrifier les puits de surface dans la zone de Gharman et Henchir Chedhli.
- Améliorer l'infrastructure dans la zone du projet.



Quelques photos des consultations publiques

11 IDENTIFICATION ET EVALUATION DES IMPACTS SOCIOECONOMIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

11.1 Méthodes d'évaluation de l'importance des impacts

L'évaluation des impacts est fonction de la composante de l'environnement affectée (sensibilité, rareté, etc.), et des valeurs sociales, culturelles, économiques et esthétiques accordées par la population au degré de modification de cette composante.

L'importance d'un impact est un indicateur de synthèse des critères d'évaluation comme la qualité, l'intensité, l'étendue, la durée de l'effet, etc.

La qualité d'un impact traduit la nature ou l'orientation de la perturbation du milieu. Cet impact peut être jugé :

- Positif quand il est bénéfique à la composante environnementale qu'il affecte.
- Négatif quand il affecte de façon défavorable une composante du milieu récepteur.
- Neutre quand il n'a pas d'impact sur le milieu récepteur.

L'intensité de l'impact traduit le degré ou le niveau de la perturbation. Elle sert à évaluer l'ampleur des modifications apportées à une composante réceptrice en cours de travaux ou d'exploitation. Elle peut être faible, moyenne ou forte.

L'étendue de l'impact est une estimation de la dimension spatiale (surface, longueur) affectée par cet impact.

La durée de l'impact est le temps pendant lequel les perturbations apportées à une composante environnementale sont ressenties. Elle traduit l'aspect temporel et le caractère réversible ou irréversible de l'impact.

Tableau 57 : Critères d'évaluation des impacts

Intensité de l'impact	Étendue de l'impact	Durée de l'impact	Importance absolue de l'impact
Forte	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Majeure
		Courte	Majeure
	Locale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Ponctuelle	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	mineure
	Ponctuelle	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure
Moyenne	Régionale	Longue	Majeure
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Moyenne
	Locale	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	mineure
	Ponctuelle	Longue	Moyenne
		Moyenne	Moyenne
		Courte	Mineure

Cette partie est destinée à analyser et à quantifier les modifications de l'état initial apportées par l'aménagement d'un parc de 13 éoliennes sur la commune d'El Haouaria Nord (Secteur Saheb Jebel Nord), en mesurant les nuisances engendrées sur l'environnement naturel et humain. L'analyse porte sur les effets négatifs et positifs, directs ou indirects, temporaires et permanents sur le court (1 an), moyen (1 à 5 ans) et long terme (de 5 ans jusqu'au démantèlement des installations).

Même si l'énergie renouvelable produite présente un avantage écologique certain, elle peut également apporter certaines modifications ou perturbations (paysage, bruit, ombrage, notamment) qui doivent être pris en compte pour

l'intégration du projet dans son contexte, qu'il convient de prendre en compte pour intégrer au mieux ce type d'aménagement.

En application du décret 1991-2005 du 11 juillet 2005 février 1993 relatif à l'étude d'impact, sont distingués :

- les effets temporaires par rapport aux effets permanents. Les premiers sont liés aux phases de préconstruction et phase chantier, alors que les seconds caractérisent la phase d'exploitation.
- les effets directs par opposition aux effets indirects. Ces derniers sont des effets extérieurs, dont on connaît moins bien la nature et surtout l'importance.

11.2 Production mondiale d'énergie éolienne

11.2.1 Contexte international

L'énergie utilisée aujourd'hui dans le monde provient essentiellement de gisements de combustibles fossiles (charbon, pétrole, gaz...) ou de centrales nucléaires. Ces gisements provoquent des rejets de gaz qui contribuent activement à la production de GES et au réchauffement climatiques.

Le développement de l'énergie éolienne est l'un des résultats de la politique internationale en faveur du développement durable, en application des conventions de Rio (1992), du Protocole de Kyoto (1997) et de l'Accord de Paris (2015) qui visent à limiter les émissions de GES. Depuis, l'énergie éolienne a été considérablement développée dans le monde.

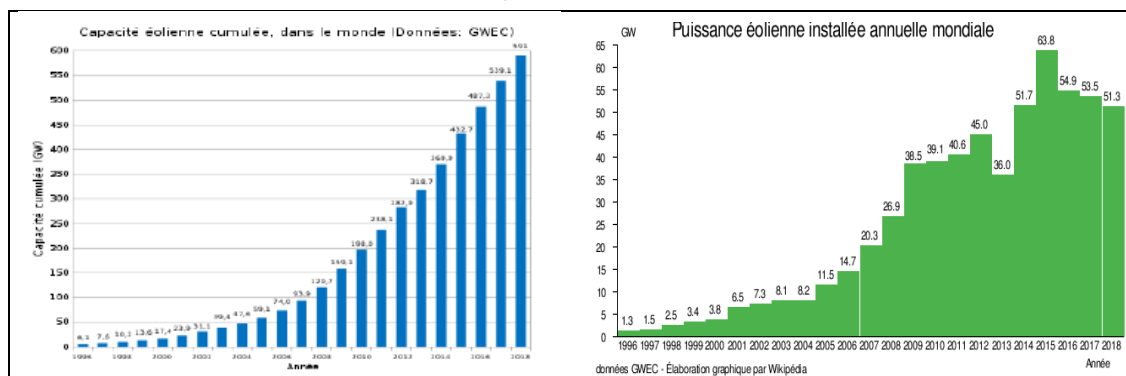


Figure 67 : Capacité cumulée de production d'énergie éolienne et capacité installée annuelle dans le Monde en GW

11.2.2 Utilisation rationnelle de l'énergie

Dans une situation optimale, le projet de repowering qui disposera d'une puissance installée de 54 MW, qui pourrait produire annuellement de plus de 200 GWh. Ceci représente la consommation de plus de 100.000 foyers par an, sur la base d'une consommation de 2000 kWh par foyer/an. L'éolienne ne produit pas de GES contre une production moyenne de ces gaz de l'ordre de 180 g/kWh effectif pour une centrale à cycle combiné (gaz-fuel), et de plus de 1000 g/kWh effectif, pour une centrale au charbon.

L'exploitation d'énergie éolienne ne dégrade pas la qualité de l'air, et ne pollue ni l'eau (absence de rejets hydriques, ou de pollution thermique) ni les sols (absence de suies ou de cendres). De plus, l'activité du parc éolien ne consomme pas de matière première, ni d'autres produits nécessaires à l'exploitation. Seules les actions de maintenance peuvent engendrer des déchets limités et en grande partie recyclables durant tout le cycle de vie du parc. De plus, les éoliennes sont démontables garantissant ainsi la remise en état du site originel, alors que leurs composantes peuvent facilement être recyclées en fin de vie.

11.3 Intérêt de l'énergie éolienne

11.3.1 Impacts positifs généraux

Une éolienne convertie l'énergie cinétique du vent en énergie électrique. Ce mode de production présente de nombreux avantages en termes de développement durable :

- Ressource inépuisable : dérivé de l'énergie solaire via les flux atmosphériques d'air qui sont de plus générés par la variation des températures.
- Ressource locale : le vent est capté directement sur le site de production et n'a pas besoin d'être transporté. L'énergie produite sera consommée localement, presque sans perte, dans un lieu et un périmètre proche.
- Ressource propre : l'exploitation éolienne n'induit aucune pollution atmosphérique et ne produit pas de déchets autre que ceux de la fabrication de l'éolienne elle-même.
- Ressource recyclable : composées essentiellement de métal, les éoliennes sont recyclables. La valeur du métal couvre une grande part du démantèlement.
- Ressource de substitution : L'énergie produite par les éoliennes permet d'économiser les ressources fossiles et induit ainsi de nombreux impacts positifs, y compris économiques.
- Valorisation de la ressource vent naturelle.
- Réduction des émissions de gaz à effet de serre, de suies, de cendres, de fumées, de poussières, odeurs, etc.
- limitation des effets liés aux pluies acides sur le milieu naturel et le patrimoine notamment.
- Limitation des nuisances et risques de catastrophes liés à l'approvisionnement en combustibles fossiles (marée noire, raffinerie,).
- Préservation des milieux aquatiques en diminuant les rejets de métaux lourds notamment, et en limitant le réchauffement des cours d'eau.

Le graphique présenté ci-contre offre une comparaison pour différentes énergies, des quantités équivalentes carbone émises par tonne équivalente pétrole :

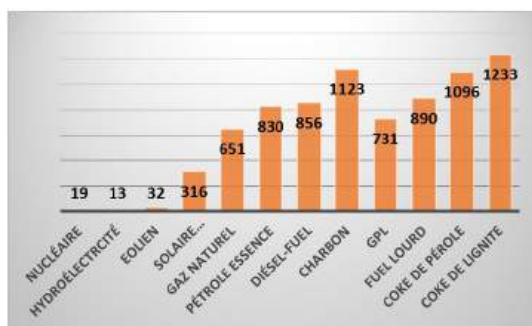


Figure 68 : Kg équivalent carbone émis / tn équivalente pétrole pour divers énergies (Source : ADEME et EDF)

11.3.2 Intérêt national

Les rapports annuels de la STEG indiquent que la production annuelle de la Tunisie en électricité a atteint 20 220 GWh en 2019 contre 15 856 GWh en 2016, soit une augmentation de 10,76%. Le bilan de production en électricité indique que le gaz est l'énergie primaire prépondérante à 97% de cette production, alors que l'énergie éolienne ne représente que 2,9%, bien qu'elle soit la seconde source d'énergie après le gaz.

Tableau 58 : Bilan électricité de la Tunisie de 2016 à 2018 (en GWh)

Électricité disponible	2016	2017	2018
1. Production STEG Par nature combustible	14 806	15 431	15 716
Gaz	14 284	14 964	15 245
Fuel, Gasoil	1	1	1
Hydraulique	45	17	17
Éolien	474	449	453
2. Achats STEG chez IPP	3 337	3 543	3 374
3. Échanges	7	37	26
4. Achat tiers	106	122	155
TOTAL	18 256	19 133	19 271

Bien que l'énergie éolienne serait capable à l'avenir de remplacer une part importante des énergies fossiles (gaz et pétrole essentiellement). Ces derniers proviennent de régions politiquement instables et de ce fait, l'énergie éolienne peut sensiblement contribuer à diminuer la dépendance énergétique auprès de ces pays et pallier les risques de fluctuations des prix de gaz et de pétrole et leurs incidences sur l'économie nationale.

La ressource éolienne a non seulement l'objectif de couvrir une part significative de la croissance des besoins en électricité, mais aussi de réduire les émissions de GES. Elle permet aussi au pays de profiter du progrès technologique incessant dans ce domaine. Néanmoins, il faut toujours garder à l'esprit la nécessité de réconcilier le rendement des éoliens avec les critères environnementaux pour leur meilleure insertion dans le paysage.

11.3.3 Intérêt au niveau local

La création et le repowering de parcs comme celui est bénéfique en termes d'aménagement du territoire. Pour des raisons de dimensions et de la source primaire d'électricité (vent), ces parcs s'installent le plus souvent dans les zones rurales fragilisées, considérées comme zones d'ombre, et peuvent être source de richesses locales en favorisant le développement économique des communes concernées, la création d'emplois directs et indirects (chantiers) et indirects (fourniture de services).

Un parc éolien peut aussi induire une nouvelle forme de tourisme, notamment pour les jeunes à la découverte d'éoliennes en fonctionnement, pour les décideurs pour s'imprégner des progrès technologiques, mais aussi pour les randonneurs et les curieux qui voudront apprécier l'insertion de ces grandes machines dans les paysages.

11.4 Synthèse des contraintes environnementales issues de l'état initial

Les principales contraintes qui affectent le projet de manière directe ou indirecte sont les suivantes :

- Le vent : la région d'El Haouaria Sidi Daoud constitue l'une des régions les plus ventées du pays, avec des vents d'une vitesse fréquemment supérieure à 6m/s ; ceci permet le bon fonctionnement des éoliennes et la viabilité du projet.
- Le relief et la proximité de la côte influent sur la perception paysagère du site.
- L'occupation du sol peut réduire mais de façon très limitée, l'espace destiné à l'agriculture, mais aussi celui naturel (prairies, maquis et garrigues) ; en effet l'emprise d'une éolienne au sol est faible de quelques dizaines d'ares.
- La sensibilité de l'avifaune et des chiroptères.
- L'ambiance sonore et l'ombrage peuvent influencer sur l'habitat.
- Les sensibilités paysagères et patrimoniales.

Tableau 59 : Synthèse des sensibilités techniques, paysagères, environnementales et socioéconomiques du projet Repowering.

Parc Éolien de Sidi Daoud	Nature des contraintes imposées à l'état initial
Topographie	Paysage de plaine à soubresauts et chainons de collines adapté aux éoliennes (parc existant). La visibilité des éoliennes s'en trouve donc amplifiée.
Géologie, pédologie	Vents dominants de secteurs NW, souvent de vitesse supérieure à 6m/s.
Climat, vents	Sans contraintes particulières, pas de givre, ni neige.
Qualité des eaux, nappes	Pas de contraintes particulières en termes de quantité et de qualité (pas de rejets ; consommation en phase chantier seule, mais réduite).
Qualité de l'air	Aucune contrainte car sans émissions de gaz.
Émissions olfactives	Aucune contrainte
Émissions sonores	Contrainte réglementaire : impacts mineurs issus des éoliennes les plus proches de village (Sidi Daoud, Borj Essalhi).
Ombrage	Contraintes réglementaires : ombrage moyen issu des éoliennes les plus proches des habitations (Sidi Daoud, Borj Essalhi, Menzel Salem).
Risques naturels et technologiques	Risque d'inondation et aléa sismique faibles, risque de glissement de terrain faible, absence de risque technologique sauf cas accidentel rare à très rare (chute d'éolienne).
Trafics	Distance supérieure à 300m des voies riveraines formant une zone de sécurité autour des éoliennes.
Sites archéologiques	Tous les sites historiques et archéologiques de la région sont identifiés et sont hors de portée des éoliennes.
Monuments historiques	Sans contrainte particulière, sensibilité faible, la plupart des sites existent dans l'aire éloignée du projet.
Alimentation en eau potable, irrigation	Sans contrainte ; tous les captages sont dans le périmètre intermédiaire ou éloigné du projet.
Eaux usées	Sans contrainte.
Réseaux structurants	Sans contrainte.
Radiocommunications	Sans contrainte particulière.
Aéronautique	Balitage diurne et nocturne nécessaire, inscription des éoliennes sur la liste des obstacles à la navigation aérienne.
Agriculture	Repowering du parc existant,
Milieu socioéconomique	Pas de contrainte
Schémas d'urbanisme	Pas de contrainte
Avifaune	Sensibilité moyenne.
Chiroptères	Peu sensibles sur le site, mais il existe la Grotte à chauves-souris à El Haouaria dans le périmètre éloigné du projet, d'où une sensibilité globale moyenne.
Potentiel d'espaces naturels	Secteur dominé par les maquis et garrigues déboisés, et en partie, prairies et cultures céréalières et arboricoles.
Sensibilité naturelle du site	Parc existant ; sensibilité modérée dans l'ensemble.

11.5 Impacts temporaires liés aux travaux de chantier

Ces impacts sont essentiellement ceux de la phase de préconstruction (démantèlement des éoliennes obsolètes) et de la phase de construction. Les activités de ces phases ont généralement des impacts de court terme. Ces deux phases appellent à des précautions strictes pour éviter, sinon réduire les impacts, et une vigilance méthodique pour prévenir les risques. La réduction autant que possible du temps imparti à ces phases est aussi vivement recommandé.

Ces deux phases engagent des objectifs précis pour pallier autant que possible les impacts environnementaux des chantiers, notamment en termes de gestion des déchets générés et de maîtrise de ces impacts par la réduction des nuisances potentielles. Ceci nécessite une sensibilisation des intervenants à la démarche environnementale et au respect de la nature (insectes, oiseaux, reptiles, végétaux, etc.), l'information régulière des partenaires du projet et des riverains et le traitement de leurs réclamations et doléances éventuelles.

11.5.1 Recommandations aux entreprises sélectionnées pour travaux

Le nettoyage régulier des chantiers est primordial. Il faut aussi agir pour limiter la pollution des sols, de l'air, des eaux, et tenir un calendrier convenable à l'exécution des tâches bruyantes en particulier.

La gestion des chantiers doit se conformer aux normes environnementales, aux exigences réglementaires, mais aussi aux attentes des partenaires et des habitants.

La coordination du chantier doit être assurée par le « coordonnateur de sécurité agréé » qui établira un Plan Général de Coordination en parfaite coordination avec l'entrepreneur et le maître de l'ouvrage. Ce plan doit être constamment remis à jour et communiqué aux autorités locales et à tous les partenaires d'intérêt.

Le Maître d'ouvrage veillera à ce que les entreprises entre autres les sous-traitantes, qui interviendront sur le chantier utiliseront du personnel qualifié et que le matériel soit conforme à la législation en matière de protection contre le bruit et les émissions de polluants. Il doit s'engager auprès de l'entrepreneur à :

- Préserver l'environnement pendant les phases de préconstruction et de chantier.
- Limiter la gêne occasionnée en cours de travaux aux riverains et usagers des voies ouvertes à la circulation publique, et les voies d'accès au territoire agricole environnant.
- Assurer la sécurité des convois exceptionnels de transport des matériels nécessaires (composantes des éoliennes).
- Favoriser la prévention contre les risques et faciliter l'accessibilité des secours en cas d'accident potentiel.
- Mettre en œuvre les dispositions du Code du travail relatives à la coordination de la sécurité et de la protection de la santé du personnel et des agents de maîtrise.
- Réglementer l'accès aux chantiers, et interdire cet accès ou l'intrusion aux personnes étrangères.

Voyant le caractère quelque peu exceptionnel des équipements d'installation, il est préférable dès que l'autorisation/décision de construire et d'exploiter auront été obtenues, et que les entreprises auront été sélectionnées, un cahier des charges environnemental accompagnant les appels d'offres soit soumis aux adjudicataires, permettant ainsi au maître de l'ouvrage de :

- Mettre en place le groupe de travail responsable de l'élaboration de la méthodologie et du cahier des charges propre à chacun des chantiers, notamment la préconstruction qui engage une gestion minutieuse des déchets engendrés par le démantèlement des éoliennes et leur éventuel recyclage ou vente debout ou "as is".
- Informer les riverains avant le démarrage des travaux et les tenir informés du PGES accompagnant ce rapport.
- Réduire les nuisances des chantiers en respectant la réglementation en vigueur en matière de bruit et de pollution (poussières, eau).
- Mettre en place les dispositifs de protection appropriés pour éviter une pollution accidentelle des eaux (transvasements, sanitaires ...), ou l'obstruction du réseau de drainage naturel.
- Limiter dans la mesure du possible, les surfaces d'emprise des éoliennes et autres équipements et aménagement, et préserver le plus possible la végétation, la petite faune, etc.
- Désigner un coordinateur pour les questions de sécurité, de santé et des conditions de travail (HSE).
- Réaliser un plan d'urgence et de secours.
- Exiger un responsable environnement parmi les personnels des entreprises titulaires des marchés de travaux.
- Remettre en état tous les sites les sites partiels et en totalité, après travaux.

11.5.2 Impacts des travaux sur le milieu aquatique

Le mouvement des sols pour terrassement ou en cours de travaux de fondation, entraîne en général des poussières et des matières en suspension dans les eaux de ruissellement. Les travaux mettent aussi en œuvre des quantités de béton pour la construction de socles d'éoliennes, notamment. Les fleurs de ciment lors de coulage peuvent souiller les eaux de surface en écoulement. De plus, les pertes de produits chimiques toxiques (hydrocarbures, lubrifiants, huiles particulières diélectriques, etc.) en cours de démontage des éoliennes obsolètes, ou par des engins de chantier peuvent aisément polluer les eaux souterraines par infiltration dans le sous-sol sableux et sablo-limoneux du Miocène. La sensibilité de ce type de sols doit être présente à l'esprit lors de la réalisation des travaux. Des mesures préventives s'imposent.

11.5.3 Impacts des travaux sur l'air

En l'absence de pluies ou d'arrosage des voies, des aires de décapage ou d'emprunt de matériaux, par de l'eau par de l'eau, les travaux sont susceptibles de générer des poussières. Dans le cas présent, seuls les personnels et agents de maîtrise sont à portée de ce type de pollution. En effet, la zone de travaux étant bien distante des habitations, le risque de perturbation des populations avoisinantes, est dans ce cas fortement limitée.

11.5.4 Impacts sur les sols et sous-sols

La travail du sous-sol le déstabilise et peut engendrer des risques subséquents (effondrement ou glissement de terrain par ex.). Le positionnement des machines en cours de travaux ou en déplacement sur chantier doivent éviter autant que possible les terrains diaclases ou faillés et tous secteurs à cavités ou à pentes raides. Cependant, les études géotechniques futures doivent répondre aux questions posées par ces types d'aléas.

11.5.5 Impacts des travaux sur la faune, la flore et les habitats

11.5.5.1 Flore et habitats naturels

Notons d'abord que pour faciliter l'accès des engins exceptionnels, longs et volumineux sur le lieu des travaux (construction et préconstruction), des transformations temporaires ou permanentes de trajet des accès devront être mises en place. En transitant sur les voies existantes ou celles à créer, notamment en zone cultivée, peuvent affecter les cultures, mais globalement sans intérêt botanique élevé. Au contraire, les espaces qui seront directement remaniés pour les besoins d'accès et ceux de plateformes et de fondation (maquis et garrigues déboisés essentiellement), sont sensibles à la destruction directe par piétinement et/ou passage d'engins. À proximité des chemins et des espaces à aménager, l'impact réside dans l'empoussièrement des feuillages. Notons que ces poussières peuvent être lavées au passage de pluies ; dès lors l'impact est jugé faible tant que le projet n'affecte pas d'habitats et/ou d'espèces végétales d'intérêt patrimonial.

11.5.5.2 Avifaune

Les travaux engendreront un dérangement pour certaines espèces comparables aux travaux d'agriculture dans les champs. Il s'agit de la destruction (insectes essentiellement) ou de la fuite et refuge d'espèces les plus sensibles en dehors de l'espace des travaux, mais aussi la perturbation de la nidification des oiseaux aux abords des emplacements projetés. Lorsque la phase de travaux est achevée, l'avifaune peut reprendre ses droits sur le site.

Les espèces nichant dans les cultures (passereaux) peuvent aussi être impactées. Leurs surfaces d'habitat seront en partie perdues. Bien que des espaces ouverts environnants où les espèces peuvent trouver un nouvel habitat, cet impact reste cependant considérable et des mesures réductrices seront prises pour l'éviter.

En récapitulatif, l'analyse conduite a permis de distinguer 3 principaux éventuels impacts qu'exerce les activités de construction du parc éolien de Sidi Daoud sur l'avifaune existante. Il s'agit de :

- 1) **La destruction et la dégradation des habitats et des nids d'oiseaux nicheurs, tant sur la végétation que sur le sol**, liées principalement à l'installation du chantier et ses infrastructures et la création des routes d'accès. Ceci entraîne une fragmentation et perte d'un habitat utilisé par les oiseaux pour se reproduire ou s'alimenter. Le potentiel de destruction des nids est élevé, en particulier pour les œdicnèmes, perdrix, cailles et passereaux.
- 2) **La mortalité des oiseaux causée par les collisions** avec des véhicules du chantier. Cet impact reste faible.
- 3) **Dérangement et perturbation**, surtout sonore, causés par le fonctionnement des machines lourdes et les travailleurs de la construction. Ces auront un impact limité dans le temps lors de la construction ou le démantèlement.

11.5.5.3 Chiroptères

Les impacts éventuels dans la phase de construction sur les chauves-souris dans le site sont comme suit :

- 1) La mise en place des engins et la création des vastes routes peut engendrer **la raréfaction de la végétation** et par conséquent la raréfaction des insectes, régime alimentaire de base pour les chauves-souris.
- 2) **Dérangement et perturbation**, surtout sonore et lumineux, causés par le fonctionnement des machines lourdes et les travailleurs de la construction si ces travaux s'effectuent la nuit.
- 3) **Mortalité par collision** avec des voitures.

Dans ce cas précis aucun impact n'est attendu en raison de l'absence de travaux nocturnes. Notons cependant que toute modification de reliefs ou installation d'éléments en hauteur (renforcement et changement d'itinéraires de chemins, corrections de pentes, installation de réseaux de câblages, installation d'éoliennes) peuvent imposer un accroissement

des altitudes de vol nocturne des chiroptères et engendrer un risque accru de collision. Dans ce cas l'impact est jugé faible à moyen.

11.5.5.4 Autre faune

Les travaux entraîneront des impacts directs mais à courts termes, par dégradation des habitats (impliquant la végétation et les sols) et potentiellement leur destruction et la destruction de la faune associée (insectes, rongeurs et reptiles enterrés, notamment). La perturbation des habitats et une tendance à leur fragmentation peut également offrir la voie à l'intrusion d'espèces invasives. Voyant cependant la faible étendue des espaces à réaménager par rapport à ceux existants, l'impact des travaux des deux phases de préconstruction et de construction est jugé faible.

11.5.5.5 Nuisances liées aux travaux

Ce sont les impacts ressentis par la population humaine riveraine. Ces impacts peuvent être classés en trois groupes :

- Impacts engendrés par la production de déchets.
- Impacts liés aux bruits des engins (terrassment, circulation des engins, etc.). Dans le cas présent, aucune habitation ne se situe dans ou en bordure immédiate de la zone d'aménagement ; cependant un périmètre de plus de 500m existe entre les sites des éoliennes et les habitations et villages riverains, à l'exception des confins Ouest en direction de la mer. Dans ces conditions les nuisances sonores générées seront en grande partie limitées, sauf partiellement pour cette dernière partie côtière.
- Impacts liés aux émissions de poussières par les poids lourds, trax, excavatrices, niveleuses et autres engins de chantier en période sèche et en l'absence d'arrosage des accès par de l'eau. L'impact sur la qualité de l'air est à retenir. Ce trafic d'engins contribuera à la production à court terme, à la production de gaz à effet de serre et de polluants directs impactant la population (hydrocarbures, CO₂, SO₂, particules PM₁₀, essentiellement).

Des mesures réductrices doivent être assurées pour réduire sinon éviter ces impacts.

11.5.5.6 Impact olfactif

La préconstruction et la construction (Repowering) du parc éolien se déroulera sur des durées approximatives d'entre 5 et plus d'une année respectivement (voir horizons temporels). Au cours de ces phases, les travaux sont le terrassment, le démantèlement des bases anciennes d'éoliennes et les nouvelles fondations en béton, l'enlèvement des câbles obsolètes et les raccordements électriques, le démontage des éoliennes debout et le montage des nouvelles éoliennes avant le démarrage de la production. Ces phases ne génèrent pas d'odeur. En effet, les travaux de construction utilisent des matériaux qui ne génèrent que des déchets de type inerte (terre, béton, acier, composants électroniques de nacelles, pales, etc.).

11.5.5.7 Vibrations

Lors de chantiers, des vibrations de basse fréquence peuvent être produites par les gros engins et sont obligatoirement associées à des émissions sonores. Les vibrations de hautes ou moyennes fréquences sont produites par les outils vibrants et les outillages électroportatifs. Le dérangement engendré à cause de vibrations touche les conducteurs de machines et les riverains. Cependant, l'impact sera faible, seulement le jour, et restreint à la durée du chantier. La première habitation est localisée à 200 m environ de la ligne des éoliennes situées le plus en Ouest. Ceci conduit à une réduction notable de l'impact sur les riverains.

11.5.6 Impact des travaux sur les activités économiques

L'impact sera surement positif. Le démantèlement de l'ancien parc et le nouveau repowering engageront des entreprises locales pour le démantèlement et la pose de réseaux les travaux de démolition et de refonte des fondations, la création de chemins d'accès et autres services de chantier. Les travaux envisagés renforceront aussi l'activité des établissements commerciaux et de service voisins (cafés, restaurants, épiceries, marché, etc.). Ces impacts doivent être bonifiés et renforcés, sans mesures de réduction ou de compensation à envisager.

11.5.7 Impacts sur les communications et la circulation

Le démantèlement des équipements existants et la préparation de l'aire d'accueil et des fondations dans le cas de chaque nouvelle éolienne, nécessitera l'intervention de 35 camions en aller-retour, répartis sur une semaine (7 camions par jour en moyenne). Le trafic induit sera faible. Le transport de l'acier façonné et du béton pour les fondations,

nécessitera l'intervention de 50 camions environ par éolienne répartis sur une semaine, c'est-à-dire jusqu'à 13 semaines au total pour toutes les fondations. La deuxième phase des travaux correspond à la livraison et au montage des aérogénérateurs. La livraison des pièces composant les éoliennes sera assurée par convoi exceptionnel. Ces livraisons représentent environ 20 camions pour chaque machine, dont 3 sont nécessaires à la livraison sinon au déplacement de la grue sur site.

Les travaux de démontage des éoliennes existantes se dérouleront sur au moins 4 jour par éolienne, et continueront pour une période d'environ 4,5 mois. Le retrait des câblages existants durera pour une période d'environ 2 mois. Les travaux d'assemblage et de mise en route des nouvelles éoliennes se dérouleront sur environ une semaine pour chaque éolienne.

Le gaz CO₂ dégagé par la rotation des camions estimé à un maximum de 200 tonnes, lors des deux phases de pré-construction et de construction, sera compensé par une production de quelques jours d'énergie éolienne (300 g de CO₂-équivalent par kWh d'électricité produite).

Mis à part le convoi exceptionnel de transport des éoliennes du port de Rades au site, le réseau routier national et local est apte à supporter la circulation durant ces deux phases, tant en quantité (densité du trafic) qu'en en qualité (poids lourds). Malgré des ralentissements potentiels du trafic, les livraisons (granulats, sables, matériel de logistique, transport de matériel sur site, toupies à béton) ces livraisons mais n'impacteront pas la circulation de façon prolongée.

Notons que les chemins sur site ne sont pas dimensionnés pour supporter ce type de circulation, d'autant plus qu'ils ne comportent pas de croisements ou des ronds-points pour inverser les sens de circulation. La contrainte de perturbation des voies qui peuvent mener aux exploitations agricoles environnantes demeure également. Dès lors, l'information préalable sur le calendrier de réalisation des travaux doit être diffusée auprès des riverains et la circulation devrait être gérée de manière rationnelle. Le site dispose de son propre accès direct au site (voie principale), cependant l'accès en empruntant d'autres chemins ruraux peut s'avérer nécessaire pour éviter le croisement des poids lourds.

Des mesures réductrices doivent donc être prises pour éviter les impacts liés à la circulation.

11.5.8 Impacts sur la sécurité et risques en cours de chantier

Le démantèlement d'éoliennes existantes et le repowering, donc la construction d'une nouvelle centrale éolienne, est un chantier assez exceptionnel en ce sens qu'il nécessite diverses équipes spécialisées et des corps de métier (génie civil, mécanique, électricité, technologie éolienne) disposant chacun de ses propres consignes de sécurité.

Les facteurs de risques dans ce domaine d'aménagement/équipement peuvent être liés à la manipulation d'engins lourds chargés de matériels aux dimensions assez exceptionnelles, le montage d'appareillages nécessitant des travaux en hauteur et dans des positions suffisamment vertigineuses, le contact avec des équipements liés à des courants électriques de différentes tensions et intensités, etc.

Pour limiter ces risques, le choix de fenêtres climatiques favorables (vents, intempéries diverses, orage, tonnerre, inondation) à ces interventions devient nécessaire. L'intervention pour le démantèlement nécessite l'arrêt total de l'aérogénérateur et l'assurance de sa déconnexion. Le démantèlement de câbles obsolètes nécessite également une planification adéquate et la déconnexion définitive et sécurisée de ces câbles de tous les relais avec les réseaux existants.

Le démontage d'une éolienne nécessite des équipes spécialisées et des grues. L'erreur étant humaine, toute inattention en cours de soulèvement ou de descente d'objets, sinon en cours de leur transport, peut engendrer un risque fatal surtout en cas de chute de ces matériels lourds et surdimensionnés (pales, nacelle, tour, etc.).

Voyant l'évolution croissante de la technologie de l'éolien, le montage d'éoliennes est généralement le travail d'équipes propres à la firme mère, spécialement formées et régulièrement entraînées à l'organisation et aux procédures de travail, sensibilisées aux risques du métier, et munies de guides spécifiques imposant des règles strictes de sécurité et de santé au travail. Ces équipes du constructeur doivent entre autres, être présentes pour relever tous dysfonctionnements, avaries de conception ou occasionnées en cours de montage, pour assurer les opérations de mise en route et le fonctionnement optimum des machines, et pour se charger de la réception définitive des éoliennes.

Voyant enfin les spécificités de la technologie éolienne, les aérogénérateurs font du fait du Monde l'objet de certifications très strictes en termes de systèmes de protection vis-à-vis de la machinerie elle-même, de l'incendie et des risques électriques.

Des mesures réductrices doivent donc être prises pour éviter ces impacts et ces risques.

11.6 Impacts permanents et directs de la phase d'exploitation

11.6.1 Impacts sur les reliefs et les sols

Les éoliennes sont construites avec une emprise au sol qui est relativement limitée par rapport à l'étendue globale du parc. Elles sont implantées dans leur majorité sur un chaînon de collines dirigé en E-O, ou sur ses contreforts Est, avec des pentes dans l'ensemble relativement douces. La construction n'introduit pas de modifications de reliefs, sauf dans de rares cas de légère rectification de pente, donc de cote, ou de parcours du chemin d'accès principal du parc.

L'aménagement des chemins d'accès et de plateformes de servitude et le trafic en cours de chantier ou de maintenance, peuvent modifier la répartition des écoulements superficiels et souterrains. Ceux-ci nécessitent un entretien continu.

Les fondations lourdes et ancrées dans le sous-sol peuvent aussi modifier les écoulements, provoquer des désordres physiques dans le sol, ou être cause de tassements différentiels à cause de fracturations ou de diaclases affectant les grès du Miocène. Ceci peut se traduire par des déversement/basculement des structures de fondation et de manière hétérogène, ou par des dislocations le long des joints de diaclases qui peuvent tendre au glissement dans des situations de pente forte soumises à des écoulements d'eau de surface durant les périodes pluvieuses. Dès lors une étude géotechnique conduite dans les règles de l'art s'impose avant la phase travaux. Celle-ci fait a été programmée et partie des activités du projet.

11.6.2 Impacts sur l'eau

L'emprise au sol limitée des éoliennes et de leurs aménagements connexes ne modifie pas depuis vingt années passées, les écoulements de surface. Les installations se retrouvent isolées des zones habitées et des réseaux divers structurants locaux, et autres aménagements de forages d'eau ou de périmètres irrigués. Il est situé globalement à une cote plus élevée de plusieurs dizaines de mètres par rapport au niveau piézométrique de la nappe du Quaternaire. Aucun risque de remontée de la nappe n'est attendu et il n'existe aucun rejet hydrique qui puisse contaminer l'eau souterraine.

Les seules surfaces susceptibles de provoquer des écoulements de surface aussi peu soient-ils, sont les chemins d'accès et les plateformes de service qui seront utilisées pour la maintenance. Néanmoins, compte tenu de leur superficie totale limitée par rapport à l'emprise globale du parc, l'impact sur le ruissèlement est jugé **faible**, voire **insignifiant**.

11.6.3 Impact sur l'air

Comparées aux installations de production d'électricité, reconnues excessivement polluantes (centrales à coke de pétrole et à charbon en particulier), les éoliennes en exploitation ne produisent ni GES, ni particules PM10 ou plus fines, ni d'hydrocarbures en aérosols. Aucun effet indésirable sur la santé des riverains et sur les composantes de l'environnement par pollution de l'air ne devrait être attendu. Ce sont autant d'arguments pour juger cet impact **positif**.

11.6.4 Impact de chaleur

Comme tout moteur en fonctionnement, l'éolienne produit de la chaleur. Celle-ci est produite par frottement mécanique (arbre principal du rotor, axe, multiplicateurs, boîte à vitesse), mais aussi par l'alternateur et par l'électricité en cours d'évacuation par câble. La production de chaleur est circonscrite dans la nacelle.

La chaleur est évacuée par un système de refroidissement spécial consistant en un radiateur en contact permanent avec l'air extérieur.

Le transformateur intégré, le poste de livraison et leurs câblages sont aussi producteur de chaleur, mais en quantité limitée.

Par rapport à d'autres moyens conventionnels de production d'électricité, la chaleur produite par les éoliennes et leurs équipements connexes, est usuelle et ne présente aucun impact dommageable pour l'environnement. Cet impact peut être jugé **faible**, sinon insignifiant.

11.6.5 Impacts sur la faune, la flore et les habitats

La synthèse des travaux y afférents dans le cadre de cette étude, permettent de dégager les impacts recherchés.

11.6.5.1 Flore et habitats

La suppression des espèces végétales situées sur les zones d'implantation des éoliennes et de leurs plateformes de service, constitue le seul impact. Les éoliennes sont placées sur des zones agricoles actuellement cultivées, sans intérêt botanique. Les éoliennes sont situées pour la plupart sur un espace de maquis et de garrigues déboisées et dégradées où la flore se régénère de manière spontanée. Il n'existe donc pas de risque de perte d'espèces végétales protégées dans la zone d'étude.

Durant la phase d'exploitation il n'y aura aucune perte d'espace supplémentaire par rapport à la phase chantier. Il n'y aura donc pas d'impact à attendre sur la flore et les habitats, sinon cet impact sera **mineur** pour la globalité du projet.

11.6.5.2 Impact sur l'avifaune

Les risques encourus par les oiseaux peuvent être abordés en se basant sur leur comportement en vol. Ces risques engendreront 3 impacts majeurs sur l'avifaune. On cite :

- **Le risque de collision** des oiseaux contre les turbines et les infrastructures connexes, notamment les lignes et poteaux électriques ; ce risque est accentué par mauvais ou par le vol de nuit (bruants, chouettes, grives certains passereaux et oiseaux de mer, etc.). Avec le 1/3 des mouvements des oiseaux planeurs, surtout pendant les deux migrations, enregistrés à des altitudes à risque cet impact est élevé s'il n'est pas atténué.
- **Le risque de perturbation/déplacement** généré, d'une part, par les travailleurs du parc éolien et la perte d'habitats et perturbations subites des territoires de nidification et de recherche alimentaire occasionnées par le fonctionnement (bruit) des aérogénérateurs turbines, d'autre part. Vu que la fréquence des activités d'entretien des parcs éoliens est généralement faible, les risques de dérangement et les perturbations liés aux activités des travailleurs sont faibles alors que le risque causé par le fonctionnement des éoliennes reste élevé.
- **Le risque de l'effet barrière** qui se manifeste par l'éloignement, causé par l'existence d'un grand nombre de grandes éoliennes tournant à des altitudes à risque, de certaines espèces d'oiseaux, surtout les planeurs, pendant la migration vers des itinéraires alternatifs, initialement moins favorables et qualifiées de risquées (lignes électriques, routes, espaces de chasse, etc). Cet impact est peu ressenti chez les oiseaux sédentaires. Les risques sont élevés s'ils ne sont pas atténués et peuvent s'aggraver par les conditions météorologiques défavorables.

Vulnérabilité des oiseaux au risque de collision

Il est prouvé que parmi les oiseaux, ceux de proie ont de loin l'acuité la plus développée. Celle-ci serait de 7 à 8 fois supérieure (plus nette et plus précise) à celle de l'homme. Ceci provient de l'adaptation à une stratégie d'alimentation nécessitant une attaque sous vitesse élevée (rapaces (aigles), oiseaux de nuit, oiseaux de mer) et un jugement à grande distance.

Les impacts directs concernent notamment la collision avec l'éolienne, mais aussi la projection au sol par la turbulence d'air engendrée par la rotation des pales. À cause de leur acuité élevée, des études scientifiques ont démontré que la plupart des oiseaux identifient de loin les pales en rotation et réussissent à les éviter. Par exemple à Tjaereborg, au Danemark, des radars de détection ont permis d'évaluer la réaction des oiseaux à la rencontre d'une éolienne de 2 MW avec un diamètre de rotor de 60 m. Les passereaux et petits rapaces changent leur route de vol à une distance de 100 à 200m pour éviter la collision avec l'éolienne et ses pales, par survol ou par contour.

Pour d'autres oiseaux, la distance de réaction anticipée peut augmenter à une distance de 500, ce qui prouve leur forte acuité et sa précision. C'est le cas des grands rapaces en migration. Cependant en cours de chasse, les rapaces sont beaucoup plus vulnérables à la collision, probablement par manque de vigilance ou par leur vue détournée par leur proie. Par exemple, au parc éolien de Tarifa en Espagne, le Faucon crécerelle est sujet à près de 55 % des collisions enregistrées durant une année. Le taux de mortalité annuel enregistré est de 1 oiseau tué (presque exclusivement des rapaces) pour 3 éoliennes, soit 0,34 oiseau / éolienne / an.

Différentes études européennes indiquent une mortalité de 0,4 à 1,3 oiseaux tués par éolienne et par an. Cette valeur est inférieure au taux de mortalité lié aux lignes électriques moyenne tension (80 oiseaux / km / an).

Des études dans des parcs en Hollande rapportent que le taux de mortalité par collision d'oiseaux liée à la circulation routière est deux fois plus élevé que celui lié à des lignes électriques, et 100 fois supérieur à celui de collision avec des éoliennes.

Contrairement à ce qui a été trouvé lors de l'étude menée en 2012 et 2013, qui a conclu que les oiseaux migrateurs ne traversent pas la zone de la CESD (ECO-RESSOURCES International 2013), l'étude menée par STRIX, a démontré que non seulement les oiseaux planeurs migrateurs utilisent la généralité de la zone du parc éolien, mais aussi qu'un tiers de leurs déplacements ont été observés à haut risque de collision avec les turbines (20-150 m). La mortalité des oiseaux due aux collisions est très variable parmi les parcs éoliens, en fonction des caractéristiques propres au site ainsi que des assemblages et du comportement des oiseaux locaux (p. ex. Hull et al. 2013, May et al. 2012, Thaxter et al. 2017). Malgré cette variation, en général, les oiseaux planeurs sont les espèces les plus vulnérables à la mortalité par collision dans les parcs éoliens (Lekuona & Ursúa 2007, de Lucas et al. 2012, Ferrer et al. 2011, Thaxter et al. 2017). Cela se produit en raison de la maniabilité réduite (des espèces les plus grandes) et des difficultés à percevoir les éoliennes comme des obstacles (principalement des vautours et éventuellement de grands aigles et cigognes ; par exemple, Martin et al. 2012). Les chiffres d'oiseaux planeurs (en particulier le Busard cendré, le Busard des roseaux, le Circaète Jean-le-Blanc, le Bondrée apivore, le Milan noir et la présence du Busard pâle - considéré globalement menacé par l'UICN) enregistrés lors des points de comptage sont importants et le repowering de la CESD est susceptible d'avoir des impacts néfastes sur les oiseaux.

Vulnérabilité du domaine vital des oiseaux

L'implantation d'un parc éolien est susceptible de provoquer la perturbation des domaines vitaux des espèces aviennes locales en modifiant les caractéristiques physiques des zones de reproduction, d'alimentation ou d'hivernage des oiseaux.

La plupart des études concluent à l'absence d'impact des éoliennes sur les oiseaux nicheurs. Ce ne serait cependant pas le cas des rapaces qui ont un comportement déterminant dans de vastes zones d'alimentation et/ou de reproduction privilégiées. L'installation d'éoliennes sur ces zones peut donc conduire à leur désaffectation, ce qui réduit le domaine vital des espèces et fragilise les effectifs. Cette fragilisation impacte alors les espèces rares et menacées.

Perturbation de la trajectoire de vol des oiseaux migrateurs

Le long d'un axe migratoire majeur, la modification de la trajectoire de vol la plus courante des oiseaux migrateurs face à un parc éolien est beaucoup plus la bifurcation (73 %) que le survol (20 %). Le passage au travers du parc éolien est plus rare, de 5 % (Abies & LPO Aude, 2001). La bifurcation (ou plutôt le contournement) peut cependant parfois réorienter les oiseaux vers des zones à haut risque (lignes électriques, voies routières...). En face d'éoliennes à l'arrêt, les espèces semblent tenter la traversée, cependant le risque de collision avec les pales demeure entier. En règle générale, très peu de passages s'effectuent au travers des éoliennes quand elles sont toutes en mouvement.

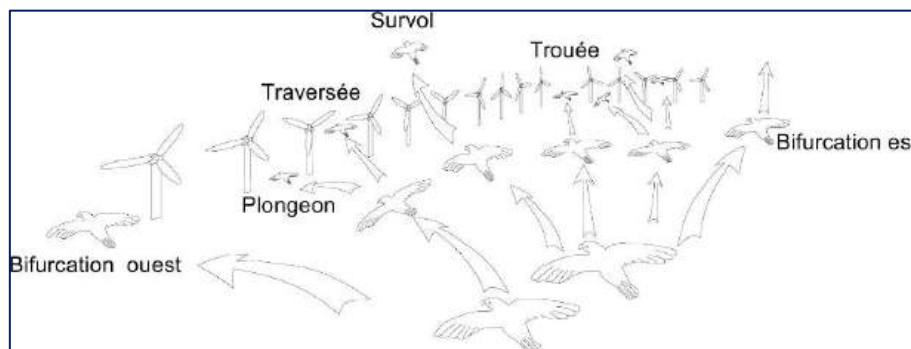


Figure 69 : Comportement des oiseaux face à une ligne d'éoliennes dans l'Aude-France (d'après le Bureau d'études ABIES & LPO Ligue, 2001).

Couloirs migratoires, périodes de migration et effectifs de l'avifaune en Tunisie

Deux couloirs longitudinaux et un couloir transversal Est-Ouest de migration de l'avifaune traversent la Tunisie, la péninsule du Cap Bon constituant le couloir migratoire transversal le plus important de 24 espèces recensées (20 000 à 40 000 individus) de rapaces, des cigognes, des grues et autres survolent le site chaque année.

Des axes principaux et d'autres secondaires sont aussi reconnus, avec deux types de zone :

- Des zones de concentration des flux au niveau des cols, des détroits, des falaises et des pointes maritimes ou « spots » de migration.
- Des zones de dispersion sans fortes contraintes géographiques où les flux s'écoulent dans différentes directions survolant les bassins de manière plus aléatoire ; ce serait le cas de la bordure Est de la péninsule et de la plaine d'El Haouaria.

La saison de migration des oiseaux au Cap Bon se subdivise en trois périodes :

- Migration du printemps (mars à juin) dans le sens Afrique-Europe. Elle est caractérisée par des vols en bandes comprenant un grand nombre d'individus. Cette migration est rapide comparativement à la migration de l'automne, avec des oiseaux qui remontent vers leurs lieux de nidification.
- Migration de l'automne (septembre à novembre) dans le sens Europe-Afrique : les migrants sont beaucoup plus dispersés que pendant le printemps, réalisant plusieurs haltes sur leur chemin.
- Migration des oiseaux d'eau (canards, oies) : elle commence à la fin novembre dans le sens Europe-Tunisie et à la fin février pour le retour en sens inverse. L'altitude du vol varie selon les espèces, de quelques dizaines à quelques centaines de mètres au-dessus du sol. Certaines espèces (oies et les grues notamment) volent très haut entre 3000 et 5000 mètres d'altitude.

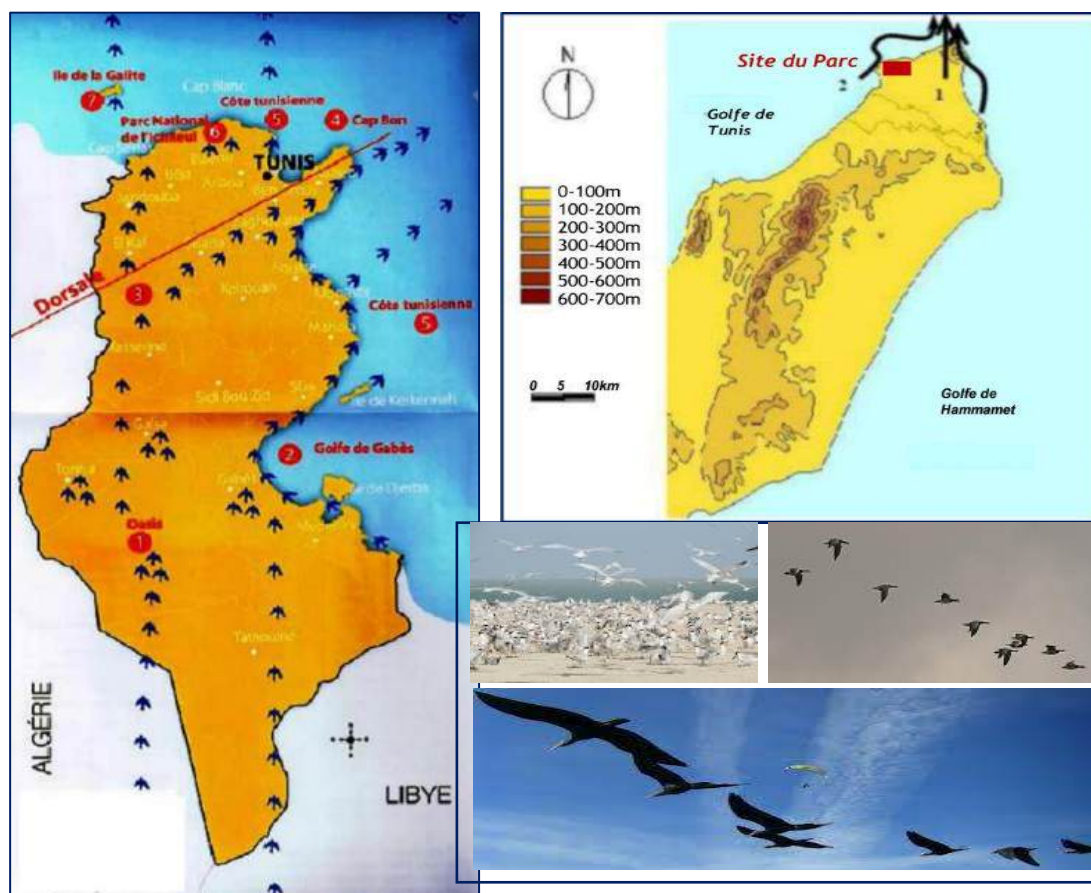


Figure 70 : Axes de migration des oiseaux en Tunisie, dispersion et contournement du parc d'El Haouaria (Source : Ecoressources International, 2013).

Cas du site d'étude

Les éoliennes du Repowering seront montées à proximité Sud-Sud-Ouest des éoliennes maintenues en service de la troisième Tranche (C) du Parc Éolien de Sidi Daoud. Les nouvelles 13 éoliennes remplaceront 44 autres à démanteler ce qui rallègera le nombre d'aérogénérateurs sur le site et améliorera l'écart entre deux éoliennes de 80 m environ pour les anciennes, à 300 m environ pour les nouvelles éoliennes.

Dès lors, le Repowering aurait tendance à diminuer le risque de collision des espèces sur ces obstacles permanents, en laissant de l'espace à la traversée de la barrière.

Les nouvelles éoliennes feront partie du parc déjà installé qui occupe la plaine située plus à l'Ouest de la ligne de migration qui longe la côte Est de la péninsule. L'emprise au sol est suffisamment discontinue pour fragmenter les flux migratoires, l'habitat et les espaces de halte, ce qui est de nature à modifier le comportement des individus et d'engendrer des collisions avec les éoliennes et câbles électriques. L'identification des facteurs de risque de collision aviaire, l'évaluation de son impact sur les populations et la réduction de cet impact constituent donc un enjeu de conservation à considérer. Il faut noter que le peuplement d'oiseaux local et même les espèces migratrices, ont été soumis aux impacts de ce parc depuis deux décennies.

Dans l'aire éloignée du site du parc (Repowering et tranche 3 maintenue), les voies les plus suivies (numérotées 1 à 3) qui ont été observées à partir de Jebel El Haouaria (Ecoressources International, 2013) dans la configuration anté-repowering, sont représentées sur la figure précédente.

La voie la plus suivie est la voie directe 1 dirigée au Nord en prenant de la hauteur grâce aux courants ascendants créés par le Jebel Haouaria. Les voies 2 et 3 ont aussi été observées en cas de prédominance de vents de direction Nord-Ouest dominants, ou Est. Dans les deux derniers cas, les itinéraires marquent un changement d'axe net de direction (contournement) de la zone peuplée et du Jebel El Haouaria à l'Est, et un contournement sinueux de la région de Sidi Daoud et Borj Esaali à l'Ouest du parc éolien de Sidi Daoud. Les flux se dirigeant vers l'Europe, se rejoignent ensuite en mer au Nord des reliefs d'El Haouaria.

En termes de taux de mortalité constaté, aucun chiffre n'a été rapporté pour le parc de Sidi Daoud dans sa configuration actuelle. Dans les fiches d'enquête de l'EIE conduite par la STEG en 2009, la mortalité par collision touche particulièrement la mouette, les passereaux et rarement les rapaces. Aussi, l'étude de 2013 rapporte que :

- Durant les campagnes de suivi de l'avifaune dans le parc éolien de Sidi Daoud, seulement le merle noir a été trouvé mort sous les éoliennes ;
- Les agents de contrôle et de maintenance de la STEG confirment que le merle noir, la mouette et quelques passereaux ont été plusieurs fois rencontrés morts sous les éoliennes ;
- Au cours des périodes de migration postnuptiale ou prénuptiale, aucun rapace n'a été rencontré mort par collision dans le parc ;
- Le suivi ornithologique relève la sensibilité de la mouette rieuse (espèce hivernante) et du merle noir (espèce sédentaire) à la collision avec les éoliennes en arrêt ou en fonctionnement. Ce suivi régulier durant une année dans l'aire immédiate et rapprochée, n'a révélé aucun cas de mortalité d'avifaune sur le site.

Les espèces en migration sont les plus vulnérables, et surtout celles qui migrent en groupes compacts. Cependant, l'impact du projet sur les rapaces devrait rester limité, du fait du comportement des espèces et de l'importance relative des effectifs locaux. Voyant aussi les trois directions indiquées dans les aires rapprochée et éloignée, la migration est plutôt diffuse, et la topographie n'induit pas de concentration particulière des vols sur la plaine d'El Haouaria. Des groupements d'oiseaux hivernants sont observés sur site, à distance des éoliennes. La perte de l'habitat actuel ne changera pratiquement pas du fait de repowering d'un parc existant. La destruction / dégradation de l'habitat sera probablement de faible importance car la zone occupée par les turbines et autres infrastructures est réduite et il y a déjà des routes d'accès adéquates à l'emplacement. Ceci nécessite quand même la prise des mesures d'atténuation particulièrement l'interdiction d'effectuer des travaux pendant la période de reproduction (mars-juin).

11.6.5.3 Autre faune, hors chiroptères

Les sensibilités/vulnérabilités liées à la faune hors oiseaux et chiroptères sont indirectes, surtout dues au dérangement et à la destruction potentiels de leurs habitats. Vu l'emprise réduite des travaux (et donc celle de l'exploitation) sur des chemins, éoliennes et plateformes existantes, les impacts de la phase exploitation comme celle de chantier peuvent donc être considérés pratiquement **nuls**, ne demandant pas de mesures particulières.

11.6.5.4 Chiroptères

Impacts liés à la destruction de stations remarquables, ou à l'altération d'habitats

La limitation de ces impacts nécessite d'installer les éoliennes à une distance respectable des structures boisées, en respectant une distance supplémentaire d'environ 100m par rapport aux lisières. Notons que les nouvelles 13 éoliennes seront installées dans une clairière dans des maquis et des garrigues fortement déboisés et éclaircis, ce qui se conforme aux recommandations indiquées, et dans ce cas l'impact sur les chiroptères sera **mineur**.

Impacts liés aux risques de collision avec les éoliennes

La vulnérabilité des espèces, en regard des risques de collision, dépend de différents facteurs, notamment :

- La période de présence sur le site, et l'importance des populations.
- l'existence de gîtes au sein du périmètre.
- L'offre alimentaire, en termes de territoire de chasse sur le site.
- Les habitudes de vol des espèces.

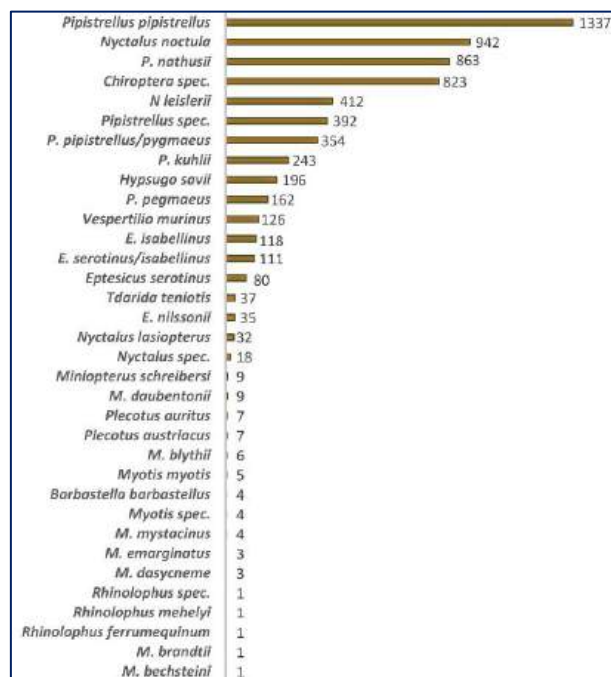


Figure 71 : Bilan européen des mortalités avérées de chauves-souris sous les éoliennes (T. Dürr, 16.12.2015 : <http://www.lugv.brandenburg.de/cms/detail.php/bb1.c.312579.de>)

Il en résulte les sensibilités suivantes :

- Sensibilité potentiellement forte pour les espèces abondantes, susceptibles de séjourner toute l'année sur le site, et d'y construire des gîtes d'été, d'hiver ou de transit, et des territoires de chasse favorables. Aucune espèce de ce type n'a été reconnue sur le site dans les études du parc éolien de Sidi Daoud.
- Sensibilité potentielle moyenne pour les espèces susceptibles de séjourner au moins en période de reproduction sur le site, capables d'utiliser des gîtes temporaires ou secondaires au sein de la zone d'étude, ou de s'y alimenter de façon plus ou moins régulière, ou bien espèces sensibles du fait de leurs habitudes de vol : Ce type d'espèces n'a pas été reconnu sur le site du parc.
- Sensibilité potentielle faible pour les espèces présentes uniquement de façon occasionnelle sur le site, ou pour lesquelles les offres en gîtes et territoires de chasse sont limitées au sein de la zone d'étude, ou espèces peu sensibles du fait de leurs habitudes de vol. Plusieurs espèces dans cette catégorie sont identifiées sur site, dont en particulier *Pipistrellus pipistrellus* (pipistrelle commune).

Impacts dus aux effets de ruptures écologiques

Les effets de ruptures écologiques recherchent les axes naturels de déplacements des Chiroptères (vallées, lignes de crête, alignement structures paysagères comme les chainons de collines, bois, bocage, milieux humides...), et en examinant les modalités d'échanges entre les grands types de biotopes reliés aux périmètres d'étude.

Cas particulier du site d'étude

Les enjeux pour les Chiroptères varient selon la période du cycle biologique considérée et sont fortement influencés par la structuration du paysage qui conditionne le choix des gîtes et l'organisation des couloirs de vol utilisés tant pour les transits que pour la chasse. La présence de zones humides sur le territoire renforce l'implantation de populations de chauves-souris, mais il n'en existe que dans l'aire éloignée du projet (côte Est du Cap Bon).

Un dérangement potentiel des individus au repos dans l'aire immédiate et rapprochée, en cours de la phase d'exploitation, n'est aussi pas attendu. Les gîtes potentiels et les colonies de reproduction identifiées dans la région sont essentiellement ceux des grottes d'El Haouaria et ses environs immédiats, situés à environ 7 km à l'Est-Nord-Est du parc éolien de Sidi Daoud, dans le périmètre éloigné du projet.

Les surfaces nécessaires à l'aménagement des plateformes sont situées sur des clairières dans des maquis déboisés et rarement dans des espaces cultivées. Ce type d'habitat est peu fréquenté par les chauves-souris. Les espèces peuvent survoler ces zones depuis la création du parc, mais sans y chasser. L'impact lié à la perte de cet habitat peut donc être jugé **nul**. Des mesures de réduction de l'impact et le suivi de ces espèces menacées d'extinction demeurent cependant nécessaires.

11.6.6 Impacts sur les voies de communication et trafic

Lors d'opérations de maintenance, il serait éventuellement nécessaire de faire appel à nouveau à des convois exceptionnels surtout à cause d'avaries majeures d'éoliennes. Autrement, il ne subsiste aucun impact temporaire ou permanent sur les voies de communication dans les aires d'étude.

11.6.7 Impacts sur les réseaux

Servitudes radioélectriques

Certains équipements de viabilité et des servitudes de communication peuvent être affectés, notamment les radio-émissions. Des perturbations connexes sont possibles, même en dehors de l'aire d'étude qui n'en contient pas. Les éoliennes n'émettent pas de signaux brouilleurs, mais elles sont capables de réfléchir et diffracter les ondes électromagnétiques ce qui peut conduire à les altérer. Ce phénomène s'observe pour toute construction métallique volumineuse.

Aussi, les éoliennes qui sont des constructions hautes et de grande taille, construites en métaux divers, balayent une grande surface, notamment par la rotation des pales. Elles ont donc la capacité à réfléchir les ondes radioélectriques ; Cette rotation des pales engendre une variation en amplitude du signal brouilleur. Dès lors, la plupart des récepteurs dans la région auront plus de difficultés à discriminer le signal brouilleur du signal utile (postes de télévision par ex.).

Toutes les précautions ont été prises, notamment par la consultation des services concernés, pour éviter d'éventuelles interactions des éoliennes du parc avec les fuseaux de transmission hertzienne. De plus la situation du parc éolien de Sidi Daoud dans une zone rurale devrait diminuer considérablement ce type de perturbations. Le risque de perturbation de la réception télévisuelle sur le site du projet est ainsi jugé **faible**.

Réseaux électriques

Aucun impact particulier n'est attendu sur les réseaux desservant toute la zone d'étude. Le parc est déjà raccordé au réseau national par la ligne HT aérienne de Menzel Témime. Les liaisons du réseau emprunteront les chemins et voies existantes. La technique souterraine est généralement préférée parce qu'elle permet une meilleure intégration du paysage. Dans ce cas l'impact est jugé **nul**.

11.6.8 Contraintes aéronautiques

La taille des éoliennes, leurs pales, et la configuration assez exceptionnelles nécessitent un balisage adéquat afin de garantir la sécurité de la circulation aérienne. Ce balisage à assurer de jour et de nuit, doit répondre au compromis entre les préoccupations de sécurité et l'intégration des paysages locaux. Ce balisage est réglementé par le décret n° 2007-1115 du 07 mai 2007 et l'arrêté d'application du ministre des transports du 10 mai 2007. Ce balisage doit être synchronisé avec celui des éoliennes de la troisième tranche (C) du parc qui sera maintenue en service.

11.6.9 Impacts sur les activités socioéconomiques

Agriculture espace forestier

Le repowering du parc éolien s'effectuera à l'emplacement de la première (A) et deuxième (B) tranches du parc existant depuis 20 ans, et de ce fait la consommation permanente de terrains, sera minime. Cet aménagement ne remet pas en cause le dynamisme et l'économie agricole locale. Le cas échéant, les exploitants concernés sont indemnisés de la perte de leur terre, leur assurant un revenu ferme. Au regard des dimensions et de la hauteur des nouvelles 13 éoliennes, **aucun impact n'est attendu** pour la pratique agricole. La seule mesure à considérer serait la compensation des concernées.

Industrie et artisanat locaux

L'exploitation du parc éolien n'aura aucun impact sur ces activités à l'échelle locale, et ne perturbera pas les activités. L'impact sera donc **nul** et aucune mesure particulière n'est à proposer.

Développement économique

L'éolien fait appel à de nombreux métiers (chefs de projet et de chantier, technicien de maintenance, responsable études environnementales et suivis divers, ingénieurs ou juriste) où le personnel intervient durant tout le cycle de vie du projet. Les activités contribuent à la création d'emplois temporaires et permanents. Les bureaux d'étude en acoustique, études paysagères, de patrimoine, d'avifaunes ou de chiroptères contribuent également aux activités du projet, notamment en cours d'exploitation.

L'installation et la maintenance des parcs nécessitent de faire appel à des prestataires locaux ; des emplois sont ainsi directement créés dans les zones où sont implantées les éoliennes : L'impact est donc globalement positif **majeur**.

Activités de loisirs, le tourisme

Un parc éolien constitue un facteur d'attraction très important et contribue au développement d'un tourisme industriel valorisant. Les éoliennes qui constituent une véritable « vitrine technologique » pour certains ou curiosité « architecturale » pour d'autres, peuvent donc devenir un pôle intéressant de fréquentation qui peut également accueillir des acteurs locaux dans le cadre du commerce touristique. L'impact peut donc être jugé **positif**.

Retombées fiscales

Le repowering du parc engendrera de nouvelles retombées fiscales pour l'État (TVA à la consommation : 18%) et pour les collectivités locales (TCL). L'impact est donc fort **positif**.

11.6.10 Impacts sur la sécurité et risques liés au fonctionnement des éoliennes

Risques pour les personnes

Les risques liés au fonctionnement des éoliennes pour les riverains, les visiteurs et les usagers du site (agriculteurs et chasseurs) peuvent résulter de la destruction et la chute d'éléments. Ces risques sont particulièrement limités, en raison des matériaux utilisés (qualité, résistance, comportement dynamique) et de leur mise en œuvre (vibrations amorties, pas de phénomènes de résonance). À ce jour, aucune étude n'a rapporté qu'un riverain ou visiteur de parc éolien n'a été sujet à accident provoqué par des éoliennes, même pour les parcs les plus équipés en nombre d'éoliennes.

Risques liés aux vents extrêmes

Sur la base d'étude technologiques poussées, les éoliennes et leurs fondations sont conçues pour résister à des vents et rafales de vents aussi élevés que 200 km/h. La conception prend également en compte les variations des forces exercées en fonction des fluctuations du vent (secteur et vitesse). Un mécanisme de régulation permet d'équilibrer la charge lors de coups de vents particulièrement forts. En cas de vent extrême et de conditions climatiques dangereuses,

l'arrêt de l'éolienne permet d'éviter les surcharges. Les éoliennes sont conçues en trois classes principales suivant la variation de vitesse du vent moyen (m/s) : classe 1 (10 m/s), classe 2 (8,5 m/s) et classe 3 (7,5m/s).

Le choix des machines se base sur les caractéristiques locales climatiques locales avec des mesures du vent durant une année pour minimiser les risques liés aux vents extrêmes. Le site du projet peut être affecté à la classe 3 précédente (vent moyen : 7,5 m/s). Ces caractéristiques ont bien été respectées dans l'alternative du choix d'éoliennes. Ce type de risque peut être jugé **moyen** et qu'il faudra donc prévenir en réduisant la vulnérabilité des éoliennes à choisir à l'effondrement.

Risques liés à la foudre

Les éoliennes peuvent attirer la foudre et sont responsable d'environ 6% des arrêts d'éoliennes (source ADEME, France). Les aérogénérateurs sont équipés d'éléments de protection contre les décharges atmosphériques (mise à la terre efficace, paratonnerre, systèmes d'évacuation spécifiques des décharges électriques sur les pales, éléments de protection sur la nacelle et système de contrôle de communication). Le risque lié à la foudre devient alors **mineur**.

Risques liés à la formation de glace

Les éoliennes modernes sont conçues pour fonctionner à des températures ambiantes de -10°C à +35°C. Il est recommandé de prendre des précautions spéciales en dehors de cette plage de température. Des conditions de température et d'humidité extrêmes peuvent engendrer la formation d'une couche de glace sur les pales. Cependant, des capteurs permettent de détecter la surcharge liée à ces dépôts et d'arrêter l'éolienne, pour éviter les projections de glace qui peuvent porter un risque au personnel de maintenance, aux agriculteurs, aux chasseurs, etc. Les statistiques prouvent par ailleurs que ce risque est bien **mineur**.

Chute des pylônes

Ce risque est rare, mais en cas de survenu il provoque la destruction totale de la machine. Ce type d'accident survient dans des conditions climatiques extrêmes, ou à une erreur de conception des fondations (génie civil, stabilité mécanique, comportement du sous-sol). Ce risque peut aussi provenir du montage d'éléments majeurs de l'éolienne par des entreprises nouvelles dans la conception de ces équipements, et à une exploitation des machines par des sociétés peu expérimentées dans l'exploitation et la maintenance de grands aérogénérateurs.

Les observations mondiales montrent cependant que risquées demeure **mineur**, par rapport à la projection de glace évoquée précédemment.

Risque d'incendie

Ce risque est très faible et concerne la nacelle (présence d'huile et de courants forts), et le transformateur qui sont les plus vulnérables. Il est essentiellement lié à la foudre dont la survenue est elle-même limitée. Ce risque peut être diminué par la surveillance des températures dans la génératrice, des niveaux d'huile, etc. Un extincteur à CO₂ est systématiquement présent dans la nacelle dont les caractéristiques sont adaptées aux feux d'origine électrique. Ce type de risque peut donc être jugé **faible**.

Risques liés à l'exploitation de la centrale éolienne

Surveillance, entretien et maintenance des installations : Le fonctionnement des éoliennes est surveillé en permanence grâce à un système SCADA de télésurveillance. Ce système permet de connaître les conditions climatiques, d'agir sur le fonctionnement des éoliennes et de contrôler les éléments mécaniques et électriques (vitesse et direction du vent ; vitesse du rotor et de la génératrice ; angle d'orientation de la nacelle ; température du système hydraulique ; système d'arrêt d'urgence ; puissance maximale).

Pour assurer une exploitation optimale des éoliennes et de minimiser les risques, une surveillance périodique du site et des infrastructures est nécessaire. Aussi, la gestion rigoureuse et respectueuse du site nécessite un entretien régulier des lieux et des matériels, les contrôles de fuites d'huile, le lavage, le graissage et la vidange avec récupération des huiles usagées et tous produits polluants, et la collecte systématique et quotidienne des déchets occasionnés (emballages). Les déchets doivent être évacués ensuite vers une destination autorisée.

En plus de la maintenance permanente, une visite d'entretien annuelle implique la vidange des fluides hydrauliques (huiles) et la surveillance des points de graissage importants des aérogénérateurs (nettoyage et injection de graisse). Les visites de réglage et d'entretien sont périodiques et assurées par des techniciens qualifiés.

L'ensemble des procédures d'entretien et de maintenance sont définies de manière stricte et rigoureuse par le constructeur suivant un calendrier imposé par les fabricants des composantes de l'éolienne. La maintenance préventive et corrective obéit aux recommandations et procédures établies par le constructeur, conformément aux obligations réglementaires applicables.

Signalons qu'en dehors de l'entretien et de la maintenance des éoliennes, le maintien de la propreté des abords doit être régulièrement assuré durant toute la période d'exploitation du parc éolien.

Sécurité du personnel de maintenance : L'intervention de maintenance s'effectue sur l'éolienne en situation d'arrêt total. Le personnel intervenant doit être habilité suivant des normes précises (recueil d'instructions générales de sécurité d'ordre électrique). De plus, les éoliennes font l'objet de certifications internationales très strictes en ce qui concerne les systèmes de protection relatifs à la machinerie, à l'incendie et aux risques électriques.

11.6.11 Impacts sur le paysage

Perception des éoliennes dans le paysage

Les éoliennes du Repowering sont de grande taille, avec un mât élancé d'un peu plus de 100 m de mètre et un rotor constitué de trois pales. Ce trio de pales profilées d'une longueur d'environ 70 m tourne à une vitesse moyenne de 15 tours par minute, entraînées par le vent et dominant le paysage. Ceci alerte l'attention par un mouvement assez lent et discret, qui s'y adapte progressivement. Par leur installation dans le paysage rural, elles affirment cependant leur prééminence par rapport aux reliefs, mais aussi toute construction verticale du milieu campagnard. Elles s'imposent comme nouveaux éléments structurants du paysage qui doivent s'accorder avec les lignes de force existantes.

Des études en Allemagne ont démontré qu'il est difficile de différencier par vision, un élément de 50m de haut d'un autre élément de 100 m, à moins qu'ils soient disposés côte à côte et à une distance similaire de l'observateur.

Ainsi, l'impact visuel de l'éolienne s'évalue en fonction de la distance de visibilité d'un parc éolien pour un observateur, plutôt que par la perception de l'aérogénérateur de la base au top des pales en mouvement. Cette vision est plus surchargée (ou encombrée) par les variations de cote du bâti et par la présence possible de buissons ou bois environnants. Cette approche permet de déterminer les valeurs seuils de perception.

- À moins de 500 m l'éolienne s'impose par rapport à toutes les composantes ordinaires du paysage (bâti, arbres, reliefs) ; c'est la pleine vue.
- Entre 500m et 1000 m, l'éolienne s'impose dans le paysage et appelle le regard ; mais à cette distance une implantation groupée limitera l'effet d'encerclement ou de barrière selon la topographie du site.
- Entre 1000 m et 5 km les éoliennes restent un élément dominant dans le champ visuel, dont le mouvement appelle toujours le regard.
- Au-delà de 5 km, les éoliennes sont toujours visibles, mais elles se fendent parmi les autres éléments verticaux présents à l'horizon.

Une implantation réussie d'éolienne repose sur un compromis entre la vision de relief, l'occupation des terrains et les distances tout en respectant les lignes de force. Il est aussi préférable de ne pas implanter de parc à proximité de zones urbaines.

Intégration du parc éolien de Sidi Daoud

Le Repowering vient remplacer des éoliennes existantes et engendre des modifications dans le paysage introduit par la taille imposante des nouvelles 13 éoliennes. Il faut donc bien analyser cette modification et sa compatibilité avec les lignes de force des lieux et avec les politiques locales de gestion de l'espace, des paysages et du patrimoine.

Les éléments les plus sensibles ont déjà été étudiés en détail pour le parc existant dans le volet paysager, compte tenu des séquences et de l'articulation des composantes d'aménagement (routes, situation des zones urbaines, perception depuis les lieux touristiques et les chemins de randonnées, champs de vue depuis les villages et les monuments, transformations introduites des panoramas, etc.

La hauteur des nouvelles machines est de l'ordre de 170 mètres, soit presque le double de la cote maximale du chaînon de reliefs qui les supportent. Dans ces conditions, la verticalité qui en résulte contrastera nettement avec l'horizontalité des plaines environnantes et finira par accuser la profondeur du paysage. Une nouvelle morphologie paysagère compacte, perceptible depuis la plupart des points de vue et dominée par la structure linéaire globale amplifiée par la

linéarité E-W du parc avec des éoliennes ornant les reliefs. Les éoliennes seront quasi-équidistantes et alignées sur un parcours sinueux estompé par les buissons dans un paysage de maquis et garrigues déboisés, ce qui peut introduire une harmonie supplémentaire.



Figure 72 : Bloc diagramme représentant géométriquement la perception future du parc éolien de Sidi Daoud

Rappelons aussi que les nouvelles 13 éoliennes tiendront la place des 44 éoliennes existantes. Malgré une taille sommet pale des nouvelles, pratiquement double de celles anciennes, la diminution de près de 2/3 du nombre d'éoliennes après Repowering, rallègera l'encombrement à l'horizontale. Ceci effacera aussi en partie, la vision de barrière imposée à la crête du chaînon de collines, malgré une surélévation des entités visuelles à une hauteur top de pale des nouvelles éoliennes pratiquement double de la cote moyenne des reliefs dans le paysage.

Pour le poste de livraison qui est pratiquement isolé, il est proposé un crépi sur terre pour qu'il puisse être le mieux intégré dans le paysage environnant.

11.6.12 Impacts sur le patrimoine

Patrimoine historique

L'analyse à l'échelle des aires d'étude a révélé un patrimoine architectural et historique riche et important. Le choix des lieux est imposé par le remplacement d'équipements existants. La configuration du parc actuel a tenu compte de la position de tous les monuments et sites répertoriés dans toute la région. Les espaces d'emprise du parc qui ont été retenus, sont suffisamment éloignés des lieux emblématiques pour avoir l'impact le plus modéré possible, sauf peut-être pour la frange littorale Ouest (ville de Sidi Daoud) située à proximité, au pied des collines, en position côtière. Cependant, les anciennes, comme les nouvelles éoliennes étant situées en hauteurs seront filtrées sinon soustraites à la vision à partir de la côte. Du côté Sud, le long de la route RR26 et au village de Ghourmene, la vision des éoliennes est aussi estompée par l'étendue de la verdure de maquis et garrigues du chaînon collinaire dirigé en E-W.

Du côté Nord, la vision des éoliennes du Repowering se fend dans la vision de celles de la tranche 3 (C) du parc qui sera maintenue en service. Ceci estompera l'encombrement paysager par les nouvelles éoliennes bien que plus imposantes en hauteur.

La conception des chemins de servitude et d'accès a aussi été fondue sur l'implantation des équipements de manière à introduire un minimum de perturbation pour les différents éléments du patrimoine.

11.7 Impacts liés à la phase de démantèlement

11.7.1 Impacts temporaires liés à la phase de démantèlement

11.7.1.1 Description du démantèlement

Au plan de travaux et de technologie, le démantèlement d'un parc éolien a été décrit parmi les travaux (phase de préconstruction correspondant au démantèlement des tranches A et B du parc actuel) ; en effet, le présent projet de Repowering nécessite le démantèlement préalable des aérogénérateurs obsolètes existants. Par soucis de clarté, tous les travaux correspondants ont été intégrés dans la phase de travaux du présent projet.

Le phase de démantèlement future des nouvelles éoliennes, quoique virtuelle, pourrait fort probablement se substituer à un projet de repowering ultérieur qui s'alignera de nouveau sur l'évolution de la technologie éolienne.

11.7.1.2 Impacts et mesures de protection de l'environnement pendant la phase de démantèlement

Ces impacts sont de deux catégories :

- **Impacts directs** : ils peuvent être pratiquement les mêmes que ceux décrits plus haut pour la phase chantier (voir phase de préconstruction précédente), ou plus réduits en cas de repowering (l'occupation du site, les voies d'accès, et certains aménagements électriques étant conservés).
- **Impacts indirects** : Ils concernent essentiellement le devenir des éoliennes usagées.

Comme décrit dans le chapitre 5 relatif au démantèlement, les techniques font appel aux mêmes moyens (utilisés de manière réciproque) que ceux d'usage pour la construction, et nécessiteront pratiquement les mêmes mesures de protection de l'environnement prises en cours de phase de construction.

Les impacts à prévenir concernent les sols et sous-sols, à l'enlèvement recyclage des matériels, et à la remise en état des lieux. Les risques de sécurité et les impacts sur le trafic et les communications, sont aussi à prendre en considération.

11.7.1.3 Considérations paysagères et remise en état

Durant toute la période d'exploitation du parc éolien Sidi Daoud, et en dehors des emprises d'éoliennes, les terrains pourront être cultivés ou utilisés comme espaces de parcours, et les voies internes pourront parfois être utilisées pour accéder aux parcelles.

Le démantèlement s'attaquera à l'excavation des fondations, au démontage des éoliennes et à la destruction des plateformes. Les voies d'accès sont à l'origine des pistes agricoles, peuvent être remises en culture, sinon réaménagées comme voies d'accès toujours disponibles pour la population locale. Moyennant des techniques d'ensemencement, toutes les aires d'implantation des éoliennes et les utilitaires connexes, seront remises en l'état initial, (maquis et garrigues, champs de culture, zones de parcours). La détérioration de ces accès en cours de démantèlement est possible ; dès lors l'exploitation doit se charger de leur restauration.

La société d'exploitation des éoliennes s'engage selon les recommandations consignées dans le PGES, pour le démantèlement et la remise en état des lieux conformément à la loi en vigueur, notamment le décret 1991-2005 du 11 juillet 2005 relatif à l'étude d'impact sur l'environnement.

11.7.1.4 Devenir du matériel utilisé

La problématique du démontage des éoliennes, de la destruction des fondations, les coûts du démantèlement, etc., est traitée plus haut parmi les travaux.

Les éoliennes et les câblages en milliers de kilomètres, sont constitués presque dans leur totalité, de métaux et de fibres de verre à liant plastique (pales) totalement recyclables. Tous les éléments peuvent aussi être récupérés le cas échéant, comme pièces de rechange. L'opération de démantèlement et de vente de ces "déchets" est source de revenus conséquents et prouvés. La revente des métaux seuls couvre parfaitement les frais du démantèlement de tout le parc et sa remise en l'état initial. Seuls des résidus pratiquement négligeables en termes de quantité peuvent être collectés et éliminés en décharge contrôlée. Dans ce cas l'impact est jugé positif.

11.7.2 Impacts permanents et indirects du démantèlement

Ce sont des impacts essentiellement positifs en ce sens que le démantèlement crée des revenus, des ressources recyclées (métaux essentiellement) et des emplois dans des entreprises que ce soit localement ou ailleurs, qui peuvent participer au projet de démantèlement et à la valorisation de ces déchets. Il s'agit d'impacts sur le long terme, durant et après la durée de la phase de démantèlement.

11.8 Impacts potentiels du projet sur la santé

Le décret 1991-2005 du 11 juillet 2005 relatif à l'EIE tient compte indirectement des impacts des projets sur la santé en ce sens qu'il dispose de prévenir toutes nuisances notamment par les émanations de gaz, de rejets hydriques, de déchets, etc., dommageables pour l'environnement. Dans l'étude actuelle, les normes de la Banque Mondiale sont également prises en considération, notamment la norme NES n°4 : *Santé et sécurité des populations*. Celle-ci traite

“des risques et des impacts sur la sécurité, la sûreté et la santé des communautés affectées par le projet, et de la responsabilité respective des Emprunteurs de réduire ou atténuer ces risques et ces impacts, en portant une attention particulière aux groupes qui, en raison de leur situation particulière, peuvent être vulnérables”

Il est certain que les éoliennes, technologie de production énergétique propre, permettent l'évitement total de l'émission de polluants nocifs, notamment les GES. En cas conception adéquate d'un parc, leur impact sur l'environnement et la santé est donc **positif**. Ceci n'exclue pas l'introduction de risques **mineurs** sur la santé (bruit, ombrage) ou ceux liés à la sécurité des personnels de suivi et de maintenance, ou sur les riverains, les visiteurs inopinés (chasseurs, randonneurs), les agriculteurs, etc. À ce sujet, les craintes doivent être traitées et aplanies de manière méthodique et sérieuse.

11.8.1 Contexte du projet

La technologie de développement de la filière de production d'énergie éolienne s'appuie sur les engagements inter-pays qui ont découlé en particulier du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992. Cette volonté a été renforcée beaucoup plus par les engagements dans le cadre de la CCNUCC, Protocole de Kyoto 2002, et plus récemment l'Accord de Paris. Elle répond également à de nombreux autres engagements quant aux objectifs mondiaux des ODD. Ainsi, la Tunisie s'est déjà engagée (Contribution Nationale Déterminée) de réduire ses émissions de GES à 46% à l'horizon 2030, et voyant l'évolution de la balance énergétique du Pays durant les deux dernières décennies, le choix d'orientation vers les ENR parmi lesquelles l'éolien tient la place prépondérante, le développement du secteur d'énergie éolienne est plus qu'impératif.

11.8.2 Populations concernées

Les populations concernées par les impacts potentiels de ce projet de Repowering sur la santé sont les riverains et les tiers. L'habitation la plus proche de l'implantation d'une éolienne projetée est située à 200m ou plus. Il faut noter que le personnel en charge de la construction, de l'exploitation, de la maintenance et du démantèlement final des éoliennes est soumis à une législation propre (Code du Travail 1966), et ne devrait en principe pas compter au même pied d'égalité que la population riveraine exposée et les tiers.

11.8.3 Considérations sur les périmètres de l'étude

Les périmètres d'étude à envisager pour les aires d'impacts sur la santé sont les périmètres immédiat, rapproché, intermédiaire et éloigné définis dans cette étude. Le volet santé se situe en continuité des impacts du projet sur l'environnement donc la production de déchets notamment ceux dangereux, la nuisance de bruit, l'ombrage, l'impact paysager et ses retombées sur la santé humaine.

11.8.4 Impacts positifs

Compte tenu de la réglementation en vigueur (notamment le décret gouvernemental n° 2018-447 du 18 mai 2018, fixant les valeurs limites et les seuils d'alerte de la qualité de l'air ambiant) et le suivi des émissions atmosphériques (Bulletin "périodique" de l'Air, ANPE), il peut être affirmé que les parcs éoliens ont des effets bénéfiques sur la santé à l'échelle nationale par l'évitement de polluants atmosphériques évaluables en quantité, en qualité et en termes de temps. D'autres types de pollution sont aussi à invoquer :

- Réchauffement climatique : l'éolienne ne produit pas de GES contre une production moyenne de ces gaz de l'ordre de 180 g/kWh effectif pour une centrale à cycle combiné (gaz-fuel), et de plus de 1000 g/kWh effectif, pour une centrale au charbon.
- Absence de production de poussières PM10, de fumées, d'odeurs, ou de gaz favorisant les pluies acides.
- Absence totale de rejets d'eaux usées ou de produits dangereux (métaux, hydrocarbures) dommageables pour les sols.
- Absence d'impacts indirects (transport de combustibles pour le fonctionnement) et risques y afférents en cours de transport et de livraison.

11.8.5 Nuisances pour la santé

11.8.5.1 Nuisances sonores

L'étude acoustique a été réalisée par Barlovento Recursos Naturales et résumée plus haut (voir aussi partie annexes). L'intensité sonore répond aux exigences de la réglementation en vigueur, d'autant plus que le Repowering s'effectuera dans une zone rurale exempte d'habitations.

Les impacts du bruit sur la santé sont réels, mais assez subjectifs pour le récepteur, dépendant de la sensation de nuisance et de la vulnérabilité de l'individu. Une exposition suffisante à un son d'intensité élevée (120 dB et plus) peut générer la surdité immédiate due au traumatisme acoustique engendré (rupture du tympan dans l'oreille moyenne, et luxation des osselets). Une exposition prolongée à des bruits d'une intensité de 85 dB(A) et plus, peut conduire à la surdité à long terme. Pour une intensité inférieure, les bruits sont considérés non dangereux, dépendant cependant de la vulnérabilité des personnes, notamment celles qui auraient été fragilisées auparavant. Les conséquences sont les troubles du sommeil et les troubles extra-auditifs (fatigue, troubles cardio-vasculaires, irritabilité, etc.).

La littérature rapporte que dans la majorité des cas, les bruits engendrés par les éoliennes n'engendrent pas de risques sanitaires. Ceci est expliqué par le fait que les niveaux de bruit générés par une éolienne sont incomparables à ceux générés par des engins de trafic par exemple. De plus les parcs éoliens qui sont impressionnants par leurs dimensions, sont choisis à l'écart des zones urbaine et habitats même isolés.

Les émissions sonores émises par les éoliennes ont de trois types :

- bruit aérodynamique lié au frottement de l'air sur les pales et le mât qui s'amplifie proportionnellement à la vitesse du vent.
- bruit lié à la transmission mécanique (arbre, pignons multiplicateurs) et par autres appareils en service dans la nacelle entraînés par la rotation des pales face au vent.
- Vibrations amplifiées des pales.

La caractérisation de la nuisance sonore repose sur les normes d'émergence. C'est la différence entre le bruit ambiant (bruit d'un parc éolien en pleine activité y compris) et le bruit résiduel, c'est-à-dire constitué par l'ensemble des bruits de fond habituels. L'émergence est mesurée par la différence des niveaux sonores mesurés sur le et lieux d'installation en fonctionnement (bruit ambiant), et le niveau sonore mesuré lorsque cette installation est à l'arrêt (bruit résiduel). Généralement, pour des installations en service continue, la valeur seuil fixée est de l'ordre de 35 dB(A), valeur qui fixe le seuil d'infraction au droit des tiers.

11.8.5.2 Évaluation de la sonorité diurne et nocturne

Comme indiqué précédemment, l'étude de bruit effectuée par Barlovento Recursos Naturales est disponible sur la partie d'annexes. À ce stade de l'étude et en se basant sur les données topographiques et les caractéristiques techniques des éoliennes à installer, les résultats de modélisation numérique indiquent que aucune restriction de bruit pendant la journée et la nuit ne devrait pas s'imposer et les limites de 45 dB(A) et 55 dB(A) devraient pouvoir être appliquées.

Des plans de bridage ont été appliqués pour le cas de fonctionnement des éoliennes pendant la nuit. Ceci a permis de respecter les seuils d'émergence sonore durant la nuit.

11.8.5.3 Nuisances des champs électromagnétiques des installations

Les éoliennes génèrent des champs électriques et magnétiques dus à la génératrice, au transformateur et aux câbles électriques évacuateurs d'énergie. Cependant, les niveaux de tension (20 à 30kV), des câbles enterrés, le confinement du transformateur dans la tour et la génératrice située dans la nacelle en hauteur située à une centaine de mètres de hauteur éliminent les impacts du champ électrique. Il n'y aura donc pas d'impacts sur la santé.

Les câbles et le poste de livraison peuvent aussi émettre des champs électromagnétiques, mais de nombreuses études montrent que ces champs sont très faibles, voire négligeables. Ils et s'amenuisent rapidement dès que l'on s'en éloigne.

11.8.5.4 Basses fréquences

Ce sont des bruits de fréquences comprises entre 10 et 200 Hz. Elles sont émises par les éoliennes à la manière du trafic routier ou par l'effet du vent sur les arbres ou des objets debout. Les éoliennes émettent comme la circulation automobile ou encore le vent dans les arbres des infrasons (fréquence <30 Hz).

L'impact des infrasons des éoliennes sur la santé a pu être évalué dans une étude menée en Allemagne (Deutscher Naturschutzring, mars 2005). L'analyse a montré que les infrasons produits sont toujours inférieurs au seuil d'audibilité et n'ont aucun impact sur la santé des riverains. Ils ne seraient nocifs que lorsque le sujet est soumis durant une période très prolongée (une décennie), à une exposition de forte intensité (>90 dB(A)). Le parc éolien de Sidi Daoud sera totalement hors cette situation ; de plus les habitations sont suffisamment éloignées des sources d'émission de basses fréquences qui ne devrait pas dépasser en tout état de cause, une intensité estimée à un maximum de 40 dB(A).

11.8.5.5 Impacts sur la qualité de l'eau

Il y a toujours un lien entre la qualité de l'eau et la santé, mais les installations ne modifient en rien les écoulements superficiels qui ne sont que saisonniers. Les surfaces imperméabilisées sont limitées en superficie et les fondations des éoliennes sont éloignées de tout fossé hydraulique ou canalisation (agricole, eau potable). Les cours d'eau torrentiels et saisonniers sont peu développés et rares dans la zone d'implantation du projet.

Le niveau statique de la nappe phréatique se situe à quelques dizaines de mètres en dessous, ce qui prévient toute dégradation potentielle de la qualité de l'eau de l'aquifère, qui est donc jugé **nul**.

Les éoliennes n'ont pas d'impact de pollution du sol. Seul le risque d'écoulement accidentel de fluides en phase de maintenance (écoulement de fluides depuis les éoliennes). En cours de service, les éoliennes sont équipées de capteurs de niveaux d'huiles pour la détection rapide de fuites éventuelles. Elles sont aussi équipées de bacs de rétention dimensionnés pour recueillir l'ensemble des fluides présents dans l'éolienne.

Notons toutefois qu'en cas d'écoulement accidentel d'huiles sur le sol, toute la partie superficielle de terre souillée soit être décapée. L'enlèvement des huiles usées et des terres souillées doivent être sous-traités par des sociétés spécialisées et autorisées.

11.8.5.6 Risque sanitaire durant la phase chantier

La phase de construction des éoliennes n'engendre pratiquement pas de risques sanitaires particuliers, en dehors de ceux qui sont liés à la circulation des engins et aux risques de santé et sécurité au travail à observer selon les dispositions du Code du travail.

11.8.5.7 Émissions lumineuses

Durant la phase d'exploitation, le parc doit disposer d'un balisage diurne et nocturne destiné à la perception de l'obstacle par les aéronefs. L'éclairage peut avoir un effet perturbateur sur les riverains du parc sans pour autant relever d'un enjeu sanitaire. La gêne surtout nocturne, liée aux conditions de balisage dépend de la couleur, intensité et orientation des feux qui permettent de réduire au maximum les impacts sur les riverains. Il s'agit d'une obligation d'ordre réglementaire à respecter en tout état de cause.

11.8.5.8 Ombrage

Par temps visible, l'éolienne renvoie une ombre des pales sur les terrains alentours. L'ombre suit la rotation du soleil et peut s'allonger sur plusieurs centaines de mètres durant le lever et le coucher du soleil. La rotation des pales entraîne un effet parfois désigné de « stroboscopique » désagréable, de la lumière du soleil. Cet effet n'est perceptible qu'à proximité des éoliennes et n'engendre aucun risque pour la santé. Les vitesses de rotation des pales provoquent une alternance ombre/lumière sur des fréquences comprises entre 0,5 et 3 Hz (0,5 et 3 changements de lumière par seconde).

L'usage du mot « stroboscopique » est un abus de langage. En effet, le phénomène stroboscopique pour l'œil humain ne peut pas être observé à la fréquence de rotation des éoliennes les plus modernes. Il s'agit plutôt d'un alternent de la lumière du jour avec un passage régulier des ombres des pales.

Des études récentes montrent qu'une perturbation du corps humain ne peut apparaître qu'à partir d'une fréquence de l'ordre de 2,5 Hz, ce qui correspondait à des pales qui font 50 tours par minute. Or les éoliennes les plus communes tournent à des vitesses de 9 à 19 tours par minute, ce qui ne génère pas la fréquence indiquée. L'effet de l'ombrage sur la santé peut donc être perçu comme **nul**.

11.9 Synthèse des impacts potentiels du projet sur l'environnement

Du fait de ses spécificités définies par la politique mondiale et nationale ayant pour objectifs d'améliorer les conditions de l'environnement à plusieurs égards (limitation de l'usage de combustibles fossiles, production d'énergie propre, promotion des objectifs de développement durable, lutte contre les changements du climat, etc.), le projet de parc éolien est propre, générant le minimum de gêne pour l'environnement local, national et mondial. En effet le projet ne génère pas de déchets nuisibles, et les seuls déchets liés aux différentes phases du cycle de vie sont dans leur grande majorité recyclable, économes et source de revenus.

Cette absence de déchets nuisibles et de rejets polluants, mais aussi d'impacts indésirables (bruit, ondes hertziennes, ombrage, radiations électromagnétiques, etc.) expliquent les impacts réduits sinon négligeables sur la santé, et le caractère dominant positif de la plupart des impacts engendrés par le projet sur l'économie nationale, locale et sur la santé de la population riveraine et visiteurs.

Le choix du site d'implantation du projet (Repowering d'un parc existant) dans une zone rurale et en hauteur sur un chaînon de collines pratiquement vierges et inhabitées, à maquis et garrigues déboisés, à rares espaces de cultures, et suffisamment éloigné des agglomérations urbaines (Borj Essalhi, Ghoumene, Menzel Salem, Sidi Daoud), limite considérablement l'exposition des individus à d'éventuelles nuisances (bruit notamment). Ceci plaide en faveur d'un projet qui n'est pas du type à engendrer des impacts nuisibles à la santé.

Tableau 60 : Impacts positifs majeurs du projet de Repowering (LT long terme = 5 à 20 ans)

Impacts potentiels	Durée
Réduction des émissions de GES et impacts pervers liés au changement du climat	LT
Préservation de la biodiversité, des milieux naturels et des patrimoines (préservation de l'environnement ; convention, CDB, ODD)	LT
Amélioration des connaissances sur l'intégration écologique des activités industrielles (production d'énergie).	LT
Impacts économiques (fiscalité TVA, TCL collectivités, création d'emploi et d'activités de service directs et indirects.	LT
Diversification de la production d'électricité ; augmentation de l'indépendance énergétique	LT
Energie non émettrice de GES, particules fines (PM10), etc. ; installations démantelables, renouvelables et recyclables	LT

Tableau 61 : Impacts temporaires majeurs du projet sans mesures compensatoires (CT= Court terme 0 à 1 an)

Impacts potentiels	Durée
Dérangement de la faune	CT
Production de déchets	CT
Nuisances et risques des travaux (personnels, sous-traitants, riverains, milieu naturel)	CT

Tableau 62 : Impacts permanents majeurs du projet nécessitant des mesures de réduction.

Impacts potentiels	Durée
Perte de surface agricole	LT
Communication et circulation	LT
Habitat et flore	LT
Avifaune	LT
Chiroptères	LT
Acoustique	LT
Ombrage	LT
Patrimoine et paysage	LT
Sécurité publique (risque mineur en phase d'exploitation du parc)	LT
Ondes électromagnétiques et dégradation possible de la réception TV	LT
Aéronautique (balisage, retombées lumineuses, gêne à la circulation des aéronefs, etc.)	LT

12 ANALYSE DES EFFETS CUMULATIFS DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS DANS LA REGION

12.1 Parcs éoliens proches du site

Les impacts cumulés doivent être étudiés avec les parcs existants et ceux accordés dans les limites des aires d'étude définies dans ce rapport.

12.1.1 Parcs éoliens de la STEG

Comme indiqué au début de ce rapport, la STEG exploite actuellement deux parcs éoliens : le présent parc organisé en trois tranches, et le parc de Bizerte comportant deux parties (Kechabta et Metline). Ce dernier est situé à environ 75 km à vol d'oiseau à partir de Sidi Daoud, et il est donc totalement en dehors de l'aire éloignée du projet de Repowering comme définie dans cette étude.

Il faut noter aussi que le présent projet de Repowering du parc éolien de Sidi Daoud ne touche que les aérogénérateurs des tranches 2 et 3 (c'est-à-dire A et B), arrivés en fin de vie. Les anciens 26 aérogénérateurs de la tranche 3 (c) de ce parc mis en service en juin 2009 seront maintenus en service pour 20 ans environ à partir de cette date, et ne viendront donc à démantèlement ou à rééquipement (Repowering) qu'à l'horizon 2030.

Pour le reste nous ne disposons d'aucune information concernant des demandes de projet de parc éoliens, ou d'autres accordés/autorisés en cours de construction dans la zone.

12.1.2 Situation et caractéristiques technologiques de la tranche C du parc éolien de Sidi Daoud

Les anciens 26 aérogénérateurs de la troisième tranche du parc sont implantés de l'Ouest vers l'Est en trois lignes dirigées en SW-NE, respectivement de 9, 10 et 7 aérogénérateurs. Ils sont disposés le long de trois pistes aménagées de 1,2, 1,3 et 1,5 km s'étendant entre le chaînon de collines (Jebel Ghormene- Jebel El Hammam) et la côte Nord de la péninsule. La distance entre les aérogénérateurs varie de 400 à 500 m.



Figure 73 : Disposition actuelle des éoliennes du parc éolien de Sidi Daoud marquées sur une image de satellite Google.

Les installations sont implantées sur une portion de terrain délimité au Nord et à l'Ouest par la mer Méditerranée, au Sud par les collines des Jebel Ghormene et Jebel el Hamam de hauteur 100 m et supportant les équipements des tranches A et B du parc, à l'Est par des terres agricoles qui s'étendent jusqu'aux confins de la ville d'El Haouaria. La tranche 3 atterrit dans une cuvette bordée de reliefs collinaires modérés, s'ouvrant directement au Nord sur la mer.

12.1.3 Description des installations

Il s'agit de 26 aérogénérateurs de type MADE-AE 61 de puissance unitaire 1 320 KW (Constructeur : MADE, Groupe GAMESA / Espagne) avec 2 travées complètes de transformations de tension.

Chaque aérogénérateur est équipé d'un transformateur incorporé dans la tour, d'une puissance de 40 MVA MT/HT pour élever la tension du courant produit de 30 à 90 kV.

Description détaillée d'un aérogénérateur type AE 61

L'aérogénérateur comporte :

- Une tour métallique de 58 m de haut ;
- Trois pâles fixées sur un moyeu ; chaque pale est longue de 30,5 m (hauteur sommet de pale (90,5 m).
- Une nacelle 9m x 4 m x 3.5 m) pesant 55 tonnes contenant un arbre de transmission, un multiplicateur de vitesse, une génératrice à 4 paires de pôle avec son système de refroidissement, des auxiliaires machine, une centrale hydraulique, équipement radiateur pour refroidissement de l'huile, équipement de rotation manuelle de la nacelle.

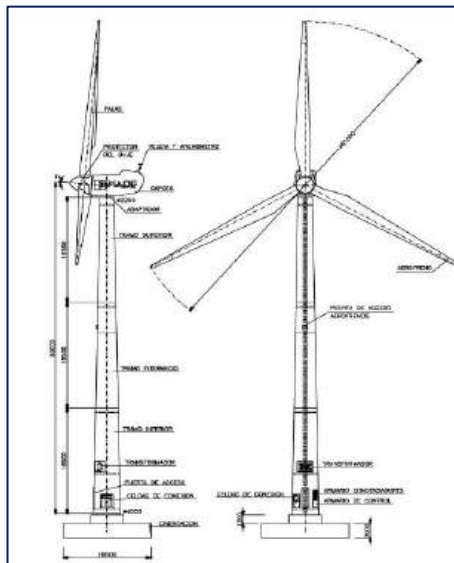


Figure 74 : Description d'une éolienne AE61 actuellement installée dans la tranche C du parc à maintenir en service

Un système de protection incendie existe dans chaque nacelle et au pied de chacune des tours pour protéger les équipements électromécaniques du champ éolien contre tout risque d'incendie. –

L'énergie électrique générée sous basse tension (690 V) est transmise par 3 câbles électriques vers le pied de la tour, à un transformateur élévateur de tension (690V/30 KV) pour être évacuée par câbles sous terrain vers le poste électrique MT/HT.

La production d'électricité par la génératrice se fait sous une tension alternative triphasée de 690 V. La transformation d'électricité produite se fait en deux étapes ; la première de 690 V à 30 000 V par un transformateur de la machine, et la seconde de 30 kV à 90 kV par le poste extérieur après passage de la tension MT par câble souterrain provenant du pied de la tour vers les transformateurs MT/HT. Acheminée vers le poste de transformation situé en face du bâtiment de commande de la centrale, cette énergie est injectée dans le réseau aérien de transport d'électricité de la STEG par la nouvelle ligne aérienne HT 90 KV desservant le poste de Menzel Temime situé sur la côte Est du Cap Bon.



Figure 75 : Poste de Menzel Témine

Voies d'accès

Les voies d'accès sont revêtues d'une couche finale de remblais (tuff ou tout venant), arrosés, compactés et testés (essais Proctor). Ces pistes aménagées sont d'un linéaire total de 4 km (soit une emprise au sol de 4000 m²).

12.2 Impact cumulatif sur le paysage

L'aspect paysager de la plaine d'El Haouria équipée de tous les générateurs du parc éolien de Sidi Daoud dans la situation actuelle est clairement représenté dans la photographie suivante.

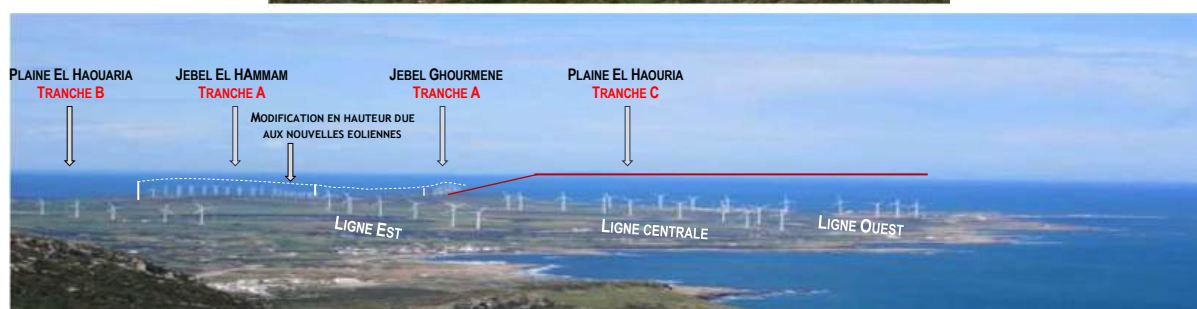


Figure 76 : Vue du parc éolien à partir du Jebel El Haouaria et impacts paysagers cumulatifs

La logique même du projet de Repowering est de prendre place dans un parc existant tout en évitant d'augmenter l'emprise visuelle des éoliennes dans le secteur. Ainsi le rééquipement vient alléger le parc existant et ne se reflète pas comme une entité isolée et à part entière. Dès lors, les effets cumulés engendrés par les nouvelles 13 éoliennes sont très similaires à ceux déjà existants avec la tranche 3 du parc qui sera maintenue en service.

Dans les aires proche et intermédiaire définies dans ce rapport, le champ de visibilité simultané de toutes les composantes du parc (Repowering et tranche 3) est clair, abstraction faite de la hauteur préminente des nouveaux générateurs à construire et en moindre nombre que ceux existant actuellement sur le chaînon de collines Ghourmène-El Hammam.

Le Repowering n'aura cependant pas d'impact négatif supplémentaire sur les vues, puisque le paysage demeurera cohérent. Pour l'observateur au Sud du chaînon de collines le parc sera presque totalement masqué par les reliefs, et pour celui sur la côte Ouest, l'aménagement sera souvent masqué par la végétation, le bâti, le relief, ou totalement fendu dans le paysage de plaine à verdure étendue en bord de mer. À partir d'une distance de 5km (Jebel El Haouaria) de la vue du parc est peu prégnante et s'insère de manière cohérente dans le paysage existant comme le montre le paysage de la photo précédente. L'impact cumulé sera donc **très faible**, sinon **nul** par rapport à la situation actuelle.

12.3 Impacts cumulatifs écologiques

Flore et habitats

Les impacts du repowering (en cours de chantier ou d'exploitation) sont liés à ceux de la tranche 3 du parc seule puisqu'à notre connaissance, il n'existe pas d'autres projets autorisés, en cours de préparation ou de construction dans la zone. Les seules perturbations seront celle décrites plus haut en cours de préconstruction, de chantier, d'exploitation et de démantèlement. Le démantèlement ou le repowering de la tranche 3 est attendu à l'horizon 2030 et n'aura pratiquement aucun impact sur la flore et sur les habitats.

Avifaune

L'impact cumulé de plusieurs projets éoliens ou parties de projets peut se traduire de deux manières :

- Augmentation du risque de collision directe de l'avifaune avec les pales ou la tour ; ce risque dépend du type d'éoliennes et de leurs diverses configurations d'implantation (lignes de crête, groupes, suivant les courbes de niveau, dans une plaine) sur le site.
- Face à la barrière imposée, l'oiseau modifie le plus souvent sa trajectoire de vol, ce qui génère pour lui une dépense supplémentaire d'énergie et un fort risque d'une collision supplémentaire si une barrière d'éoliennes en cache une autre. C'est dire qu'en cas de contournement l'oiseau pourrait se diriger vers des secteurs encore plus contraignants (nouvelle ligne d'éoliennes, ligne HT, barrière de reliefs, etc.).

Cependant, le repowering prend place dans le parc existant sans modifier à quelques détails près, sa configuration actuelle. L'on est donc enclin de croire qu'à l'échelle de toutes les aires d'étude, le nouvel aménagement limitera les impacts cumulés puisqu'il ne crée pas une nouvelle entité imposant un nouvel obstacle au déplacement de l'avifaune.

La destruction / dégradation de l'habitat sera probablement de faible importance car la zone occupée par les turbines et autres infrastructures est réduite et il y a déjà des routes d'accès adéquates à l'emplacement. Ceci nécessite quand même la prise des mesures d'atténuations particulièrement l'interdiction d'effectuer des travaux pendant la période de reproduction (mars-juin).

En phase d'exploitation à l'échelle de tout le parc, l'effet barrière n'est pas augmenté puisque le parc existant est déjà orienté perpendiculairement à l'axe de migration dans sa partie Sud (tranches A et B) et que les nouvelles 13 éoliennes n'augmentent pas cette emprise pour l'avifaune migratrice. En revanche, contrairement à ce qui a été trouvé lors de l'étude menée en 2012 et 2013, qui a conclu que les oiseaux migrateurs ne traversent pas la zone du parc éolien (ECO-RESSOURCES International 2013), l'étude menée par STRIX, a démontré que non seulement les oiseaux planeurs migrateurs utilisent la généralité de la zone du parc éolique, mais aussi qu'un tiers de leurs déplacements ont été observés à haut risque de collision avec les turbines (20-150 m).

Chiroptères

Les impacts cumulatifs concernent davantage l'avifaune comme indiqué précédemment (abandon de territoire, contournement de voies de migration, effarouchement, etc.). Ces comportements n'ont jamais été observés chez les chauves-souris. Voyant l'action de repowering avoisinant les éoliennes de tranche 3 du parc, il n'existe pratiquement pas de nouvelles modifications de l'espace qui puissent provoquer une perte de territoire ou d'habitat. Le risque de mortalité de ces espèces est difficile à estimer et il n'a été abordé dans aucune étude. Il n'existe aussi pas d'enjeu lié à la migration chez les chauves-souris. La mortalité des espèces vulnérables présentes dont en particulier *Pipistrellus*, n'a pas été estimée, ni rapportée par les agents de maintenance et de surveillance de la STEG.

À l'heure actuelle, il n'y a pas d'autres parcs éoliens ou industries dans la région du Cap Bon. Au cours de la présente étude, les impacts cumulatifs avec d'autres facteurs de mortalité de chauves-souris non naturels n'ont pas été étudiés. Étant donné que de nouveaux parcs éoliens sont projetés pour la région du cap Bon, à l'avenir, les impacts des nouveaux parcs éoliens dans cette région devraient non seulement évaluer les effets potentiels des parcs éoliens individuels, mais également les effets cumulatifs de plusieurs parcs éoliens et d'autres facteurs, comme l'expansion des centres urbains, pour déduire correctement l'impact potentiel sur la faune. Il en va de même si le parc actuel subit une expansion.

12.4 Impacts de production énergétique

La tranche 3 du parc existant qui sera maintenue en service jusqu'à l'horizon 2030, sera reliée par sa production aux éoliennes du repowering et l'électricité sera acheminée par la ligne HT existante jusqu'au poste de distribution de Menzel Témime. Il s'agit donc de relier les nouvelles 13 éoliennes à 26 autres MADE-AE61. La distance entre la ligne moyenne (A et B) et le champ des éoliennes de la tranche 3 est estimée à 700m. Cette distance est d'environ 4,3 diamètres du rotor des nouvelles machines dépendant de la sélection de l'un des modèles décrits dans cette étude.

Le relai d'évacuation de l'électricité entre la tranche C et les nouvelles éoliennes peut s'accompagner par une perte d'électricité par sillage. Cette perte nécessite des calculs par la STEG ; cependant, en se basant sur des exemples et configurations similaires, cette perte serait faible, ne dépassant pas 2% dans le cas le plus pénalisant. Cet impact peut être jugé **faible**.

Pour le reste l'augmentation de la production d'électricité du parc aura un impact nettement **positif** sur l'économie, et sur le développement de la région.

12.5 Impacts économiques et environnementaux

Ce projet de production d'électricité propre a aussi ses avantages économiques et environnementaux. En effet, les éoliennes installées permettent l'évitement d'une grande quantité de fuels (énergie primaire) en produisant la quantité d'électricité éolienne envisagée, mais aussi les émissions de gaz à effet de serre correspondantes, et la préservation des ressources en eau utilisée pour le refroidissement des turbines classiques.

Rappelons que les nouvelles treize (13) éoliennes sont choisies pour produire 54,6 à 58,5 MW, ce qui représente environ 148 à 158 GWh de production moyenne annuelle pour environ 2710 heures de vent en moyenne par an.

Pour le parc total (y compris la Tranche C hors présent projet), la production moyenne annuelle sera portée à 88,9 à 92,8 MW, ce qui correspond à une moyenne de production annuelle de 240 à 251 GWh.

Tableau 63 : production moyenne annuelle d'électricité

Paramètre	Repowering	Total du parc éolien Sidi Daoud
Production brute (MW)	54,6 - 58,5	88,9 - 92,8
Production moyenne annuelle GWh	148 - 158	240 - 251
Évitement de Consommation combustible KTep	33 - 35	53 - 55
Évitement d'émissions de CO ₂ : KTCO ₂	82,5 - 87,5	132,5 - 137,5
Consommation Eau (m ³)	4 040 - 4 329	6 580 - 6 870

Il est donc clair qu'une moyenne annuelle de 33 à 35 KTep pour les nouvelles treize éoliennes, et 53 à 55 KTep pour l'ensemble du parc sera économisée, ce qui est considérable.

Parallèlement, l'économie des ressources en eau est aussi importante (6600 à 6900 m³/an) dans un pays largement frappé par le stress hydrique.

L'éolienne ne produit pas de GES contre une production moyenne de ces gaz de l'ordre de 180 g/kWh effectif pour une centrale à cycle combiné (gaz-fuel), et de plus de 1000 g/kWh effectif, pour une centrale au charbon. L'évitement des émissions de grandes quantités d'autres gaz à effet de serre (NO_x, Co, etc.) et de particules PM_{2.5} et PM₁₀, ne doit aussi pas être négligé.

Ces impacts économiques (évitements de la consommation d'énergie primaire) et environnementaux (évitements de GES et préservation de la ressource en eau) du projet apparaissent clairement **très positifs**.

13 MESURES DE PREVENTION, DE REDUCTION, DE COMPENSATION ET D'ACCOMPAGNEMENT

13.1 Réglementation et mesures à pendre

Le décret n°1991-2005 du 11 juillet 2005 relatif à l'EIE, et les normes et guides de la Banque Mondiale appliquées par la KfW définissent le cadre réglementaire de l'étude d'impact et exigent que le document EIES doit présenter les mesures à envisager par le maître de l'ouvrage ou le pétitionnaire, pour supprimer, réduire et si possible, compenser les conséquences dommageables du projet sur l'environnement. Ces mesures doivent être accompagnées par l'estimation des coûts correspondants.

Mesures préventives ou d'évitement des impacts

Ces mesures sont toujours prises et de préférence, durant les phases préliminaires de préparation, au stade du choix du site éolien, et au stade de la conception (design, technologies, faisabilité, etc.) du projet. Ces mesures englobent :

- Évitement des sites d'importance pour la conservation de l'avifaune, des chiroptères, des sites RAMSAR, des sites à richesse patrimoniale (parcs, réserves naturelles), archéologique ou naturelle en particulier.
- Évitement des sites de proximité de riverains, de communication et trafics élevés, etc.
- Ces dispositions s'imposent en amont pour éviter toutes contraintes qui ne trouveraient pas de solution après installation.

Mesures réductrices et d'atténuation de l'impact.

Ces mesures sont essentielles pour la phase conception du projet. Elles peuvent englober :

- Des mesures en faveur des accès, optimiser les surfaces d'emprise des installations au niveau local pour minimiser l'impact sur les sites sensibles potentiels (stations botaniques, zone d'intérêt naturel), et éviter les implantations d'éoliennes aux proximités d'espaces de vie et d'agglomérations urbaines.
- Concevoir la répartition spatiale des éoliennes en prenant compte des impacts visuels (Co visibilité) avec les monuments saillants dans le paysage (reliefs, falaises, monuments historiques, etc.).

Mesures compensatoires.

Il se peut que les activités et installations du projet ne prêtent pas à des mesures de réduction potentielles, où effet de réduction limité. Ces mesures compensatoires doivent donc apporter une réponse aux conséquences dommageables du projet sur l'environnement :

- Compensation d'un impact paysager en participant à la restauration d'un site patrimonial dans l'aire d'étude ;
- Compensation un impact floristique en aidant à la protection d'un parc, d'une réserve naturelle, ou d'une station botanique proche.
- Compensation de la gêne de bruit ou de l'ombrage occasionné aux habitations.

Mesures d'accompagnement

Ces mesures ne découlent généralement pas d'un impact direct du projet. Elles dépendent plutôt de l'initiative du Maître de l'ouvrage, de sa volonté d'améliorer l'environnement sur le territoire du projet. Elles peuvent dans une certaine limite se confondre avec les mesures réductrices.

Parmi ces mesures, l'enquête sociale, le suivi et la réponse aux plaintes des riverains sont très importantes durant tout le cycle du projet.

Le maître d'ouvrage doit aussi mettre en œuvre des mesures d'accompagnement au titre de l'économie globale du projet. Ce type de mesures peut parfois être difficile à chiffrer ; en effet, peuvent être intégrées dans les programmes globaux de financement, mise en place, d'exploitation et de gestion du projet.

13.2 Mesures préventives

La sélection de la zone de projet et le choix de la variante à retenir sont les principales mesures préventives. Pour ce projet, la sélection de la variante prend en compte de nombreux critères. :

Critère paysager : Réflexion et choix d'un projet en cohérence avec l'échelle du paysage et les composantes du parc existant (ou même des parcs STEG existants). Les chemins existants sont maintenus pour limiter la création de nouvelles voies et préserver l'espace. Ces mesures préventives réduisent significativement les impacts paysagers du projet, et permettent la canalisation des mouvements d'engins sur le site, et d'éviter la perturbation des zones sensibles.

Critère naturaliste : La zone du projet est sélectionnée de manière et a hérité d'un espace éloigné des zones réglementées ou de protection (faune, avifaune, chiroptères, parcs, réserves naturelles, sites Ramsar). Les mesures y afférentes diminuent significativement les impacts sur la faune et la flore.

Critère technique : Les éoliennes sont d'abord sélectionnées d'après leurs performances techniques. Celles choisies seront implantées de manière parfaitement alignée sur la trace des éoliennes existantes ; de plus ces dernières ont prouvé l'absence de leurs impacts sur la télécommunication et le trafic aéronautique. Les nouvelles permettront donc d'éviter toute perturbation supplémentaire.

Mesure économique : Le démantèlement des anciennes éoliennes (tranche 1 et 2 du parc) et leur vente "as is" ou comme pièces de rechange, la récupération et valorisation des câblages génère, et le maintien des accès existants génère un impact positif. Le choix du Repowering permet également d'allonger le cycle de vie du parc jusqu'à l'horizon 2040, et d'améliorer très sensiblement la production d'énergie propre.

13.3 Mesures à prendre pendant les phases de préconstruction et de chantier

13.3.1 Mesures en faveur du milieu aquatique

Les surfaces utilisées au sol seront les plus réduites possibles. En cas de nécessité d'accès provisoire durant les travaux (convois exceptionnels, plusieurs accès pour monter plusieurs éoliennes à la fois), les voies pourront être couvertes de géotextile, empierrées par du concassé et revêtues. Le géotextile, le concassé et tout autre revêtement seront enlevés en fin de travaux. La terre végétale d'origine doit être stockée à proximité et remise en place après le chantier et le terrain remis en état.

Ces opérations s'appliquent à la phase préconstruction (démantèlement partiel) mais aussi au démantèlement éventuel futur des éoliennes du Repowering.

Afin de limiter les impacts liés aux travaux, des mesures simples peuvent être préconisées :

Les périodes de fortes pluies doivent être évitées pour limiter l'impact du ruissèlement sur les surfaces mises à nu et les voies d'accès. Ceci permet de prévenir les risques de glissement des engins mis en opération, parfois exceptionnels, et le déversement de graisses ou d'hydrocarbures sur les sols.

Les aires de stockage de carburants, de dépôts et d'entretien (hors lavage) des engins et la centrale à béton seront équipées :

- De bacs de rétention hermétiquement fermés pour le stockage des produits inflammables.
- De bacs fermés, destinés à la collecte des eaux usagées qui seront évacuées à intervalles réguliers.
- De bacs pour collecter les déversements accidentels éventuels et sols pollués à décapier.

Les engins de chantier doivent être munis de contrôles techniques et certifications à jour que le maître d'œuvre devra vérifier, ainsi que toute fuite éventuelle auprès de chaque engin.

13.3.2 Mesures en faveur de la faune, la flore et les habitats

Les haies et bosquets doivent être maintenus puisqu'ils jouent plusieurs rôles :

- Accueil, nourriture et lieux de refuge (bosquets) pour les chiroptères et la faune terrestre.
- Effet de barrage, rétention de l'eau et infiltration dans les sols engorgés.
- Un rôle de diversification du paysage.

L'acheminement des matériaux sur site appelle de nombreuses précautions (protection des sols, des haies, des bosquets). Les engins doivent être placés à proximité immédiate des chemins existants afin de limiter la création de nouveaux tronçons.

Le chantier doit être entrepris hors période de reproduction pour protéger au maximum les espèces nichant sur la zone.

Mesures en faveur de l'avifaune

Les mesures d'atténuation proposées pendant la phase de construction du projet sont les suivantes :

- 1) **Interdiction d'effectuer des travaux pendant la période de reproduction (mars-juin).** Plusieurs espèces se reproduisent sur la péninsule et la plupart d'entre elles nichent au sol ou sur une végétation basse. Cela rend les nids vulnérables aux véhicules et aux personnes qui se déplacent dans la zone. Les nids peuvent être détruits ou abandonnés par les oiseaux. Les espèces qui risquent de perdre leur nid sont les limicoles (*Oedicnème criard*), les perdrix (*Perdrix gabra* *Alectoris barbara*), les cailles (Caille des Blés *Coturnix coturnix*) et les passereaux.
- 2) **Réduction de l'éclairage pendant la nuit pour éviter la mortalité des espèces nocturnes.** La lumière artificielle peut attirer les oiseaux, en particulier les espèces migratrices nocturnes, comme de nombreuses passerines du Paléarctique qui ont été trouvées pendant les périodes de migration dans la zone du projet. Cela est plus susceptible de se produire dans des conditions de mauvaise visibilité (par exemple, en cas de brouillard, de nébulosité dense, de fortes pluies) et apparemment aussi lorsque l'éclairage artificiel est rouge ou blanc (Poot *et al.* 2008). Par conséquent, l'éclairage artificiel du projet devrait être maintenu à des niveaux minimums surtout pendant les périodes de migration et/ou dans des conditions de faible visibilité. En plus, les lumières rouges et blanches devraient être évitées.

Mesures en faveur des chiroptères

Il serait important d'envisager de :

- 1) Utiliser les routes existantes, en évitant la dégradation de la végétation.
- 2) Minimiser l'étendue de la zone à perturber pendant la construction des éoliennes.
- 3) Éviter tout travail de nuit, surtout pendant les mois de juin - juillet.

13.3.3 Mesures réductrices générales

Planification des travaux

En raison de la sensibilité de nombreuses espèces d'oiseaux menacés, et afin de supprimer le risque de destruction de couvées ou d'individus, et de perturbation de la reproduction de toutes les espèces nichant dans les maquis et garrigues et dans les champs de culture, le début des travaux de terrassement doit se faire en dehors de la période de nidification des oiseaux (mars-juin). Autrement, les dispositions à prendre sont comme suit :

- En cas d'obligation de travaux dans la période indiquée, l'étude doit être menée pour confirmer ou infirmer la présence d'espèces occupant les surfaces d'emprise du chantier et dans un périmètre de l'ordre de 300m alentours :
 - En cas de présence avérée d'espèces d'oiseaux, les travaux de terrassement devraient impérativement être saisonnalisés, excluant tout début de travaux de terrassement durant la période indiquée.
 - En cas d'absence d'espèces dans le périmètre indiqué, la restriction de dates pourrait être levée.
- Si la nidification est terminée avant la fin de cette période (mars / juin ; confirmation du spécialiste en avifaune), la restriction pourra aussi être levée.
- Si les travaux débutent hors de la période de nidification, ce type d'étude n'est pas nécessaire.

Milieu humain

La réduction de la durée des travaux et l'enlèvement des déchets doivent être fortement encouragés, car ils contribueront à limiter la gêne pour les riverains. Les nuisances sonores (travaux de jour) doivent être réduites autant que possible grâce et dans le respect de la réglementation, notamment pour les engins. Les engins lourds (Bulldozer, Trax) doivent être munis de système d'alerte sonore. Les habitations les plus proches peuvent exceptionnellement se situer à 200m de la zone des travaux, toutes les précautions doivent être prises en termes de sonorité et d'émissions de poussières. Des mesures particulières ne sont pas recommandées pour la gestion des poussières, en raison de la faible sensibilité du site. Quant à l'émission de poussières, il n'est pas préconisé de mesures particulières en raison de la faible sensibilité du site, à l'exclusion de l'arrosage des sols meubles par temps sec ou en cours de vents violents.

Protection du personnel de chantier et des riverains

Le transport, la construction et le levage des éoliennes sont des activités spéciales qui nécessitent l'emploi d'engins spécifiques (convois exceptionnels, grues, pelles mécaniques, etc.) et des conducteurs qualifiés. Ces activités présentent un risque pour le personnel en présence.

Des mesures de bonne planification, de veille et de bonne gestion du chantier seront prises.

Le balisage des axes de circulation et des lieux de travaux s'impose dans un but sécuritaire par des panneaux et bandes de signalisation durant toute la phase des travaux (préconstruction et chantier de construction). Un plan d'intervention d'accès et de circulation, et de balisage devra être présenté et proposé aux entreprises lors du commencement du chantier.

Un périmètre de sécurité devra être établi, en particulier en phase de levage des éléments des éoliennes. Il faut maintenir éloigné autant que possible tous « curieux » attirés par ce type d'opération, et qui peuvent provoquer des risques supplémentaires, éventuels et inutiles.

Plan d'hygiène et de sécurité

Conformément à la réglementation en vigueur et aux normes appliquées par la KfW (Banque Mondiale), un Plan d'Hygiène et Sécurité sera mis en place.

Autorisation temporaire d'utilisation de la grue

Le montage de la nacelle et des pales nécessite la mise en place d'une grue de levage dont l'utilisation est soumise à autorisation temporaire.

Respect des cultures

Il est souhaitable que les opérations de montage se déroulent après la période de récolte des céréales. Pour tous décapages des emprises du parc éolien sur les terres agricoles, la terre végétale doit être triée et réutilisée pour végétaliser les abords directs des installations.

Privilégier l'utilisation des chemins

Les chemins ruraux et les voiries régionales et locales (communales) utilisés en cours de travaux pourront impliquer la nécessité de leur aménagement en cas de besoin (busage, apport de tout venant, accotement). L'impact de ces travaux sur le site peut impliquer des déplacements de terre (décapages de la couche de terre végétale) et de son stockage. Des mesures et précautions devront être prises et respectées lors de ce type d'activités.

Le balisage sécuritaire des travaux doit se faire par des panneaux et bandes de signalisation durant toute la phase temporaire des travaux. Les voies communales et chemins utilisés doivent faire l'objet d'un état des lieux avant travaux conforme aux règles de l'art, à la charge du maître d'ouvrage.

En fin de travaux, les voies et chemins seront remis dans un état au moins équivalent avant chantier. Une convention spécifique peut être signée avec les communes concernées précisant les modalités d'utilisation de ces voies, afin de les dégager de charges financières liées aux travaux à réaliser sur ces voies et chemins.

Pistes et aires de montage à créer

Il est nécessaire de procéder au préalable à un piquetage de l'emprise de future pistes ou d'élargissement de pistes existantes. Le décapage du fond de forme pourra alors être effectué, suivi d'un enrochement et d'un compactage de la

piste ou de la portion de piste à créer. L'approvisionnement en graves de l'extérieur sera en respectant la quantité de matériaux rocheux extraits du site et qui pourront être réutilisées durant la phase d'enrochement des pistes.

Aire d'évolution des engins de montage et de maintenance, et une aire de stockage temporaire des éléments de l'éolienne (pales, mat, nacelle) seront créées. Cette zone devra être remise en état à la fin des travaux. Il en sera de même pour la zone de parking éventuel nécessaire.

13.4 Mesures préconisées pour la phase exploitation

13.4.1 Mesures en faveur du milieu naturel

Éoliennes

Le type d'éolienne prévu sur le site est un facteur de réduction du risque de collision :

- Les aérogénérateurs choisis pour le parc éolien de Sidi Daoud présentent des avantages concernant l'insertion paysagère et les impacts environnementaux potentiels :
- Éoliennes tripales à mât tubulaire sans plateforme ni échelle d'accès extérieure, équipées de nacelles empêchant les oiseaux de se percher, et offrant la possibilité de placer les postes transformateurs à l'intérieur des mâts ou de la nacelle ; Éoliennes de couleur gris clair, conformément aux prescriptions de l'aviation civile.
- Balisage. diurne et nocturne conformément aux modalités de l'instruction relative au balisage des éoliennes situées en dehors des zones grevées de servitudes aéronautiques.

Choix de l'implantation de machines la moins impactante en nombre

La STEG, sur la base d'analyses et de concertation avec les différents bureaux d'étude, a étudié différentes variantes de scénario afin de retenir l'implantation la plus adaptée aux enjeux de la zone du projet.

Entretien des aires de montage des éoliennes

Les aires de montage des éoliennes seront entretenues pour éviter un peuplement herbacé ou arbustif trop important. Les habitats herbacés ou arbustifs sont propices à la présence d'insectes, proies des chauves-souris et de petites faunes comme les rongeurs, et proies favorites des rapaces. Ces emprises seront maintenues et entretenues sans produits chimiques.

Éloignement, préservation des linéaires boisés et des haies

La conception de l'implantation, des aires de montage et des chemins d'accès doit veiller à la préservation des linéaires boisés et des haies. La position de chaque machine a pris en compte de nombreuses contraintes notamment paysagères, physiques, socio-économiques et la distance aux linéaires boisés et haies. Les éoliennes sont toutes situées environ 300 mètres entre mâts (160 m entre extrémités des pales).

Mesures en faveur de la flore

Pour assurer la préservation de la flore et des habitats, il est préconisé de ne pas installer d'éoliennes ni de faire passer de pistes ainsi que toute installation connexe (poste de livraison...) sur les zones accueillant les espèces et les habitats patrimoniaux. Il n'est pas prévu de mesures particulières quant à l'implantation des machines et de leurs accès compte tenu de la localisation de ces espèces.

Mesures en faveur de l'avifaune

Les mesures d'atténuation proposées pendant la phase d'exploitation du projet sont les suivantes :

- 1) Comme pendant la phase de construction il est fortement recommandé de **réduire l'éclairage** pendant la nuit pour éviter la mortalité des espèces nocturnes. La lumière artificielle peut attirer les oiseaux, en particulier les espèces migratrices nocturnes, comme de nombreuses passerines du Paléarctique qui ont été trouvées pendant les périodes de migration dans la zone du projet. Cela est plus susceptible de se produire dans des conditions de mauvaise visibilité (par exemple, en cas de brouillard, de nébulosité dense, de fortes pluies) et apparemment aussi lorsque l'éclairage artificiel est rouge ou blanc (Poot *et al.* 2008). Par conséquent, l'éclairage artificiel du projet devrait être maintenu à des niveaux minimums pendant la phase d'exploitation et surtout pendant les périodes de migration et/ou dans des conditions de faible visibilité. En plus, les lumières rouges et blanches devraient être évitées.

- 2) **Arrêt temporaire saisonnier des turbines à la demande pour éviter la mortalité par collision des oiseaux planeurs migrateurs** La mesure d'atténuation la plus efficace pour éviter la mortalité des oiseaux planeurs est l'arrêt temporaire des turbines à la demande lorsque des situations de risque élevé de collision surviennent (Marques *et al.* 2014, Tomé *et al.* 2017). L'utilisation d'observateurs visuels aux points de vue ou à la fois d'observateurs visuels et de radars pour assister les opérations d'arrêt peut être recommandée, car les observateurs sont capables d'identifier les espèces et d'évaluer les comportements à micro-échelle tandis que les données radar permettent des capacités de détection accrues, une couverture plus large, plus un suivi précis des oiseaux et des performances de détectabilité constantes quelles que soient les conditions météorologiques et de visibilité (Tomé *et al.* 2017). L'application de cette mesure d'atténuation s'est avérée extrêmement efficace dans différentes situations, par ex. permettant une diminution de la mortalité des vautours à 50 % (de Lucas *et al.* 2012) ou réduisant la mortalité de tous les oiseaux planeurs à zéro (voir l'exemple du parc éolien Barão S. João, Tomé *et al.* 2017) ou proche de zéro (voir l'exemple du parc éolien KfW/Gabel el Zayt, STRIX 2017). L'efficacité de cette méthode pour concilier conservation des espèces et production d'énergie éolienne est également démontrée par les pertes négligeables de production d'énergie (c'est-à-dire de très faibles périodes d'arrêt équivalentes) dans les parcs éoliens où la mesure d'atténuation a été opérée (de Lucas *et al.* 2012, Tomé *et al.* 2017, STRIX 2017).

Dans le cas de la CESD, une proportion significative (33%) des mouvements d'oiseaux planeurs a été détectée dans la classe d'altitude à risque de collision élevé (20 - 150 m). Cette proportion peut augmenter à certaines périodes en raison de variations des conditions météorologiques (par exemple lors de périodes de vents contraires très forts) qui n'ont pas été vérifiées au cours des périodes d'échantillonnage étudiées. Les données recueillies montrent que les oiseaux planeurs sont répandus sur la zone et semblent l'utiliser de manière relativement uniforme. La diversité et l'abondance des oiseaux planeurs étaient plus élevées pendant les campagnes d'automne et de printemps, mettant en évidence la zone de la CESD comme une zone sensible en ce qui concerne la migration des oiseaux planeurs. De plus, une espèce d'oiseau planeur dont la conservation est préoccupante, la Busard pâle *Circus macrourus*, était présente dans la région au printemps.

Compte tenu de ce qui précède, la mise en œuvre d'une procédure d'arrêt à la demande visuelle ou visuelle et assistée par radar des turbines pendant la phase d'exploitation est recommandée. Une conception détaillée pour la mise en œuvre de cette mesure d'atténuation spécifiquement pour la zone de la CESD pendant les périodes de migration d'automne et de printemps devrait être établie, incluant :

- la définition des critères d'arrêt.
- la définition de la période de mise en œuvre chaque automne et chaque printemps (recommandation : 15/08 – 31/10 et 01/03 – 31/05).
- la définition du nombre et de la disposition des points de vue.
- la définition de la méthodologie de surveillance et du protocole de communication dans les points de vue
- la définition d'un programme de formation pour renforcer les capacités locales des observateurs visuels à opérer les procédures d'arrêt à la demande.
- la définition d'un protocole de communication pour accéder directement à l'exploitant du parc éolien ou à la SCADA afin de demander/déclencher l'arrêt et le redémarrage des turbines.
- la définition de procédures de surveillance pour évaluer la performance des opérations d'arrêt à la demande.

Les critères d'arrêt à la demande devraient tenir compte des conditions spécifiques au site, visant à répondre aux menaces posées par le parc éolien à l'espèce et aux événements d'oiseaux planeurs migrateurs connus pour se produire dans la région. Les conditions à établir dans le cas de la CESD devraient être similaires à ce qui suit (sur la base des exemples des parcs éoliens KfW/Gabel el Zayt et Barão S. João) : chaque fois que des volées d'oiseaux planeurs migrateurs ou d'espèces d'oiseaux planeurs menacées sont détectées près du zone du parc éolien ou se dirigeant vers elle à des altitudes de vol impliquant un risque de collision élevé et même lorsque les critères précédents ne sont pas remplis, une ou plusieurs éoliennes doivent être arrêtées chaque fois qu'il existe un risque imminent de collision d'oiseau planeur avec l'une des éoliennes.

Les périodes d'arrêt recommandées sont indiquées sur la base des informations disponibles collectées sur le terrain et de la bibliographie existante pour des espèces telles que Bondrée apivore, Milan noir, Busard des roseaux et Busard

pâle dans la voie de migration de la Méditerranée centrale (Agostini *et al.* 1994 & 2004, Corso & Cardelli 2004, Isenmann *et al.* 2005, Panuccio & Agostini 2006), **cependant cette période doit être évaluée et ajustée au fur et à mesure de l'avancement du projet.**

L'étude de suivi ornithologique a montré aussi que la migration automnale de certains oiseaux a eu lieu à la fin août et en septembre. Il est recommandé de lancer un suivi complémentaire de la migration automnale au cours des mois d'août et septembre, en phase de construction.

Mesures en faveur des chiroptères

Il faut prendre garde à ne pas créer de zone lumineuse susceptible d'attirer les insectes et les chauves-souris à proximité des éoliennes. Les chemins d'accès et les éoliennes ne seront pas éclairés la nuit. Cependant, en cas de nécessité quelconque d'éclairage la nuit, l'utilisation d'un dispositif avec détecteur de présence est préconisée.

Compte tenu des résultats de l'étude des chiroptères exposés plus haut, aucune espèce migratrice de chauves-souris n'a été reconnue dans la zone du projet. Des études complémentaires doivent être accomplies. Au cas où des espèces migratrices sont reconnues (Serotine bicolore, Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, et Noctule de Leister, essentiellement) et compte tenu du fait que les périodes de migration sont sensibles par élévation du risque de collision un plan de bridage préventif de toutes les éoliennes doit être mis en place selon les modalités suivantes aux périodes de migration (1er août au 31 octobre généralement). Le bridage aura lieu dès le coucher du soleil et durant la nuit entière. Les modalités du bridage pourront évoluer en fonction des résultats des suivis qu'il faudra conduire.

Le bridage entraîne une perte de production inévitable qui a été estimée selon de nombreuses études, à environ 1,2% sur l'ensemble des éoliennes concernées par le bridage.

Il serait recommandé par conséquent de :

1) Suivi de la mortalité

Afin d'estimer la mortalité des chauves-souris engendrée par le parc éolien, il est nécessaire de surveiller la mortalité autour des éoliennes et sous les lignes électriques, ainsi que de faire des tests de disparition des cadavres et de l'efficacité du contrôleur, pour corriger les données obtenues. Après une période de surveillance de cinq ans, le programme de surveillance devrait être réévalué et ajusté si nécessaire.

Avant de commencer le suivi de la mortalité, il est nécessaire de faire des tests de disparition des cadavres et d'efficacité du contrôleur. Il faut faire un test en mai et un autre en novembre.

Les suivis de la mortalité autour des éoliennes et sous la ligne électrique pourraient se faire en synergie avec les suivis des oiseaux.

Tout le personnel qui travaillant au parc éolien doit être informé de ne pas retirer les cadavres (chauves-souris ou oiseaux) qu'ils découvrent, mais doivent les signaler à l'équipe de recherche.

Tests d'estimation du taux de disparition des cadavres

Chaque test doit inclure au moins 20 cadavres (des petits animaux tels que des souris ou des poussins d'un jour, de préférence de couleur sombre).

- Les cadavres doivent être placés en fonction de la végétation et de la géographie.
- Chaque test devra durer 7 jours consécutifs, puis le jour 14 et le jour 21.

Tests d'efficacité du contrôleur

- Le contrôleur devra opérer selon le protocole standard de recherche de cadavres. L'objectif général est d'évaluer le pourcentage de cadavres découverts par le contrôleur.
- Le contrôleur ne pourrait pas connaître l'emplacement des cadavres.
- Le contrôleur ne doit pas savoir que c'est un test, il doit se comporter comme lors d'une journée de surveillance normale.
- Utiliser le premier jour du test du taux de disparition des cadavres.

Suivi de la mortalité autour des éoliennes

- La recherche commencera une heure après le lever du soleil.
- La zone de recherche des cadavres doit inclure la surface autour de la turbine éolienne, dans un rayon de 80-90 mètres. Cette valeur est la moitié de la hauteur maximale des pales pour les éoliennes proposées pour le projet de repowering de la CESD. Des études suggèrent que plus de 80% des chauves-souris mortes et blessées tombent dans cette zone (Kerns et al. 2005 in Aronson et al. 2020).
- La réalisation de recherches régulières des cadavres. L'intervalle de recherche devrait être identifié selon les résultats des tests de disparition des cadavres, mais doit rester aussi court et cohérent que possible. L'intervalle doit être plus court pendant les périodes de reproduction. Si certaines éoliennes causent des niveaux de mortalité élevés, le protocole de surveillance doit être ajusté afin d'augmenter la fréquence des recherches autour de ces éoliennes.
- Le suivi doit être effectué tout au long de l'année.
- Toutes les turbines doivent être investiguées au cours de la première année de la période de surveillance. En fonction des résultats après cette première année, le nombre de turbines suivies peut être réduit, ou alternativement, les intervalles de suivi de certaines turbines peuvent être différenciés au cours des années suivantes.
- L'estimation de la zone de recherche effective autour de chaque turbine et cartographier l'habitat. La cartographie de l'habitat doit tenir compte des changements de la végétation tout au long de l'année.
- Les mesures de la distance entre chaque cadavre et la base de la turbine doivent être comptabilisées.
- L'ordre dans lequel les turbines sont recherchées doit être aléatoire.
- L'identification des espèces et la détermination du sexe des cadavres sont exigées.

2) Suivi de l'activité

Il est proposé de continuer le suivi de l'activité des chauves-souris avec des détecteurs automatiques pendant au moins deux ans. Par la suite, la nécessité de poursuivre cette surveillance devrait se faire sur une base annuelle.

Tandis que le mât météorologique reste installé dans la CESD, il est important d'installer deux détecteurs automatiques au niveau des hauteurs suivantes :

- 27 mètres.
- 75 mètres.

Cet échantillonnage permettra une comparaison directe avec les données obtenues dans cette étude, et aussi fournir des données pour les mesures d'atténuation (voir point suivant). De plus, il est recommandé d'installer des détecteurs automatiques au niveau de la nacelle, dans trois à quatre éoliennes, c'est-à-dire dans environ 25% du nombre de nouvelles éoliennes à installer dans l'action de repowering de la centrale éolienne (Peterson 2020). Ces détecteurs fourniront des données pour les mesures d'atténuation.

3) Mise en drapeau et augmentation de la vitesse de vent de démarrage

Puisque l'activité des chauves-souris est dépendante de la vitesse du vent, l'augmentation de la vitesse du vent de démarrage est souvent utilisée pour réduire les impacts des éoliennes sur les chauves-souris. Selon les données obtenues, dans la zone de la CESD, 45% de l'activité des chauves-souris se produit à des vitesses de vent inférieures à 5 m/s et 58% à moins de 6m/s. En outre, avec une vitesse faible du vent l'activité des insectes et des chauves-souris est très importante, augmentant ainsi la présence potentielle de ces dernières près des pales en rotation.

Pour minimiser l'impact des turbines sur les chauves-souris dans le site du projet pendant la mise en œuvre, il serait important de programmer le fonctionnement des éoliennes, en augmentant la vitesse du vent de démarrage. Plus que ça, et afin de minimiser l'impact sur les chauves-souris et également de minimiser les pertes de production, des modèles pour prédire les périodes de risque élevé de mortalité des chauves-souris, corrélant le niveau d'activité des chauves-souris et des variables météorologiques (en plus de la vitesse du vent) peuvent être développés, sur la base des données des détecteurs automatiques. La vitesse du vent de démarrage, et les périodes pendant lesquelles il sera nécessaire d'augmenter la vitesse du vent de démarrage ou faire la mise en drapeau, devraient être établies sur la base des données de l'activité des chauves-souris obtenues jusqu'au moment de la décision, et adaptées en fonction des nouvelles informations. Selon Korner-Nievergelt (2013), Behr et al. (2017) et Arnett (2017), ces modèles permettent d'ajuster et d'optimiser les périodes où l'exploitation des éoliennes n'est pas recommandée, pouvant prédire les périodes d'activité plus élevée des chauves-souris, entraînant une réduction de la mortalité et des impacts possibles sur les populations de chauves-souris à long terme, en minimisant les pertes de production.

4) Éclairage

Évitez l'installation ou l'utilisation de lumière qui pourrait attirer des insectes près des éoliennes. L'éclairage doit être le strictement nécessaire en raison de sécurité. La lumière utilisée ne doit pas comprendre ni ultraviolet ni bleu (éclairage >540 nm ou <2700 K).

13.4.2 Mesures en faveur du milieu humain

Sonorité

Les niveaux sonores émis par les éoliennes sélectionnées ne présentent pas de risque sanitaire majeur. Il n'est donc pas prévu de mesures réductrices complémentaires à celles déjà mises en œuvre par les fabricants (capitonnage de la nacelle pour absorber le bruit des systèmes mécaniques, profilé adapté du bout des pales, notamment).

Cependant, des mesures de bridage (ou d'optimisation) doivent être mises en œuvre pour respecter la réglementation, dans le cas d'échéant. Ce plan de bridage peut facilement être mis en œuvre grâce au logiciel de contrôle à distance de l'éolienne via le système SCADA.

Lorsque l'anémomètre (vitesse du vent) et la girouette (direction du vent) situés en haut de la nacelle, enregistrent des données de vent contraignantes et en fonction des périodes horaires (diurne : 7h-22h ou nocturne 22h-7h), le mode de bridage programmé devrait se mettre en service. Ce bridage concernera toutes les éoliennes hors norme de sonorité, notamment de nuit. Les autres éoliennes pourront continuer à fonctionner à pleine puissance.

Le bridage se traduit par une réduction de la vitesse de rotation du rotor par une réorientation des pales, via le pitch (système d'orientation des pales se trouvant au niveau du hub ou « nez » de l'éolienne), afin de limiter leur prise au vent en « rectifiant » le profil aérodynamique de la pale. Les bridages correspondent en quelque sorte à une inclinaison plus ou moins importante des pales qui permet de ne pas utiliser de frein, qui peut lui aussi augmenter le niveau sonore, en plus de l'usure des « patins » mécaniques.

L'arrêt programmé de l'éolienne permet de mettre les pales « en drapeau » de la même manière, afin d'annuler leur prise au vent et donc empêcher la rotation du rotor.

Une campagne de mesure de réception acoustique doit être réalisée après la construction des éoliennes choisies pour s'assurer de la conformité de l'installation avec la législation. Les plans d'optimisation acoustiques pourront éventuellement être adaptés en fonction des résultats de cette campagne.

Pertes de production

Le bridage entraîne inévitablement une perte de production, qui doit être déterminée pour les éoliennes concernées par un bridage nécessaire.

Ombrage

L'effet d'ombrage doit être maintenu en dessous des limites des normes (*Environmental, Health, and Safety Guidelines for Wind Energy. World Bank Group*) pour les logements qui dépassent les limites d'ombrage mesurées en nombre de jours par année dans cette étude, selon le type d'éolienne à choisir. La limitation de cet ombrage peut se faire de plusieurs manières :

- Planter de la végétation (arbustes ou arbres, des espèces indigènes et locales, e.g. du type d'habitat comme le Caroubier ou le Mûrier) à proximité des maisons concernées. Le Consultant recommande de couvrir toute la façade en plus 5 mètres supplémentaires de chaque côté. La végétation doit être située à 5 mètres de la maison :
 - Pour les maisons d'un étage, le consultant recommande d'installer des buissons de trois mètres de hauteur-
 - Pour les maisons de plus d'un étage, le consultant recommande d'installer des arbres-
- Installer des rideaux ou des stores opaques dans les maisons concernées, en revanche, il faut rappeler que cela doit être discuté au préalable avec les maisons concernés.
- Dans le cas les plus restreints, l'utilisation de stratégies de contrôle des turbines qui arrêtent les turbines lorsque l'effet stroboscopique est susceptible de se produire peuvent s'utiliser.

L'application de ces mesures permettra d'abaisser l'impact de l'ombrage pour respecter les normes indiquées.

En annexe 6, nous présentons la simulation de l'effet stroboscopique réalisé dans le cadre du repowering du parc éolien de Sidi Daoud.

Risques d'accident

Les risques encourus par les riverains sont faibles et ne nécessitent donc pas la mise en place de périmètres de sûreté. La distance des habitations n'impose aussi pas de mesures de protection particulières à la protection contre les chutes potentielles d'éoliennes, de morceaux de pales ou de jets de fragments de glace.

Toutefois, un balisage d'information des prescriptions à observer par les tiers doit être affiché sur le chemin d'accès de chaque aérogénérateur et sur le poste de livraison. Les prescriptions qui doivent figurer sur les panneaux englobent les consignes de sécurité à suivre en cas de situation anormale, l'interdiction de pénétrer dans l'aérogénérateur, la mise en garde face aux risques d'électrocution, et mise en garde face aux risques de chute de glace.

Champs magnétiques

L'enterrement de la ligne de raccordement électrique réduit de manière significative l'effet de manière notable l'effet de champ magnétique. Le passage planifié dans les parcelles agricoles et le long des chemins d'accès, se situe bien à distance des habitations. Ceci permet d'éliminer tous impacts éventuels sur la santé. Cette mesure engendre aussi un impact paysager positif, sans câblage et supports apparents à risques.

Balisage aéronautique

Les éoliennes devront être dotées d'un balisage réglementaire diurne et nocturne. Ce balisage est réalisé en application du Code de l'aéronautique civile (Loi n°99-58 du 29 juin 1999), du décret n° 2007-1115 du 7 mai 2007 et de l'arrête du Ministre du transport du 10 mai 2007 fixant la limite maximale de la hauteur des obstacles à l'intérieur et à l'extérieur des zones grevées de servitudes aéronautiques. La synchronisation du balisage de ce parc avec la tranche 3 maintenue en service à l'horizon 2030, devra être assurée. Ce balisage doit aussi faire l'objet de publication d'information.

Transmissions hertziennes de basse fréquence

Toutes les précautions ont été prises par la consultation des services concernés, pour éviter d'éventuelles interactions du parc avec les fuseaux de transmission hertzienne. Cependant, en cas de perturbations avérées de la réception des ondes par les riverains, le maître d'ouvrage devra mettre en place les mesures nécessaires au rétablissement d'une réception satisfaisante, notamment par l'installation d'équipements de réception plus performants.

13.4.3 Mesure en faveur du paysage

Les mesures suivantes sont à considérer :

- Le choix du modèle d'éolienne dont les proportions doivent être cohérentes avec le parc existant, pour faciliter l'intégration de tout le projet dans le paysage.

- Le poste de livraison devrait être habillé d'un crépi plutôt dans les tons pierre par souci de cohérence avec la verdure et les sols du site de Repowering.

13.5 Mesures compensatoires

13.5.1 Mesures en faveur de l'avifaune

En l'état actuel des connaissances, et au regard des impacts du projet sur les oiseaux dégagés plus haut et en respectant les mesures d'atténuations citées, il n'est pas prévu de mesures compensatoires à ce sujet.

13.5.2 Mesures en faveur des Chiroptères

En l'absence d'espèces migratrices identifiées, en l'état actuel des connaissances, et au regard des impacts du projet sur les chiroptères dégagés plus haut, il n'est pas prévu de mesures compensatoires à ce sujet.

13.5.3 Mesures en faveur des activités agricoles

L'installation d'éoliennes dans des parcelles agricoles peut induire une gêne à l'exploitation et une perte bien que réduite de surface cultivable pour les propriétaires. Pour compenser ces impacts, la société devrait verser une indemnité fixée de commun accord entre les deux parties pendant toute la durée d'exploitation des éoliennes.

13.5.4 Mesures en faveur de la réception télévisuelle

De bonnes conditions de réception en cas de brouillage, peuvent être recherchées et retrouvées après la mise en route des éoliennes par :

- Réorientation de l'antenne pour fournir une meilleure discrimination entre champ utile et champ réfléchi par l'éolienne à conditions qu'il n'y ait pas d'alignement complet avec l'émetteur et l'éolienne ;
- Utilisation d'une antenne plus performante pour améliorer le pouvoir discriminant de l'antenne, sauf alignement complet avec l'émetteur et l'éolienne ;
- Accroissement de la hauteur de l'antenne permettant une meilleure visibilité de l'émetteur ;
- Ajout d'un amplificateur dans l'installation des tiers concernés pour relever le niveau du signal reçu.

Au cas où le brouillage persiste, les seules solutions envisageables sont l'installation d'un réémetteur TV ou le changement de mode de réception télévisuelle (satellitaire numérique, réseau internet). Ces deux solutions sont relativement coûteuses. En cas de forte gêne, les travaux d'amélioration devraient être portés à la charge du propriétaire-exploitant des éoliennes.

13.6 Mesures d'accompagnement

Le projet de Repowering doit faire l'objet d'un suivi environnemental et social au moins une fois au cours des trois premières années suivant la mise en service industrielle du parc éolien, et ensuite une fois tous les dix ans. Un suivi qui englobe la vérification de l'état de la machinerie, les pistes d'accès, le système de commande à distance SCADA, etc., mais aussi le suivi écologique dans la zone, dès la mise en exploitation. L'aire d'étude doit s'étendre à 1 km au moins autour du parc.

13.6.1 Mesures en faveur de l'avifaune

L'analyse des impacts en cours d'exploitation incite à prévoir la mise en place de plusieurs mesures d'accompagnement :

1. La préservation de la dominance de végétations qui est une source d'attraction des oiseaux surtout ceux de petite taille avec risque de nidification à la zone d'occupation des aérogénérateurs.
2. Protection des nichées sur le site contre la destruction lors des travaux de moisson en vérifiant la présence absence des nids dans les champs et localisant les nids avant la moisson. Ceci peut se faire en partenariat avec les exploitants des parcelles agricoles en mettant en place des mesures de localisation et de protection des nids. Ce suivi, peut nécessiter quelques jours de terrain par un ornithologue expérimenté, qui s'en chargera de la prospection entre avril et juillet, en fonction de la densité des oiseaux nichant dans l'aire d'étude rapprochée du projet et l'accompagnement régulier des activités. Une fois localisés, les nids seront labellisés et le message transmis au chef de chantier pour veiller à ne pas les endommager.

L'ornithologue vérifiera régulièrement le statut des nids. Ce suivi doit être mis en place pendant trois ans, dès la mise en services du parc, sur un rayon de 1km autour des éoliennes du projet.

3. Mise en place d'un plan de suivi des oiseaux. Ce plan vise à surveiller de manière exhaustive les effets potentiels de perturbation et de déplacement de l'avifaune. Il est recommandé que les méthodologies et les endroits d'étude utilisés dans la présente étude soient maintenues ou adaptées de manière que les résultats présentés puissent être intégrés en tant qu'informations précieuses pour la phase de pré-construction. Les actions prévues doivent comprendre la réalisation saisonnière de transects et points dans la zone du projet (mêmes endroits que dans l'étude de la STRIX) et pendant les mêmes périodes d'échantillonnage que dans l'étude de la STRIX.
 4. Mise en place d'un plan de suivi de la mortalité des oiseaux due aux collisions contre les turbines. Pour ce faire, il est nécessaire de surveiller la mortalité autour des éoliennes, ainsi que de faire des tests de disparition des cadavres et de l'efficacité du contrôleur, pour corriger les données obtenues. Après une période de surveillance de cinq ans, le programme de surveillance devrait être réévalué et ajusté si nécessaire. Avant de commencer le suivi de la mortalité, il est nécessaire de faire des tests de disparition des cadavres et d'efficacité du contrôleur. Il faut faire un test en mai et autre en novembre. Les suivis de mortalité autour des éoliennes et sous la ligne électrique pourraient se faire en synergie avec ceux des chauves-souris. Tout le personnel qui travaillant au parc éolien doivent être informés de ne pas retirer les carcasses (chauves-souris ou oiseaux) qu'ils découvrent, mais doivent les signaler à l'équipe de recherche.
- **Tests de disparition des cadavres pour estimer le taux de prédation**
 - Chaque test doit inclure au moins 20 cadavres (des petits animaux tels que des souris ou des poussins d'un jour, de préférence de couleur sombre)
 - Des cadavres doivent être placés en fonction de la végétation et de la géographie
 - Chaque test devra durer au moins 10 jours consécutifs (de préférence tous les jours du jour 1 au jour 7, puis du jour 14 au jour 21)
 - **Tests d'efficacité du contrôleur**
 - Le contrôleur devra opérer selon le protocole standard de recherche de cadavres. L'objectif général est d'évaluer le pourcentage de carcasses découvertes par le contrôleur ;
 - Le contrôleur ne pouvait pas connaître l'emplacement des cadavres ;
 - Le contrôleur ne doit pas savoir que c'est un test, il doit se comporter comme lors d'une journée de surveillance normale ;
 - Utiliser le premier jour du test de disparition des cadavres.
 - **Suivi de la mortalité autour des éoliennes**
 - La zone de recherche des cadavres doit inclure la surface autour de la turbine éolienne, dans un rayon de 80-90 mètres. Cette valeur c'est la demie de la hauteur maximale des pales pour les éoliennes proposées pour le projet de repowering de la Centrale Éolienne de Sidi Daoud (CESD) ;
 - Réalisation de recherches régulières des cadavres. L'intervalle de recherche devrait être dicté par les résultats des tests de disparition des cadavres, mais reste aussi court et cohérent que possible. L'intervalle doit être plus court pendant les périodes de migration. Si certaines éoliennes causent des niveaux de mortalité élevés, le protocole de surveillance doit être ajusté afin d'augmenter la fréquence des recherches autour de ces éoliennes ;
 - Recherches tout au long de l'année ;
 - Toutes les turbines doivent être prospectées au cours de la première année de la période de surveillance. En fonction des résultats après cette première année, le nombre de turbines prospectées peut être réduit, ou alternativement, les intervalles de recherche sur certaines turbines peuvent être différenciés au cours des années suivantes ;
 - Calcul de la zone de recherche effective autour de chaque turbine et cartographier l'habitat. La cartographie de l'habitat doit avoir tenir compte des changements de la végétation tout au long de l'année ;

- Les mesures de la distance entre chaque cadavre et la base de la turbine doivent être enregistrées ;
- L'ordre dans lequel les turbines sont prospectées doit être aléatoire ;
- Identification des espèces

13.6.2 Mesures en faveur des Chiroptères

Les espèces les plus vulnérables identifiées sont la Sérotine isabelle, la Molosse de Cestoni, le Pipistrelle de Kuhl, la Vespère de Savi, et tout particulièrement la Pipistrelle commune. Conformément à la réglementation et au suivi environnemental des parcs éoliens, le parc éolien de Sidi Daoud semble avoir un impact résiduel faible sur ces espèces.

Cependant, un suivi de l'activité des chiroptères en altitude est nécessaire durant la première année de mise en service (mai à octobre par ex.). Le suivi de mortalité des chiroptères durant cette première année et une fois tous les dix ans sera très utile dans la détection des cas de collision des espèces migratrices. Au cas où ces dernières sont repérées (Sérotine bicolore, Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, et Noctule de Leister, essentiellement) un plan de bridage préventif de toutes les éoliennes doit être mis en place selon les modalités détaillées dans la section 13.4.1.

Ces efforts de suivi sont mis en place visant les espèces migratrices (Sérotine bicolore, Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, et Noctule de Leister) et non pas les espèces déjà recensées citées plus haut dans la partie résultat (la Sérotine isabelle, la Molosse de Cestoni, le Pipistrelle de Kuhl, la Vespère de Savi, et la Pipistrelle commune) d'autant plus qu'aucun site d'hibernation n'est connu dans les environs rapprochés du parc pour Repowering.

13.6.3 Mesures en faveur du paysage

La mise en place d'une haie arbustive à l'Est entre le par et Menzel Salem permettra de réduire l'impact du projet.

13.6.4 Mesures en faveur du milieu humain

Mesures en faveur des infrastructures

La STEG doit se charger du renforcement de tous les chemins nécessaires à la construction et à l'exploitation du parc éolien. Ceci apporte une amélioration de l'infrastructure pour l'exploitation agricole. Du fait des travaux de terrassement sur les chemins d'accès et les plates-formes du parc éolien, les agriculteurs peuvent disposer de chemins d'exploitation de bonne qualité. L'absence de clôtures offre un parcellaire ouvert qui laisse une certaine marge d'accès aux machines d'exploitation agricole.

13.7 Démantèlement et remise en état

La durée d'exploitation d'un parc éolien est de l'ordre de 20 à 25 ans, imposé surtout par la durée de vie d'une éolienne performante du moment. Cette période venant à terme, plusieurs alternatives sont possibles :

- La production d'énergie est reconduite pour un nouveau cycle avec de nouvelles éoliennes (Repowering).
- La production est arrêtée et le parc est démantelé.

Le décret n°1991-2005 du 11 juillet 2005 relatif à l'EIE exige la remise en état des lieux. Les modalités d'application des dispositions relèvent de l'avis de l'ANPE et des engagements du maître d'ouvrage dans le cadre du PGES établi en cours de cette étude.

Le maître d'ouvrage doit honorer ses engagements auprès des propriétaires et des exploitants des parcelles concernées par les projets, dans le cadre contractuel des accords fonciers préalablement signés avec eux, à démanteler et remettre en état les lieux.

La loi en vigueur en Tunisie n'exige pas de garanties financières pour assurer ce type d'activités en fin de vie des projets de parcs éoliens.

Les mesures à prendre intéressent notamment les milieux physique et biologique, et les mesures pour la santé et sécurité au travail.

Mesures en faveur du milieu aquatique

Des mesures pour prévenir les risques de pollution du sol et des eaux concernent essentiellement la phase des travaux de démantèlement :

- Aucun stockage d'hydrocarbures ou autres produits dangereux ne doit être autorisé sur le site.
- Aucun rejet direct des eaux usées ne doit être effectué ou permis (sanitaires, lavage, etc.).
- L'entretien des camions et engins de chantier doit s'effectuer hors du site. Aucune vidange, aucun lavage ne sera toléré sur le site d'implantation.
- La base de la tour des éoliennes peut servir de cuvette de rétention en cas de fuite d'huile sur un de ses éléments. Les hydrocarbures (huiles) seront alors pompés et traités par une société spécialisée.

Mesures en faveur du milieu biologique

Ces mesures ont été développées dans la partie relative aux travaux de chantier précédente. Ce sont :

- Les mesures à observer en faveur de la faune de la flore et des habitats.
- Les mesures d'ordre général et de sécurité du chantier et des riverains (organisation des travaux, milieu humain, santé et sécurité au travail, protection des riverains, mesures en faveur des communications et du trafic, hygiène et sécurité, respect des cultures et gestion des déchets qui sont en majorité recyclables).

Estimation des coûts : mesures de réduction, compensation et d'accompagnement.

Tableau 64 : Coûts des mesures réductrices (PM : C'est une locution utilisée pour dire qu'il y a bien un impact, qu'il faut retenir mais qui ne nécessite pas de dépenses, pour mémoire. ; À évaluer : nécessité de conduite d'une étude rigoureuse en début d'exploitation pour évaluer les coûts de mesures palliatives : bridage de certaines éoliennes par exemple)

PHASE DE PRÉCONSTRUCTION (DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS EXISTANTS) ET CONSTRUCTION						
Composantes de l'environnement		Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Mesures d'atténuation	Objectif	Coût DTN
Durée des travaux	Travaux	Durée du chantier	Gênes diverses et perturbation des milieux	· Réduire autant que possible la durée des travaux	Eviter toutes sorte de gênes	PM
DÉCHETS INERTES		Démolition des plateformes de service des éoliennes obsolètes et de leurs fondations.	Déchets encombrants	· Stockage des déchets dans des endroits dédiés pour les utiliser dans la phase de chantier ultérieure ; · Éliminer les déchets inutiles dans des endroits ou décharges autorisées.	Pas de déchets encombrants sur le site	
Paysage	Paysage	travaux de chantier	Perturbation de la flore	Réfection des haies et/ou des accotements endommagés. Remise en état du réseau routier et des chemins. Réouvertures des fossés busés (ruissèlement).	Remise en état du site à des fins de travaux	PM
Composante biophysique	Air/atmosphère	Circulation ; démolition des éoliennes, des fondations et des câblages	Pollution de l'air par la poussière (PM10) en suspension à la suite des travaux de démolition des équipements	· Arrosage par temps de vents forts ; · Port d'EPI.	Eviter toutes sorte de gênes, même aux travailleurs de chantier	PM
	Sols	Débroussaillage	Dégradation du sol à la suite des travaux démolition des fondations et remise en état par hydroensemencement	· Réduire au maximum les superficies à défricher ; · Utiliser les techniques de défrichement les moins dommageables ; · Minimiser la suppression de couverture végétale au sol, même temporaire.	Remise en état du site à des fins de travaux	PM
				· Limiter la surface utile des travaux de forage et remettre les lieux en état.		
		Travaux de génie civil	Dégradation du sol à la suite des travaux de forage			

PHASE DE PRÉCONSTRUCTION (DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS EXISTANTS) ET CONSTRUCTION						
Ecosystèmes biologiques	Eaux	Vidanges et stockage des hydrocarbures	Contamination de l'eau de surface et souterraine à la suite du déversement accidentel d'hydrocarbures aux chantiers (engins, équipements des éoliennes).	- Mettre en place des plaques en dessous des bacs pour éviter les égouttures ; - Respecter les procédures existantes d'emploi, d'entreposage des produits combustibles, et d'élimination des hydrocarbures usagés, afin de limiter les risques de pollution et d'accidents. - Interdire strictement les dépôts de carburant et d'huile sur le site. Toute opération de ravitaillement devra se faire en dehors du site.	Interdire la contamination du site	PM
		Production des déchets solides, liquides, et banals	Mauvais entreposage des déchets solides (débris de métaux, bois, plastiques, cartons, piles, déchets ménagers et assimilés, etc.).	- Ranger et quantifier les déchets par catégorie et les déposer aux endroits appropriés ; - Enlever régulièrement les déchets selon leurs catégories par des sous-traitants spécialisés et autorisés pour leur recyclage ou leur élimination.	Interdire le dépôt de déchets encombrants	
	Flore / Végétation	Création d'accès temporaires au chantier et démolition des fondations	Destruction d'espèces végétales	Ne pas installer d'éoliennes ou tout aménagement sur les zones accueillant les espèces et les habitats patrimoniaux.	Préserver les espèces et les habitats patrimoniaux	PM
			Dépôts de poussières sur les plantes et destruction d'espèces par décapage	Dégradation et destruction de la végétation	Réduire autant que ce peut les surfaces de décapage pour les fondations et pour l'aménagement et le réaménagement des accès.	
	Faune et petite faune	Destruction de la faune et de son habitat	Destruction possible de petite faune et insectes par décapage de plateformes, de décapage des sols.	Sensibiliser les techniciens et agents de maîtrise à la préservation de la faune ;	Minimiser la perturbation de la faune	PM

PHASE DE PRÉCONSTRUCTION (DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS EXISTANTS) ET CONSTRUCTION						
	Avifaune	travaux de démolition des fondations, création d'accès, collision, etc.	Effarouchement et perturbation possible de l'avifaune ; risque de destruction des nids et de collision.	Éoliennes en pylône, grande taille (vitesse de rotation des pales faibles), pas d'éclairage la nuit, sauf balisage réglementaire.	Mouvement bas du rotor, ce qui dégage un volume de vol plus important à la base. Éviter la mortalité des espèces migratrices nocturnes	PM
				· Effectuer les travaux préférentiellement hors période de reproduction.	Limiter la perturbation de la reproduction des oiseaux protégés nichant dans les maquis, garrigues et grandes cultures.	6 000
		· Interdiction d'effectuer des travaux pendant la période de reproduction (mars-juin).				
		· Réduction de l'éclairage pendant la nuit pour éviter la mortalité des espèces nocturnes.				
		· Suivre et protéger les nichées des oiseaux.				
	Fondation et mise en place des éoliennes			· Prévenir la destruction de maquis et de garrigues. S'éloigner autant que possible des zones boisées ou bocagères · Éviter tout travail de nuit, surtout pendant les mois de juin - juillet	Limiter la mortalité des espèces	A évaluer
				Éviter l'installation ou l'utilisation de lumière qui pourrait attirer des insectes près des éoliennes	Limiter l'attraction des espèces vers les pâles	PM
Sécurité et sante	Humaine	Démolition des équipements et infrastructures (fondations, plateformes)	Accidents corporels et chutes libres pour la réalisation de travaux à hauteur, électrocution	· Exiger l'intervention de personnels et techniciens spécialisés ;	Avoir les équipements adéquat	PM
				· Porter obligatoirement les équipements de protection individuelle (EPI).		
				· Établir et exécuter un plan HSE		
			Nuisance sonore due aux travaux de démolition	· Travaux réalisés de jour entre 7h00 et 18h00 ne devant pas dépasser 85 dBA sur site.	Eviter la nuisance sonore	

PHASE DE PRÉCONSTRUCTION (DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS EXISTANTS) ET CONSTRUCTION						
				Travaux réalisés de jour entre 7h00 et 18h00 ne devant pas dépasser 55 dBA audibles par les riverains.		
Composante humaine	Aspects socio-économiques et culturels	Fermeture et repli du chantier	Perte d'emploi de la main d'œuvre travaillant aux chantiers.	Sensibiliser les travailleurs sur la bonne gestion de fonds et de l'épargne.	Sensibiliser les travailleurs même en phase pour la fin des travaux	PM
	Sécurité	Transport	Risque de chute d'objet ou d'accidents	Recouvrir les bennes par des bâches en cours de transport.	Pas de risques d'accidents	PM
				Assurer le balisage des lieux.		
				Réduire la vitesse de circulation des engins sur chantier notamment.		
				Éviter la circulation aux heures de pointe en dehors du chantier.		
				Contrôler l'état des voies, et des accès sur le chantier.		
		Montage d'éoliennes, travaux en hauteur	Chute libre et blessure corporelle à la suite des travaux à hauteur à l'aide de grues	Port obligatoire des EPI à tous les travailleurs sur le chantier et pour les travaux en hauteur).	Sécurité des travailleurs	
		Pose de câblages et raccordements	Risque d'électrocution	- Port obligatoire des EPI à tous les travailleurs sur le chantier. - Assurer la déconnexion totale des câbles du réseau électrique.		
				Bruit	Dépassement de la norme	
		Tous les milieux	Perturbation des milieux (naturel et humain)		Démantèlement après exploitation	

PHASE D'EXPLOITATION						
Composantes de l'environnement		Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Mesures d'atténuation	Objectif	Coût DTN
	Sols	Stockage des hydrocarbures	Contamination du sol par les déchets solides souillés par des hydrocarbures.	Mettre en place des plaques sous les conteneurs de stockage pour empêcher des égouttures à souiller le sol ;	Eviter toute contamination	PM
				Les huiles usagés et matériaux souillés durant les opérations d'entretien ou de maintenance doivent être enlevés et éliminés.		
	Eaux	Hydrocarbures	Contamination des eaux de surface et souterraines	Prévenir la contamination des sols ;	Eviter toute contamination et encombrement de déchets	PM
				Décapage du sol contaminé et élimination des déchets dans une décharge autorisée.		
		Ruissèlement	Inondations des surfaces cultivées	Entretenir les caniveaux, les rigoles et les buses destinées à l'écoulement des eaux de surface.		
				Production de déchets solides		
Collecte et élimination des déchets de manière régulière.						
Écosystème biologique	Faune et petite faune	Accès au site et aux éoliennes	Effarouchement de faunes et destruction de petite faune	Prendre les précautions nécessaires à ne pas perturber la faune dans les voisinages ;	Minimiser la perturbation de la faune	PM
				Prévenir la destruction de la petite faune pouvant reconquérir les voies d'accès et les plateformes de service des éoliennes.		
	Avifaune	Éolienne en service	Risque de collision	Éclairage réduit pendant la nuit	Limiter le risque de collision des oiseaux avec les éoliennes.	PM
				Éviter de rendre les abords des plates-formes attractifs aux oiseaux,		

PHASE D'EXPLOITATION						
Composantes de l'environnement		Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Mesures d'atténuation	Objectif	Coût DTN
				Arrêt temporaire saisonnier des turbines à la demande pour éviter la mortalité par collision des oiseaux planeurs migrants		
				Mener un suivi de l'avifaune pendant la phase de construction et au moins pendant les 2 premières années d'exploitation		
				Mener un suivi de la mortalité des oiseaux due aux collisions avec les turbines.		
	Chiroptères	Éolienne en service	Risque de collision et barotraumatisme	Conduire les études pour surveiller la mortalité autour des éoliennes.	Suivi complémentaire souhaité	PM
				Continuer le suivi de l'activité des chauves-souris avec des détecteurs automatiques pendant au moins deux ans.		
				Mise en drapeau et augmentation de la vitesse de vent de démarrage	Réduire la probabilité de collision des espèces contre les pâles	
				Évitez l'installation ou l'utilisation de lumière qui pourrait attirer des insectes près des éoliennes. L'éclairage doit être le strictement nécessaire en raison de sécurité. La lumière utilisée ne doit pas comprendre ni ultraviolet ni bleu (éclairage >540 nm ou <2700 K).		
				Éviter de rendre les abords des plates-formes attractifs (par boisage par ex.).		

PHASE D'EXPLOITATION						
Composantes de l'environnement		Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Mesures d'atténuation	Objectif	Coût DTN
				Un plan de bridage préventif de toutes les éoliennes doit être mis en place au cas où des espèces migratrices sont reconnues (Serotine bicolore, Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, et Noctule de Leister, essentiellement).		
Gestion du parc	Maintenance	Maintenance des éoliennes	Risques de dysfonctionnement	Contrôle à distance SCADA ;	Eviter les risques de dysfonctionnement	PM
				Contrôles réguliers sur le site du parc.		
		Travaux en hauteur	Risque d'accident	Conduire les travaux par des techniciens spécialisés et certifiés pour le travail en hauteur.	Eviter les accidents	
Mile humain et servitudes	Bruit	Éoliennes	Dépassement des normes	Contrôler régulièrement les niveaux de bruit ;	Conformité des installations à la réglementation et normes	40 000
				Conduire les études nécessaires pour le bridage éventuel des éoliennes les plus proches des habitations en relation avec la perte de production. Campagne de réception		
	Ombrage	Éolienne	Dépassement de la norme	Conduire les études d'ombrage sur les éoliennes installées ;	Conformité des installations aux normes	40 000
				Planter des rideaux d'arbustes et d'arbres (des espèces indigènes et locales, e.g. du type d'habitat comme le Caroubier ou le Mûrier) entre les éoliennes et les habitations affectées.		
	Balisage	Éoliennes	Gêne du trafic aéronautique	Contrôler régulièrement le système de balisage	Synchronisation du balisage du projet avec celui	700 000

PHASE D'EXPLOITATION					
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Mesures d'atténuation	Objectif	Coût DTN
			Assurer la synchronisation du balisage entre les éoliennes du Repowering et les éoliennes de la Tranche 3 du parc maintenu en service.	de la ligne d'éoliennes existante (tranche C)	
	Radiation électromagnétique	Interférence audiovisuelles	Conduire les études nécessaires sur ce type d'interférences ;		
			Équiper éventuellement la zone de dispositifs antibrouillage.		
	Émissions Hertziennes	Éoliennes	Gêne sonore	conduire les études nécessaires sur les émissions hertziennes ; Prendre les dispositions nécessaires pour prévenir cette gêne pour les habitations affectées.	

Tableau 65 : Coûts des mesures d'accompagnement (PM : pour mémoire)

MESURES D'ACCOMPAGNEMENT				
Espèces	Milieus impactés	Mesures	Objectif	Coût DTN
Milieu biologique	Avifaune	Suivi et protection des nichées	Favoriser le développement de la biodiversité ; localiser les nids avant les moissons, et protection en partenariat avec les exploitants agricoles.	200 000
	Chiroptères	Suivi des habitudes de vol, collision et mortalité	Meilleure connaissance des impacts du parc éolien et affiner le bridage préventif au besoin	300 000
Paysage		Habillage du poste de livraison	Meilleure intégration du poste dans le paysage	PM
TOTAL				500 000

14 PLAN DE GESTION ENVIRONNEMENTALE ET SOCIALE

Le PGES est un outil d'application concrète aux deux niveaux du processus d'évaluation environnementale et sociale, et de la gestion du projet de manière globale. La KfW applique les Politiques de Sauvegardes Environnementale et Sociale de la Banque Mondiale et les lois nationales qui spécifient les exigences relatives à un système de gestion environnementale et sociale donné. Cette procédure vise particulièrement à s'assurer de la justesse de l'évaluation des impacts environnementaux et sociaux, et à atténuer et mitiger autant que possible, les impacts découlant des travaux de préconstruction, de construction, d'exploitation et de démantèlement des équipements et aménagements du Repowering du parc de Sidi Daoud.

14.1 Objectifs du PGES

Les objectifs du PGES sont comme suit :

- Les activités de démantèlement des éoliennes existantes et autres équipements obsolètes (câblages, transformateurs, générateurs) sont entrepris en conformité avec toutes les exigences légales découlant du processus d'autorisation environnementale du projet.
- Les activités de construction des nouvelles 13 éoliennes et aménagements connexes (voies d'accès, fondations, voies d'accès, nouveaux câblages et autres équipements).
- Les activités d'exploitation, de gestion et de maintenance des équipements de Repowering
- Les engagements environnementaux et sociaux du projet sont bien compris et appliqués par le personnel des chantiers et par les équipes de gestion et de maintenance
- La politique de sauvegarde environnementale et sociale de la Banque Mondiale et la législation nationale dans le domaine de l'environnement sont respectées pendant les activités de préconstruction, de construction et d'exploitation du projet.

De façon plus spécifique, le PGES assure :

- La concrétisation de tous les engagements du Maître de l'Ouvrage (STEG) vis-à-vis de l'environnement et de la communauté locale.
- La précision des problématiques environnementales relatives aux activités du projet durant tout son cycle de vie, mais aussi de la planification et des procédures adéquates pour gérer ces problématiques.
- Détermination des responsabilités des partenaires et du personnel-clé du projet, relativement au PGES.
- Communication des informations issues du PGES aux autorités gouvernementales et aux communautés concernées.
- Établissement des actions correctives à mettre en place le cas échéant.

Les entités suivantes doivent être impliquées dans la mise en œuvre du présent PGES :

- La STEG.
- L'ANPE (pour le contrôle de l'application du PGES).
- La Mairie.
- La Mission de contrôle (STEG/KfW).
- Le Constructeur et les entreprises sous-traitantes.
- Les ONG œuvrant dans le secteur de l'environnement, de l'énergie, du patrimoine, de l'éducation, etc.

14.2 Mesures de bonification et d'atténuation

Les mesures de bonification portent sur la recherche des voies et moyens pour permettre à la nation, aux communautés locales et aux populations bénéficiaires d'améliorer leurs profits des bienfaits du projet.

Le programme d'atténuation comprendra les mesures d'atténuation des impacts environnementaux et sociaux négatifs justifiés, d'importance forte ou moyenne et donc les actions qui en découlent. Le tableau ci-après répertorie les mesures de bonification et/ou d'atténuation des impacts positifs et négatifs significatifs du Projet.

Tableau 66 : Mesures de bonification et/ou d'atténuation des impacts positifs et négatifs significatifs du Projet

PHASE DE PRÉCONSTRUCTION (DÉMANTÈLEMENT DES ÉQUIPEMENTS EXISTANTS)								
Composantes de l'environnement		Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Institution responsable	
							Mise en œuvre	Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants :
DURE	Travaux	Durée du chantier	Gênes diverses et perturbation des milieux		• Réduire autant que possible la durée des travaux	Moyenne	STEG/Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
	Travaux	Démolition des plateformes de service des éoliennes obsolètes et de leurs fondations.	Déchets encombrants		• Stockage des déchets dans des endroits dédiés pour les utiliser dans la phase de chantier ultérieure ; • Éliminer les déchets inutiles dans des endroits ou décharges autorisées.	Moyenne	Entrepreneur	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
COMPOSANTE BIOPHYSIQUE	Air/atmosphère	Circulation ; démolition des éoliennes, des fondations et des câblages	Pollution de l'air par la poussière (PM10) en suspension à la suite des travaux de démolition des équipements		• Arrosage par temps de vents forts ; • Port d'EPI.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité.
	Sols	Débroussaillage	Dégradation du sol à la suite des travaux démolition des fondations et remise en état par hydroensemencement		• Réduire au maximum les superficies à défricher ; • Utiliser les techniques de défrichement les moins dommageables ; • Minimiser la suppression de couverture végétale au sol, même temporaire.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
	Eaux	Vidanges et stockage des hydrocarbures	Contamination de l'eau de surface et souterraine à la suite du déversement accidentel d'hydrocarbures aux chantiers (engins, équipements des éoliennes).		• Mettre en place des plaques en dessous des bacs pour éviter les égouttures ; • Respecter les procédures existantes d'emploi, d'entreposage des produits combustibles, et d'élimination des hydrocarbures usagés, afin de limiter les risques de pollution et d'accidents. • Interdire strictement les dépôts de carburant et d'huile sur le site. Toute opération de ravitaillement devra se faire en dehors du site.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
ECOSYSTÈMES BIOLOGIQUES	Végétation	Création d'accès temporaires au chantier et démolition des fondations	Destruction d'espèces végétales		• Procéder à la replantation et à l'hydro-ensemencement des surfaces des travaux.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE, Ministère de l'Agriculture et Municipalité
	Faune et petite faune	Destruction de la faune et de son habitat	Destruction possible de petite faune et insectes par décapage de plateformes, de décapage des sols.		• Sensibiliser les techniciens et agents de maîtrise à la préservation de la faune ;	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE, Ministère de l'Agriculture et Municipalité

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011

Août2023

	Avifaune	Travaux de démolition des fondations, création d'accès, collision, etc.	Effarouchement et perturbation possible de l'avifaune ; risque de destruction des nids et de collision.		- Sensibiliser les techniciens et les agents de maîtrise à la préservation de l'avifaune - Planifier les travaux préférentiellement en dehors de la période de reproduction (mars-juin) , sinon les travaux ils seront saisonnalisés suivant l'occurrence ou non de nidification sur le site selon l'accompagnement de l'ornithologue qui s'en chargera aussi de repérer les nids des oiseaux nicheurs dans les champs et les protéger lors des moissons afin de promouvoir leurs reproduction en dehors du site de projet.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, Ministère de l'Agriculture, ANPE
	Chiroptères	Défrichement des espaces de chasse,	Perturbations ou destruction du territoire de chasse et risques de collision		- Sensibilisation des techniciens et agents de maîtrise à la préservation de la faune protégée. - Prévenir la destruction de maquis et de garrigues. - Éviter tout travail de nuit, surtout pendant les mois de juin - juillet	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, Ministère de l'Agriculture, ANPE
SECURITE ET SANTE	Humaine	Démolition des équipements et infrastructures (fondations, plateformes)	Accidents corporels et chutes libres pour la réalisation de travaux à hauteur, électrocution		- Exiger l'intervention de personnels et techniciens spécialisés ; - Porter obligatoirement les équipements de protection individuelle (EPI). - Établir et exécuter un plan HSE	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
			Nuisance sonore due aux travaux de démolition		- Travaux réalisés de jour entre 7h00 et 18h00 ne devant pas dépasser 85 dBA sur site. - Travaux réalisés de jour entre 7h00 et 18h00 ne devant pas dépasser 55 dBA audibles par les riverains.			
SOCIOECONOMIQUE	Aspects socio-économiques	Travaux de démontage, de démolition des fondations et recyclage de composantes (métaux)		Création d'activités économiques et de richesse.	- Prioriser le recrutement local de la population pour certains emplois (à compétence équivalente) ; - Sous-traiter certaines activités (avec les entreprises locales afin de renforcer leur expertise technique et d'améliorer leurs capacités financières	Forte	STEG/Entrepris	ANPE, Municipalité

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011

Août2023

PHASE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION								
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Institution responsable		Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants :
						Mise en œuvre		
DURÉE	Travaux	Durée du chantier	Gênes diverses et perturbation des milieux		Réduire autant que possible la durée des travaux	Moyenne	STEG/Entreprise	ANPE, Municipalité
COMPOSANTE BIOPHYSIQUE	Air/atmosphère	Circulation, travaux de fouille, terrassements et construction de plateformes	Pollution de l'air par des particules en suspension à la suite des différents travaux		- Arrosage par temps de vents forts ; - Port d'EPI.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
	Sols	Stockage des hydrocarbures	Contamination du sol par les déchets solides souillés par des hydrocarbures.		- Mettre en place des plaques sous les conteneurs de stockage pour empêcher des égoutures à souiller le sol ; - Toute opération d'entretien ou de maintenance est strictement interdite sur le site. Il en est de même du ravitaillement en carburant	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
		Travaux de forage pour approvisionnement en eau industrielle	Dégradation du sol à la suite des travaux de forage		Limiter la surface utile des travaux de forage et éviter les pertes d'eau en cours d'essais sur toutes les étendues agricoles.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, DGRE, ANPE et Municipalité
		Création de nouvelles voies temporaires d'accès au chantier	Dégradation des sols		- Limiter les surfaces à découper ; - Stocker et conserver les sols décapés pour réutilisation	Faible	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE, Ministère de l'agriculture et Municipalité
		Travaux de génie civil	Dégradation du sol à la suite des travaux de forage		Limiter la surface utile des travaux de forage et remettre les lieux en état.			Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
	Eaux	Stockage des hydrocarbures	Contamination des eaux de surface et souterraines par infiltration des d'		- Bien conditionner les déchets, les déposer aux endroits appropriés et respecter les procédures existantes d'emploi et d'entreposage des produits combustibles - Les dépôts de carburant et d'huile sur site doivent être soigneusement gardés et contrôlés. - En cas de déversement accidentel, décaper le sol et éliminer le déchet dangereux dans un site autorisé	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
		Production des déchets solides, liquides, et banals	Mauvais entreposage des déchets solides (débris de métaux, bois, plastiques, cartons, piles, déchets ménagers et assimilés, etc.).		- Ranger et quantifier les déchets par catégorie et les déposer aux endroits appropriés ; - Enlever régulièrement les déchets selon leurs catégories par des sous-traitants spécialisés et autorisés pour leur recyclage ou leur élimination.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011

Août2023

PHASE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION								
Composantes de l'environnement		Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Institution responsable	
							Mise en œuvre	Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants :
ÉCOSYSTÈME BIOLOGIQUE	Végétation	Dépôts de poussières sur les plantes et destruction d'espèces par décapage	Dégradation et destruction de la végétation		• Réduire autant que ce peut les surfaces de décapage pour les fondations et pour l'aménagement et le réaménagement des accès.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, ANPE, Ministère de l'agriculture.
	Faune et petite faune	Destruction de la faune et de son habitat	Destruction possible de petite faune et insectes par décapage de plateformes, de décapage des sols pour la création d'accès et travaux de fondation.		• Sensibiliser les techniciens et agents de maîtrise à la préservation de la faune.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE, Ministère de l'Agriculture et Municipalité
	Avifaune	Fondation et mise en place des éoliennes	Perturbation possible de l'avifaune et de l'espace de vie ; risque de collision et de destruction des nids.		• Sensibiliser les techniciens et les agents de maitrise à la préservation de l'avifaune. • Planification des travaux en dehors de la période de reproduction (mars-juin). • Réduction de l'éclairage pendant la nuit pour éviter la mortalité des espèces nocturnes. • Suivre et protéger les nichées des oiseaux. • Mener un suivi de l'avifaune pendant la phase de construction par un ornithologue expérimenté suivant le même protocole utilisé dans la présente étude des oiseaux.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, Ministère de l'Agriculture, ANPE
	Chiroptères	Défrichement des espaces de chasse (fondations), et création d'obstacles (éoliennes).	Perturbations ou destruction du territoire de chasse et risques de collision.		• Sensibilisation des techniciens et agents de maitrise à la préservation de la faune protégée. • Prévenir la destruction de haies, de maquis et de garrigues. • Utiliser les routes existantes, en évitant la dégradation de la végétation. • Minimiser l'étendue de la zone à perturber pendant la construction des éoliennes. • Éviter tout travail de nuit, surtout pendant les mois de juin – juillet.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, Ministère de l'Agriculture, ANPE
COMPOSANTE	Aspects socio-économiques et culturels	Travaux	Création d'emplois directs et indirects	Activités de bureaux d'études, sociétés sous-traitantes (transport, gestion de déchet.	• Prioriser le recrutement local de la population pour certains emplois (à compétence équivalente). • Sous-traiter certaines activités (avec les entreprises locales afin de renforcer leur expertise technique et d'améliorer leurs capacités financières.	Majeure	Entreprise	Mission de Contrôle, Municipalité, Autorités régionales

PHASE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION								
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Institution responsable		
						Mise en œuvre	Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants :	
			transport), recrutement de la main d'œuvre locale et amélioration du niveau de vie de la population, etc.					
	Renforcement des capacités	Formation de jeunes cadres	Formation du personnel de l'entreprise et différents acteurs du Projet	Élaborer les différents modules de formation sur la gestion environnementale et sociale, hygiène-santé et sécurité, énergies renouvelables, bilan carbone et changements climatiques, etc.	Majeure	Entreprise/STE G	Ministère de l'Agriculture, ANPE	
	Renforcement des capacités	Formation des travailleurs	Formation du personnel de l'entreprise et différents acteurs du Projet	Elaborer une formation pour la sécurité routière (plan d'intervention d'accès et de circulation, et de balisage	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, Municipalité	
	Marché de sous-traitance	Développement du petit commerce autour du site	Augmentation des revenus des riverains	Sensibiliser les populations riveraines sur l'épargne.	Majeure	Entreprise	Mission de Contrôle, Municipalité	
	Sous-traitance de services	Recrutement des Petites et Moyennes Entreprises locales pour la construction et la fourniture des équipements.	Sous-traitance de certaines activités avec les PME locales (travaux de fouille, terrassement, maçonnerie, reboisement, évacuation des déchets solides, etc.)	Renforcer l'expertise technique et améliorer la capacité financière des PME locales.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, Municipalité	

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011

Août2023

PHASE D'EXÉCUTION DES TRAVAUX DE CONSTRUCTION								
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Institution responsable		
						Mise en œuvre	Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants :	
	Fermeture et repli du chantier	Perte d'emploi de la main d'œuvre travaillant aux chantiers.		Sensibiliser les travailleurs sur la bonne gestion de fonds et de l'épargne.	Majeure	Entreprise	Mission de Contrôle, Municipalité	
SECURITE ET SANTE	Santé	Travaux de fouille	Émission de poussières sur le site et dans les environs du chantier (aménagement des voies, fouilles de fondations, coulage de béton)	- Sélectionner des techniciens expérimentés. - Protection du personnel. - Sensibilisation populations riveraines. - Arrosage des sites de chantier en cas de vents forts.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, ANPE	
	Sécurité	Transport	Risque de chute d'objet ou d'accidents	- Recouvrir les bennes par des bâches en cours de transport. - Assurer le balisage des lieux. - Réduire la vitesse de circulation des engins sur chantier notamment. - Éviter la circulation aux heures de pointe en dehors du chantier. - Contrôler l'état des voies, et des accès sur le chantier.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, ANPE, Municipalité	
		Montage d'éoliennes, travaux en hauteur	Chute libre et blessure corporelle à la suite des travaux à hauteur à l'aide de grues	Port obligatoire des EPI à tous les travailleurs sur le chantier et pour les travaux en hauteur).	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, Constructeur, ANPE	
		Pose de câblages et raccordements	Risque d'électrocution	- Port obligatoire des EPI à tous les travailleurs sur le chantier. - Assurer la déconnexion totale des câbles du réseau électrique.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle,	
		Bruit	Dépassement de la norme	Maintenir l'intensité de bruit en dessous de 85 dBA sur le site de chantier, et en dessous de 55 dBA le jour pour les riverains.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, ANPE	

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011
Août2023

PHASE D'EXPLOITATION							
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Impacts négatifs potentiels	
						Mise en œuvre	Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants :
PRODUCTION ENR	Parc éolien		Production d'électricité, création de richesse.	Encourager l'exploitation de l'énergie mécanique du vent.	Majeur	STEG	Municipalité
MILIEU BIOPHYSIQUE	Air	Parc	Production d'énergie propre sans émanations de GES	- Impact positif ami de l'environnement à encourager ; - Évitement de la combustion de fuel fossile et d'émissions des GES	Majeur	STEG	ANPE et Municipalité
	Sols	Stockage des hydrocarbures	Contamination du sol par les déchets solides souillés par des hydrocarbures.	- Mettre en place des plaques sous les conteneurs de stockage pour empêcher des égouttures à souiller le sol ; - Les huiles usagés et matériaux souillés durant les opérations d'entretien ou de maintenance doivent être enlevés et éliminés.	Moyenne	STEG	ANPE et Municipalité
	Eaux	Hydrocarbures	Contamination des eaux de surface et souterraines	- Prévenir la contamination des sols ; - Décapage du sol contaminé et élimination des déchets dans une décharge autorisée.	Mineure	STEG	ANPE et Municipalité
		Ruissèlement	Inondations des surfaces cultivées	Entretien des caniveaux, les rigoles et les buses destinées à l'écoulement des eaux de surface.	Mineure	STEG	ANPE et Municipalité
		Production de déchets solides	Pollution des eaux par des déchets divers	- Stockage des déchets dans des lieux dédiés ; - Collecte et élimination des déchets de manière régulière.	Mineure	STEG	ANPE et Municipalité
	Faune et petite faune	Accès au site et aux éoliennes	Effarouchement de faunes et destruction de petite faune	- Prendre les précautions nécessaires à ne pas perturber la faune dans les voisinages ; - Prévenir la destruction de la petite faune pouvant reconquérir les voies d'accès et les plateformes de service des éoliennes.	Mineur	STEG	ANPE et Municipalité
ÉCOSYSTÈME BIOLOGIQUE	Avifaune ¹²	Éolienne en service	Risque de collision	- Éclairage réduit pendant la nuit - nArrêt temporaire saisonnier des turbines à la demande pour éviter la mortalité par collision des oiseaux planeurs migrateurs - Mener un suivi de l'avifaune pendant la phase de construction et au moins pendant les 2 premières années d'exploitation - Mener un suivi de la mortalité des oiseaux due aux collisions avec les turbines.	Majeur	STEG	ANPE et Municipalité
	Chiroptères	Éolienne en service	Risque de collision et barotraumatisme	- Conduire les études pour surveiller la mortalité autour des éoliennes ainsi que de faire des tests de disparition des cadavres et de l'efficacité du contrôleur (sur cinq ans), pour corriger les données obtenues. - Continuer le suivi de l'activité des chauves-souris avec des détecteurs automatiques pendant au moins deux ans.	Moyen	STEG	ANPE et Municipalité

¹² Plus de détail est dans le paragraphe 13.6.1

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011

Août2023

PHASE D'EXPLOITATION								
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Impacts négatifs potentiels		
						Mise en œuvre	Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants :	
				- Mise en drapeau et augmentation de la vitesse de vent de démarrage - Évitez l'installation ou l'utilisation de lumière qui pourrait attirer des insectes près des éoliennes. L'éclairage doit être le strictement nécessaire en raison de sécurité. La lumière utilisée ne doit pas comprendre ni ultraviolet ni bleu (éclairage >540 nm ou <2700 K). - Éviter de rendre les abords des plates-formes attractifs (par boisage par ex.). - Un plan de bridage préventif de toutes les éoliennes doit être mis en place au cas où des espèces migratrices sont reconnues (Serotine bicolore, Pipistrelle de Nathusius, Noctule commune, et Noctule de Leister, essentiellement).				
GESTION	Maintenance	Maintenance des éoliennes	Risques de dysfonctionnement	- Contrôle à distance SCADA ; - Contrôles réguliers sur le site du parc.	Mineur	STEG		
		Travaux en hauteur	Risque d'accident	Conduire les travaux par des techniciens spécialisés et certifiés pour le travail en hauteur.	Mineur	STEG		
Mile humain et servitudes	Bruit	Éoliennes	Dépassement des normes	- Contrôler régulièrement les niveaux de bruit ; - Conduire les études nécessaires pour le bridage éventuel des éoliennes les plus proches des habitations en relation avec la perte de production.	Moyen	STEG		
	Ombrage	Éolienne	Dépassement de la norme	- Conduire les études d'ombrage sur les éoliennes installées ; - Planter des rideaux d'arbustes et d'arbres (des espèces indigènes et locales, e.g. du type d'habitat comme le Caroubier ou le Mûrier) entre les éoliennes et les habitations affectées.	Moyen	STEG		Municipalité
	Balisage	Éoliennes	Gêne du trafic aérien	- Contrôler régulièrement le système de balisage - Assurer la synchronisation du balisage entre les éoliennes du Repowering et les éoliennes de la Tranche 3 du parc maintenu en service.	Majeur	STEG		OACA, Ministère des transports.
	Radiation électromagnétique	Éoliennes	Interférence audiovisuelles	- Conduire les études nécessaires sur ce type d'interférences ; - Équiper éventuellement la zone de dispositifs antibrouillage.		STEG		Marie, Tunisie Télécom
	Émissions Hertzienne	Éoliennes	Gêne sonore	- Conduire les études nécessaires sur les émissions hertziennes ; - Prendre les dispositions nécessaires pour prévenir cette gêne pour les habitations affectées.		STEG		Municipalité

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011
Août2023

PHASE DE DÉMANTÈLEMENT								
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Impacts négatifs potentiels		Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants
						Mise en œuvre		
DURÉE	Travaux	Durée du chantier	Gênes diverses et perturbation des milieux		Réduire autant que possible la durée des travaux	Moyenne	STEG/Entreprise	ANPE, Municipalité
DÉCHETS	Travaux	Démolition des plateformes de service des éoliennes obsolètes et de leurs fondations.	Déchets encombrants		- Stockage des déchets dans des endroits dédiés pour les utiliser dans la phase de chantier ultérieure ; - Éliminer les déchets inutiles dans des endroits ou décharges autorisées.	Moyenne	Entrepreneur	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
COMPOSANTE BIOPHYSIQUE	Air/atmosphère	Circulation ; démolition des éoliennes, des fondations et des câblages	Pollution de l'air par la poussière (PM10) en suspension à la suite des travaux de démolition des équipements		- Arrosage par temps de vents forts ; - Port d'EPI.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité.
	Sols	Débroussaillage	Dégradation du sol à la suite des travaux démolition des fondations et remise en état par hydroensemencement		- Réduire au maximum les superficies à défricher ; - Utiliser les techniques de défrichement les moins dommageables ; - Minimiser la suppression de couverture végétale au sol, même temporaire.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
	Eaux	Vidanges et stockage des hydrocarbures	Contamination de l'eau de surface et souterraine à la suite du déversement accidentel d'hydrocarbures aux chantiers (engins, équipements des éoliennes).		- Mettre en place des plaques en dessous des bacs pour éviter les égouttures ; - Respecter les procédures existantes d'emploi, d'entreposage des produits combustibles, et d'élimination des hydrocarbures usagés, afin de limiter les risques de pollution et d'accidents. - Interdire strictement les dépôts de carburant et d'huile sur le site. Toute opération de ravitaillement devra se faire en dehors du site.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
ÉCOSYSTÈMES	Végétation	Création d'accès temporaires au chantier et démolition de la fondation	Destruction d'espèces végétales		Procéder à la replantation et à l'hydro-ensemencement des surfaces des travaux.	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE, Ministère de l'Agriculture et Municipalité
	Faune et petite faune	Destruction de la faune et de son habitat	Destruction possible de petite faune et insectes par décapage de plateformes, de décapage des sols.		Sensibiliser les techniciens et agents de maîtrise à la préservation de la faune ;	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE, Ministère de l'Agriculture et Municipalité

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011

Août2023

PHASE DE DÉMANTÈLEMENT								
Composantes de l'environnement	Source d'impact	Impacts négatifs potentiels	Impacts positifs potentiels	Mesures d'atténuation/bonification	Appréciation impact	Impacts négatifs potentiels		Suivi et supervision permanents de la STEG avec les intervenants suivants
						Mise en œuvre		
	Avifaune	Effarouchement de l'avifaune, travaux de démolition des fondations, création d'accès, collision, etc.	Effarouchement et perturbation possible de l'avifaune ; issue de destruction des nids et de collision.		- Sensibiliser les techniciens et les agents de maîtrise à la préservation de l'avifaune. - Planifier les travaux en dehors de la période de reproduction (avril-juillet)	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, Ministère de l'Agriculture, ANPE
	Chiroptères	Défrichement des espaces de chasse,	Perturbations ou destruction du territoire de chasse et risques de collision		- Sensibilisation des techniciens et agents de maîtrise à la préservation de la faune protégée. - Prévenir la destruction de maquis et de garrigues.	Moyenne	Entreprise	Mission de contrôle, Ministère de l'Agriculture, ANPE
SECURITE ET SANTE	Humaine	Démolition des équipements et infrastructures (fondations, plateformes)	Accidents corporels et chutes libres pour la réalisation de travaux à hauteur, électrocution		- Exiger l'intervention de personnels et techniciens spécialisés ; - Porter obligatoirement les équipements de protection individuelle (EPI). - Établir et exécuter un plan HSE	Moyenne	Entreprise	Mission de Contrôle, ANPE et Municipalité
			Nuisance sonore due aux travaux de démolition		- Travaux réalisés de jour entre 7h00 et 18h00 ne devant pas dépasser 85 dBA sur site. - Travaux réalisés de jour entre 7h00 et 18h00 ne devant pas dépasser 55 dBA audibles par les riverains.			
SOCIOECONOMIQUE	Aspects socio-économiques	Travaux de démontage, de démolition des fondations et recyclage de composantes (métaux)		Création d'activités économiques et de richesse.	- Prioriser le recrutement local de la population pour certains emplois (à compétence équivalente) ; - Sous-traiter certaines activités (avec les entreprises locales afin de renforcer leur expertise technique et d'améliorer leurs capacités financières	Forte	STEG/Entrepris	ANPE, Municipalité

14.3 Mesures de prévention des risques

L'entreprise exécutant les travaux devra respecter et appliquer les lois et règlements sur l'environnement en vigueur en Tunisie et les politiques de sauvegarde de la Banque mondiale.

Dans l'organisation journalière du chantier, toutes les mesures appropriées doivent être prises en vue de minimiser les atteintes à l'environnement et à la sécurité du personnel et des populations riveraines du chantier en appliquant les prescriptions du contrat. Elle doit aussi veiller à ce que son personnel respecte ces mesures et les applique dans la transparence. Un **règlement interne** doit être préparé et affiché au niveau du chantier. Ce règlement doit mentionner spécifiquement :

- Le rappel sommaire des bonnes pratiques et comportements sur le chantier (ce qu'il faut faire et ce qu'il ne faut pas faire sur le chantier en matière de protection de l'environnement, des règles d'hygiène de gestion des déchets, de sécurité et de protection, les dispositions en cas d'urgence, etc.) ;
- Les règles de sécurité (signalisation du chantier, limitation de vitesse des véhicules à 50 km/h en agglomération, interdiction de consommer de l'alcool en cours de travail et sur le chantier, interdiction de fumer dans le chantier, le port obligatoire d'EPI, des zones interdites aux personnes étrangères au chantier, etc.).

Un code de bonne conduite doit être affiché en un endroit visible du chantier. Ce code portera sur les principaux comportements attendus du travailleur pour répondre aux exigences de l'entreprise et le type de relation à développer avec les visiteurs et toute la population riveraine. Le code de bonne conduite comprendra aussi les mesures visant à prévenir les risques de violence sexiste et d'exploitation et de sévices sexuels.

L'analyse des activités en cours de travaux de préconstruction (démolition des éoliennes, équipements et aménagements obsolètes) et du Repowering du parc éolien de Sidi Daoud, mais aussi les activités d'exploitation et de maintenance mettent en évidence l'importance de risques de plusieurs catégories pouvant nécessiter la mise en place des mesures efficaces détaillées dans le tableau suivant.

Tableau 67 : Mesures de prévention des risques

PHASE	SOURCE DE DANGERS	RISQUE	MESURES DE PREVENTION	RESPONSABILITE DE LA MESURE DE PREVENTION	RESPONSABILITE DU SUIVI ET SUPERVISION
CHANTIER DE PRÉCONSTRUCTION ET CONSTRUCTION	Circulation des véhicules et fonctionnement des engins et autres machines sur les chantiers	Dommages dus aux vibrations	- User d'un balisage clair sur toutes les voies d'accès et voies de service sur le parc ; - Établir et afficher un plan de circulation et de fonctionnement des engins.	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
		Blessures ou pertes de vie dues aux accidents	- Informer les travailleurs des risques probables sur le chantier. - Sensibiliser les travailleurs et les populations riveraines aux risques de chantier. - Être à jour avec les contrôles techniques des véhicules et autres engins de chantier. - Équiper les engins lourds d'avertisseurs sonores.	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
		Nuisance sonore sur le chantier	- Ne pas faire fonctionner les engins lourds en dehors des heures de travail.		
		Accidents de circulation	- Mettre à disposition des véhicules adaptés. - Entretenir périodiquement les véhicules et engins. - Installer les panneaux de signalisation et de réduction des vitesses sur les chantiers. - Organiser les déplacements à l'intérieur et à l'extérieur du site du parc. - Interdire l'alcool au volant ou sur le site du parc.		
	Fourniture, entreposage et manutention des équipements et de matériaux.	Chute ou glissement de matériel	- Sensibiliser les ouvriers sur les risques encourus. - Élaborer et mettre en œuvre un plan d'entreposage des équipements et des matériaux. - Élaborer et mettre en œuvre un plan d'information et de consultation des parties prenantes. - Travaux en hauteur et soulèvement de matériels (grue) à effectuer par des conducteurs et techniciens qualifiés.	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité

PHASE	SOURCE DE DANGERS	RISQUE	MESURES DE PREVENTION	RESPONSABILITE DE LA MESURE DE PREVENTION	RESPONSABILITE DU SUIVI ET SUPERVISION
		Écrasement lié à la manutention & chocs liés à la manutention	- Organiser les postes de travail pour supprimer ou diminuer les manutentions. - Utiliser des moyens de manutention adéquats : transpalette par exemple. - Port obligatoire des EPI. - Équiper les charges de moyens de préhension : poignée par exemple. - Former le personnel à adopter des gestes et postures appropriées.	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
	Effondrement des matériels	Stockage des matériaux en vrac et gravats issus des démolitions des fondations, de bâtiments, et de plateformes sur leurs sites.	- Organiser les stockages (emplacements réservés, modes de stockage adaptés aux objets, largeur des allées compatibles avec les moyens de manutention utilisés. - Signaler tous les endroits dangereux - Port obligatoire des EPI sur le chantier	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
	Mauvaise signalisation des fouilles	Trébuchements et glissades	- Signaler les travaux - Utiliser du matériel réflectorisé et des fanions pour la protection. Garder les lieux. - Remblayer les excavations le plus rapidement possible.	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
	Stockage / utilisation des carburants.	Incendie	- Organiser les stockages (prévoir des lieux de stockage séparés pour le gasoil) à des distances réglementaires par rapport aux habitations et des lieux sensibles (végétation par exemple). - Établir un Plan d'intervention et d'évacuation en cas d'incendie - Placer les extincteurs de façon visible et accessible à tous (les chemins menant à leur accès doivent être dégagés de tout obstacle) et former le personnel à leur utilisation. - Mettre en place des moyens de détection de fumée, d'incendie, (système d'alarme) - Interdiction de fumer à des endroits bien spécifiés (près des zones de stockage de carburants en particulier).)	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
	Conflit travailleurs et/ou entreprise	Conflit/arrêt de chantier/ violence sexiste	Instaurer et afficher un code de bonne conduite contenant les comportements attendus du travailleur, les mesures visant à prévenir les risques de violence sexiste et d'exploitation et de sévices sexuels.	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
	Travaux de maintenance en hauteur	Chute libre	- Port obligatoire des EPI adéquats. - Guide de conduite des travaux en hauteur.	Entreprise	Mission de Contrôle, STEG, Municipalité
DÉMANTÈLEMENT	Même sources de risques et de mesures à prendre que durant les phases de préconstruction et de construction.				

14.4 Plan de renforcement des capacités

La mise en œuvre efficace du PGES et l'atteinte des objectifs de la présente EIES passe par un renforcement des capacités techniques des acteurs qui auront la charge de la gestion environnementale et sociale du projet. Ces acteurs sont chargés de l'exécution des mesures contenues dans le PGES, du suivi et de la surveillance de l'application des mesures de mitigation.

Ces différents acteurs comprennent les agents de la STEG, du Ministère de l'Environnement, (ANPE), de la Mairie d'El Haouaria Nord, et des ONG. Le projet, par l'intermédiaire de son Unité de Gestion du Projet charge la Cellule Environnementale et Sociale de superviser et d'assurer le suivi de tous les aspects et impacts environnementaux et sociaux du projet, et de conduire l'exécution du programme de renforcement de capacité.

14.4.1 Formation en planification, en gestion et en suivi environnemental et social

Il s'agira de renforcer les capacités techniques des cadres des services du MEDD de la STEG et de l'ANPE dans le domaine de la planification, de la gestion et du suivi/évaluation des volets environnementaux et sociaux. Il faut aussi convier à ces activités, les services techniques locaux, les entreprises d'exécution de travaux et les missions de Contrôle et la Commune d'El Haouaria Nord. Cette formation se fera sous la forme d'un atelier afin d'amener les uns et les autres à s'approprier leurs rôles et responsabilités dans la mise en œuvre du PGES. Le nombre suggéré de participants est de 3 par institution, soit un total de 21 personnes bénéficiaires de la formation.

14.4.2 Information et sensibilisation des populations et des acteurs concernés

L'information et la sensibilisation des populations riveraines du chantier sera coordonnée par la Cellule Environnementale et Sociale du Projet. L'information et la sensibilisation seront axées sur les éléments suivants : les questions foncières et de cohabitation, la production d'énergie propre, les émissions de GES et le changement climatique, la gestion des déchets, la gestion des conflits, les facteurs de vulnérabilité, le risques d'accidents, l'afflux des travailleurs, hygiène santé et sécurité, l'interdiction d'embauche des enfants ; etc.

De façon opérationnelle, ces séances d'information et de sensibilisation peuvent être organisées sous forme de workshops dans chaque site urbain, par le biais d'ONG locales spécialisées en la matière. Les autorités locales devront être des relais auprès des populations pour les informer et les sensibiliser sur les enjeux du projet.

14.4.3 Budget du Plan de formation des parties prenantes

Le tableau suivant résume le budget du Plan de renforcement des capacités techniques dans le cadre de cette EIES.

Tableau 68 : Budget du plan de renforcement des capacités.

Phases du projet	Mesures visées	Acteurs	Besoins en renforcement identifiés	Responsable de la formation	Nombre de séances	Participants	Formateurs	Pause-café / Déjeuner et location de salle	Total en DTN
Construction	Information des populations riveraines sur les mesures de sécurité	Entreprise et Mission de Contrôle	Formation en techniques de communication et de plaidoyer sur les mesures de sécurité	Projet	3	10 pers x 3 séances x 30 DTN / pers = 900 DTN	1 pers x 1 jour x 500 = 500 DTN	10 DTN / jour / pers x 10 pers x 1 jour + 200 DTN par jour location de salle x 1 jour = 300 DTN	1 700
	Plan de surveillance et de suivi environnemental	CES / STEG et Mission de Contrôle	Assurer le suivi des recommandations environnementales en phase de réalisation des travaux et en phase d'exploitation	Projet	3	10 pers x 3 séances x 20 DTN / pers = 600 DTN	1pers x 3 jours x 500 = 1 500 DTN	30 DTN / jour/pers x 10pers x 3 jours + 200 DTN par jour location de salle x 3 jours = 1500 DTN	3 600
	Campagne d'information, de sensibilisation et de formation sur les politiques et technologies ENR	STEG et ONG / Spécialisée dans le domaine	Assurer la sensibilisation sur les émissions de GES et changements climatiques	Projet	4	1 600	Spécialiste choisi par la STEG	3 400	5 000
Cycle de vie du projet	Campagne de sensibilisation sur la violence basée sur le genre (VBG)	ONG Spécialisée et entreprise, mission de contrôle, Commune El Haouaria Nord.	Assurer la sensibilisation sur la VBG	Projet	4	1 600	ONG spécialisée	3 400	5 000
TOTAL									15 300

14.5 Gestion des déchets et des sols contaminés

Le chantier générera divers déchets, dont des résidus de bois, métaux, des déchets « domestiques », papiers, cartons, huiles et lubrifiants. Le Plan de gestion des déchets du chantier sera conforme aux principes des 4RVE (*récupération, réutilisation, réduction, recyclage, valorisation et élimination*). Pour ce faire, le maître de l'ouvrage devra donc s'assurer de :

- la bonne gestion des matières résiduelles en fournissant aux entrepreneurs ou en demandant à chaque entrepreneur de fournir des conteneurs appropriés en quantité suffisante pour assurer la ségrégation des matières résiduelles et rencontrer les besoins du plan de gestion des matières résiduelles selon qu'elles sont récupérables, réutilisables, recyclables ou qu'elles peuvent être valorisées.
- la collecte et l'entreposage des déchets domestiques dans des conteneurs fermés pour éviter d'attirer les animaux et l'élimination régulière de ces déchets.
- l'élimination des matières résiduelles sur des sites autorisés.
- l'enlèvement des huiles usagées par des opérateurs autorisés (SOTULUB, Tunisie).
- l'information rapportée toute découverte fortuite de sols présentant des indices visuels ou olfactifs de contamination.
- la gestion adéquate de tout sol contaminé découvert fortuitement, celui-ci devant être entreposé temporairement sur une plate-forme étanche, caractérisé et disposé en conformité avec les règlements et politiques en vigueur.
- le traitement des sols contaminés accidentellement par décapage immédiat et stockage en vue d'une élimination immédiate dans une décharge autorisée.

14.6 Gestion des matières dangereuses

Le Plan de gestion des produits chimiques, carburants et matières dangereuses aux phases de préconstruction, construction et démantèlement, a pour objectif principal de faciliter la gestion, l'approvisionnement, l'entreposage, la manipulation et l'élimination de ces produits en toute sécurité et d'empêcher tout rejet non contrôlé dans le milieu environnant récepteur. Une bonne gestion minimise les risques de contamination comme par déversement accidentel. Le projet de Repowering doit disposer d'un Plan de gestion des déchets et veillera à s'assurer que les actions suivantes qui doivent être inscrites dans ledit plan sont bien réalisées :

- Les liquides inflammables et les combustibles, ainsi que les matières dangereuses, sont entreposés et manipulés conformément aux normes applicables.
- Aucun produit chimique n'est déversé ni rejeté dans le milieu environnant récepteur.
- Tout déversement est nettoyé immédiatement ; les eaux de ruissellement contaminées et le sol contaminé devront aussi être collectés et traités ou éliminés selon une méthode approuvée par le projet et le Ministère chargé de l'Environnement (ANPE).
- Le Plan d'urgence exige la disponibilité de l'équipement d'urgence utilisable en cas de déversement accidentel ; et les ouvriers devront être formés à la mise en application du plan d'urgence au chantier.
- Les mesures de surveillance et de contrôle sont mises en place pour le transbordement, la manipulation et l'entreposage des matières dangereuses au chantier.
- Des systèmes de protection incendie et des moyens de confinement secondaires pour les installations d'entreposage sont fournis afin d'empêcher les incendies ou le rejet de matières dangereuses dans l'environnement.
- Le personnel est dûment formé aux pratiques de manipulation, d'entreposage et de confinement des produits chimiques et des matières dangereuses, en tenant compte des postes occupés ; cette formation fera partie du processus d'admission au chantier et de formation.
- Le ravitaillement en carburant des véhicules, engins et générateurs de construction/réhabilitation devra se faire dans des aires prévues à cet effet et en dehors des sites des travaux.
- Les eaux pluviales susceptibles d'être contaminées devront aussi faire l'objet d'une surveillance, pour déterminer les possibilités de traitement ou d'élimination.
- Tout déversement est rapporté immédiatement à la cellule environnementale et sociale du projet ainsi que les actions entreprises pour en minimiser les impacts.
- En cas de déversement, le plan d'urgence environnemental sur les sites est déclenché.

14.7 Plan d'hygiène, sécurité, santé et urgence

14.7.1 Objectif

Le Plan d'Hygiène, Santé, Sécurité et Urgence (PHSSU) a pour but de prévoir les mesures à mettre en place afin de maîtriser les risques et les situations découlant des activités du Projet. Le PHSSU est également le support de base qui permettra au responsable hygiène, sécurité et environnement (HSE) de l'entreprise d'instruire les travailleurs sur les risques prévus ainsi que sur la vie sociale sur site. Le responsable HSE veillera à réduire l'impact des activités du Projet sur l'environnement, mais aussi les risques d'accidents du travail, de maladies professionnelles, de nuisances sonores, etc. Dans la situation présente, peu d'activités humaines sont prévues lors de la phase d'exploitation du parc éolien ; dès lors, ce PHSSU sera particulièrement important pour les phases de préconstruction, de préconstruction et du démantèlement éventuel du parc en fin de vie.

14.7.2 Responsabilités

Responsabilités de l'employeur (Entreprise)

Pour protéger la santé des travailleurs, l'employeur doit :

- Prendre toutes les mesures dont l'expérience a démontré la nécessité, que l'état de la technique permet d'appliquer et qui sont adaptées aux conditions mises en œuvre des activités du Projet.
- Faire collaborer les travailleurs aux mesures de sécurité et de protection de la santé. Ceux-ci seront tenus de seconder l'employeur dans l'application des prescriptions de sécurité.
- Avertir les travailleurs des mesures et des précautions à prendre et en assurer le respect,
- Mise en place par l'entreprise des mesures adéquates (ci-dessous quelques-unes) de réponses aux situations d'urgences, dans leur plans d'urgence

Responsabilités des travailleurs

Si l'employeur a des obligations, le travailleur peut aussi être rendu responsable d'un accident survenu.

Dès lors, les travailleurs sont tenus de seconder l'employeur dans l'application des prescriptions sur la prévention des accidents et maladies professionnels. Ils doivent en particulier utiliser les ÉPI, employer correctement les dispositifs de sécurité et s'abstenir de les enlever ou de les modifier sans autorisation de l'employeur.

Pour ce faire, chaque travailleur est tenu de :

- Suivre les directives de l'employeur en matière de sécurité au travail et d'observer les règles de sécurité généralement reconnues.
- Utiliser les ÉPI et s'abstenir de porter atteinte à l'efficacité des installations de protection.

Lorsqu'un travailleur constate des défauts qui compromettent la sécurité au travail, il doit immédiatement prendre action à cet effet. S'il n'est pas en mesure de le faire ou s'il n'est pas autorisé, il doit aviser l'employeur dans les meilleurs délais et ne doit se mettre dans un état tel qu'il expose sa personne ou celle d'autres travailleurs à un danger. Cela vaut en particulier pour la consommation d'alcool ou d'autres produits enivrants.

Chaque travailleur doit être capable de répondre aux questions suivantes :

- Où se trouvent les voies de sorties de secours du chantier et des installations ?
- Comment appeler du secours et qui appeler ?
- Comment déclencher une alarme incendie ?
- Où se trouvent les boutons d'arrêt d'urgence des groupes électrogènes et de l'électricité ?
- Où se trouvent les moyens d'extinction (extincteurs, couvertures anti-feu, seaux de sable) ?
- Que faire si un liquide (ex : hydrocarbure) se répand sur le sol ou dans les canalisations ?
- Où se trouve la trousse de secours la plus proche ?
- Où sont affichés les numéros de téléphone d'urgence ?

Responsabilités du responsable HSE

Pour la réalisation et la mise œuvre du PHSSU, le responsable HSE doit :

- Concevoir et mettre en œuvre des plans de prévention.
- Sensibiliser les travailleurs aux questions de sécurité et de santé en organisant des exercices d'alerte-incendie ou en formant aux techniques d'intervention en cas d'accident ou pollution par des produits dangereux ou toxiques.
- Faire respecter les consignes.
- Veiller à l'application de toutes les nouvelles normes en vigueur.
- Rédiger les consignes de sécurité, depuis l'interdiction de fumer jusqu'au port des ÉPI.
- Contrôler les conditions de travail du personnel et intervenir en urgence s'il observe un risque précis.

Pour l'exercice de sa fonction, le responsable HSE doit avoir en sa possession :

- **Les documents à afficher :**
 - **En cas d'accident** : cette affiche est épurée au maximum afin qu'en cas de problème l'utilisateur puisse aller directement à l'essentiel.
 - **En cas d'incendie** : les coordonnées de la personne à contacter et la procédure à suivre, selon les circonstances, en cas d'incendie.
 - **En toute sécurité** : quelques mesures importantes afin de travailler en toute sécurité.
 - **Produits dangereux ou toxiques** : explication des symboles de ces produits.
 - **Règlement du chantier ou de la société** : à commenter aux travailleurs et à afficher sur tous les chantiers.
- **Les documents de travail :**
 - La déclaration d'accident « interne » : pour récolter un maximum d'informations au moment de l'accident.
 - La liste des fournisseurs.
 - La liste des sous-traitants.
 - Le registre des instructions.
 - Le registre des observations : pour donner la possibilité aux organes d'exécution, autres organismes et personnes d'y apposer des remarques ou suggestions.
 - Les formulaires d'évaluation des risques.
 - Les listes de contrôle du matériel.
 - Les panneaux de sécurité.
 - Les textes de lois applicables aux activités du Projet.

Pour la limitation des risques d'accidents ou leurs conséquences, les dispositions suivantes-après doivent être mises en œuvre :

- Baliser le site pour la détermination et la délimitation des zones de circulation des engins différentes des zones de circulation des piétons.
- Mettre en place des panneaux de signalisation pour limiter les accidents de la circulation.
- Doter le personnel d'équipements de sécurité adaptés ainsi que ceux de communication.
- Exécuter toute manipulation des produits dangereux ou toxiques sous surveillance constante.
- Éclairer suffisamment le site pour prévenir tout risque d'accident et faciliter l'intervention des équipes de sécurité.
- Interdire de fumer (affichage visible) dans les espaces où sont déposées ou utilisées des matières inflammables.
- Construire un abri pour le groupe électrogène sur chantier afin de le protéger contre les pluies et les eaux de ruissellement.
- Contre les incendies, prévoir des extincteurs à eau pulvérisée, des extincteurs à poudre, des extincteurs à CO₂ et des bacs de sable.
- Prévoir une alarme incendie.
- Former une équipe de première intervention qui effectue des simulations régulièrement.

- Former, informer et sensibiliser les agents sur les risques d'incendies et d'accidents.
- Prévoir des issues d'évacuation d'urgence des travailleurs.
- Mettre en place en cas de besoin avéré, un système de prétraitement des effluents avant leur rejet dans l'environnement.
- Faire visiter et contrôler régulièrement les installations par un organisme agréé.

Le but des exercices sécurité-santé est de sensibiliser et de former le personnel travaillant sur les sites à faire face aux situations d'urgence.

Reportage des accidents

Les accidents doivent être reportés dans 24 heures au maître de l'ouvrage avec tous les détails sur les actions prises pour les gérer.

La STEG a mis en place ces exigences, concernant les accidents, et des incidents dans une convention séparée. La procédure de la convention doit être appliquée.

14.8 Plan de suivi et de surveillance environnementale et sociale

Objectifs généraux

Les principaux objectifs généraux recherchés dans la mise en place d'un programme de gestion environnementale sont :

- Le respect des exigences légales et réglementaire en matière d'environnement.
- La prise en compte des aspects et exigences socio-économiques dans le cadre du projet.
- L'intégration des concepts environnementaux à la gestion courante des opérations.
- La sensibilisation de toutes les parties prenantes du projet au respect de l'environnement et faciliter leur implication.
- L'aboutissement à des objectifs de performances environnementales.

Objectifs particuliers

Il s'agit de mettre en place un plan d'action permettant d'atteindre les objectifs fixés par le programme de gestion environnementale (PGES).

Il faut identifier les actions à réaliser ou à adopter selon un ordre de priorité clairement défini. Les actions seront planifiées durant tout le cycle de vie du projet, évaluées régulièrement et adaptées s'il le faut, en tenant compte de l'évolution du système de gestion environnementale dans le temps. Ce plan d'action devra contenir les informations suivantes :

- La tenue d'un registre de conformités (réglementaires, procédurales, etc.).
- Les aspects à corriger ou à maintenir à partir du registre de conformité.
- Les impacts significatifs sur la situation environnementale.
- Les actions proposées pour corriger ou améliorer la situation.
- Les priorités d'actions.
- Les personnes responsables des actions.
- Les budgets programmés.

Paramètres de suivi

Une veille constante doit être mise en place par la mesure d'un certain nombre de paramètres de suivi. Ces paramètres permettront d'obtenir un état de la situation environnementale, et selon le cas, enclencher un certain nombre de mesures et d'actions afin de rétablir et/ou améliorer la situation environnementale et sociale.

Les principales mesures de suivi sont :

- Évaluation initiale des indicateurs.
- Suivi et contrôle du chantier : respect des mesures d'atténuation des impacts de la phase travaux.
- Suivi et contrôle de l'exploitation : respect des mesures d'atténuation des impacts de la phase exploitation.
- Suivi et contrôle du démantèlement : respect des mesures d'atténuation des impacts de la phase exploitation (gestion des déchets notamment, et remise en état des lieux).
- Établissement des rapports de suivi et de synthèse concernant l'application du PGES (*Reporting*).

14.8.1 Rôles et responsabilités

Le tableau ci-dessous résume les différentes actions à entreprendre dans le cadre du plan de gestion environnementale (PGES), des responsables de chaque action et des supports de présentation des résultats obtenus. Le responsable PGES doit être un ingénieur de la STEG, ou un ingénieur relevant de la Mission de contrôle des travaux, éventuellement accompagnés par une Assistance Technique (AT).

Tableau 69 : Activités à entreprendre pour l'évaluation de l'application des mesures recommandées dans le PGES.

Activité	Support et résultat	Responsable
Définition des paramètres environnementaux, physicochimique, humains, ..., à suivre.	Rapport sur l'évolution de ces paramètres.	Responsable PGES (STEG ou Mission de contrôle/Appui technique).
Évaluation initiale des indicateurs.	Rapport sur les indicateurs.	Responsable PGES (STEG ou Mission de Contrôle/Appui technique).
Évaluation de la sensibilisation de la population.	Rapport sur les actions de sensibilisation.	Responsable PGES (STEG ou Mission de contrôle/Appui technique).
Suivi et contrôle du chantier.	Rapport sur l'avancement des travaux et le respect des mesures d'atténuation.	Responsable PGES (STEG ou Mission de contrôle/Appui techniques).
Suivi et contrôle de l'impact des travaux sur la population.	Analyses et rapport sur les plaintes reçues.	Responsable PGES (STEG ou Mission de contrôle/Appui technique).
Rapport d'évaluation et de synthèse de l'application du PGES.	Rapports périodiques.	Responsable PGES (STEG ou Mission de contrôles/Appui Technique).
Suivi et contrôle de l'exploitation du parc, maintenance, impacts sur l'avifaune et sur les chiroptères, etc.	Rapport sur le respect des mesures d'atténuation.	Responsable PGES (STEG/Appui technique).
Suivi et contrôle de l'impact de l'exploitation sur le milieu humain (bruit, ombrage, etc.).	Analyses et rapport sur les plaintes reçues.	Responsable PGES (STEG/Appui technique).
Rapport d'évaluation et de synthèse de l'application du PGES de la phase exploitation.	Rapports périodiques.	Responsable PGES (STEG/Appui technique).
Suivi et contrôle de l'impact du démantèlement du parc.	Rapport sur le respect des mesures d'atténuation.	Responsable PGES (STEG ou Entrepreneur/Appui technique).
Suivi et contrôle de l'impact démantèlement sur le milieu humain.	Analyses et rapport sur les plaintes reçues.	Responsable PGES (STEG ou Entrepreneur/appui technique).
Rapport d'évaluation et synthèse de l'application du PGES de la phase démantèlement.	Rapports périodiques.	Responsable PGES (STEG ou Entrepreneur/Appui technique).

14.8.2 Évaluation initiale

Elle consiste à proposer un diagnostic sur la situation des milieux récepteurs en matière de gestion environnementale et sociale. Ainsi il faudra :

- Identifier les exigences légales et réglementaires à appliquer.
- Procéder à un diagnostic de la situation et déterminer le degré de conformité à la législation, à la réglementation, aux normes de rejets, de bruit, d'ombrage, respect de la biodiversité, etc.
- Faire un état de la situation initiale des zones devant recevoir des travaux (état des routes et pistes d'accès, état des sites d'implantation des éoliennes et équipements connexes, des réseaux d'évacuation d'électricité, état du milieu humain, état des nappes et captages d'eaux, etc.
- Après avoir identifié les exigences légales et les aspects environnementaux et sociaux, il est recommandé d'évaluer de façon systématique, les écarts entre la situation initiale de référence et celle observée à des cadences régulières (travaux, exploitation, démantèlement).

L'évaluation de l'état initial fait partie du rapport de l'EIES.

Cette évaluation initiale est importante essentiellement pour la phase des travaux (préconstruction et construction), dont les impacts sont nombreux. La phase d'exploitation produit beaucoup moins d'impacts.

14.8.3 Contrôle et suivi des indicateurs environnementaux durant la phase des travaux

Les paramètres de suivi environnemental durant la phase des travaux nécessaires à contrôler sont indiqués dans le tableau de suivi (tableau suivant).

14.8.4 Rapports de suivi et de synthèse sur l'application du PGES

Plusieurs types de rapports seront élaborés à ce sujet. Ils ont tous pour objectif de présenter une évaluation pertinente des travaux, et de la situation de l'environnement pour les zones traversées, les milieux sensibles et les milieux récepteurs. Ces rapports sont alignés aux exigences stipulées dans la convention séparée élaborée par la STEG.

Rapport d'activité du responsable PGES

Il porte spécifiquement sur les indicateurs que le responsable PGES et son assistant observent à travers les visites de terrain, et les analyses périodiques qu'ils établissent pour les indicateurs de pollution.

Les rapports sur l'état initial du site et les rapports d'évaluation ou d'audit devront faire référence aux conditions initiales, et porteront sur l'analyse des écarts entre les réalisations et les objectifs.

Ils établiront un diagnostic sur l'origine des écarts observés et proposeront les mesures pour y remédier.

Rapport sur les indicateurs de performance du PGES

Ce sont les indicateurs liés spécifiquement aux mesures d'atténuation proposées dans le PGES.

Tableau 70 : Indicateurs de suivi et de contrôle des mesures d'atténuation du PGES et niveau de performance exigé

Indicateurs	Niveau de performance
Travaux	
• Mesure de bruit	90 % des mesures conformes à la norme
• Trafic et communications	
• Mesure de poussière	90 % des mesures conformes à la norme
• Plainte des riverains	0 plainte
• Sécurité du chantier	0 accident majeur touchant les ouvriers ou la population
• Risques technologiques	0 risque technologique
• Respect de la faune	Absence d'infractions
• Gestion des déchets du chantier	Absence totale d'infraction
Exploitation & évacuation de l'électricité	
Bruit	Limite à définir par la STEG (possibilité de bridage, choix de machine)
Ombrage	Limite à définir par la STEG (possibilité de bridage, choix de machine)
Arrêt de production	1 fois dans l'année maximum
Respect de la faune	0 infraction
Balisage jour/nuit	0 infraction
Plaintes de riverains	0 plainte
Gestion des déchets	Absence totale d'infraction.
Phase de démantèlement	
Trafic et communication	90% des résultats conformes
Bruit	0 infractions sur les mesures préconisées
Plainte de riverains	0 plainte
Gestion des déchets	0 infractions sur les mesures préconisées
Respect de la faune	0 infractions sur les mesures préconisées
Remise en état des lieux.	90% des résultats conformes.

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011

Août2023

Tableau 71 : Programme de Suivi Environnemental et Social

Composante Environnementale	Paramètres de Suivi	Localisation	Type de Contrôle (Méthode et Equipement)	Fréquence	Norme Applicable	Responsable	Estimation Budgétaire (DTN)	Observations
Phase de Préconstruction/Construction								
Trafic et communication	Vitesse, encombrement	Chemins du chantier et routes d'accès	Constats de vitesse	Journalier	<40 sur chantier < 50 dans les agglomérations	Responsable HSE Entreprise de Préconstruction/construction (P/C) et contrôle par responsable PGES STEG + AT	5 000	À inclure dans le cahier des charges
Qualité de l'air	Poussières	Air ambiant	Prélèvement et analyses des poussières PM10	Mensuel	Décret gouvernemental 2018-447 du 18.5.2018	Responsable HSE Entreprise de P/C et contrôle par responsable PGES STEG + AT	15 000	À inclure dans le cahier des charges
Bruit	Bruit	Les différentes sources de bruit	Sonomètre	Mensuel	NT 48.252 (1989)	Responsable HSE Entreprise de P/C et contrôle par responsable PGES STEG + AT	10 000	À inclure dans le cahier des charges
Déchets	Déchets de chantier, huiles usagées, hydrocarbures, etc.	Site du chantier	Visuel	journalier	NT 41.96	Responsable HSE Entreprise de P/ Ce contrôle par responsable PGES STEG + AT	100 000	À inclure dans le cahier des charges
Rejets hydriques	Gestion des eaux usées sanitaires	Fosse septique étanche	Vérification de l'état de la fosse et de son étanchéité	hebdomadaire	Arrêté 2018-1266 du 26.3.2018	Responsable HSE Entreprise de P/C et contrôle par responsable PGES SONEDE + AT	20 000	À inclure dans le cahier des charges
Nuisances à la population	Plaintes	Sur chantier ou administration locale STEG	Registre des plaintes	mensuel	Aucune plainte	Responsable HSE Entreprise de P/C et contrôle par responsable PGES STEG + AT	-	-
	Signalisation des accès au chantier	Sur chantier	Visuel	hebdomadaire	-	Responsable HSE de l'Entreprise de P/C et contrôle par responsable PGES + AT	10 000	À inclure dans le cahier des Charges
Nuisances à la biodiversité	Destruction de la faune, effarouchement, etc.	Chantier et environs	Visuel	Hebdomadaire	0 infraction	Responsable HSE de l'Entreprise de P/C et contrôle par responsable PGES + AT	5 000	À inclure dans le cahier des Charges
Risques corporels	Nombre d'accidents de chantier	Chantier et voies d'accès	Constats	Journalier	Absence d'accidents	Responsable HSE de l'Entreprise de P/C et contrôle par responsable PGES + AT	20 000	À inclure dans le cahier des charges
Coûts de la phase de préconstruction/construction							185 000	

ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL ET SOCIAL (EIES) DU « REPOWERING » DU PARC ÉOLIEN DE SIDI DAOUD

V. Finale- Rev011
Août2023

Composante Environnementale	Paramètres de Suivi	Localisation	Type de Contrôle (Méthode et Equipement)	Fréquence	Norme Applicable	Responsable	Estimation Budgétaire (DTN)	Observations
Phase d'exploitation et d'entretien								
Bruit	Ambiance sonore	Parc	Mesures dB(A)	Mensuel	Arrêté Municipalité de Tunis	Responsable HSE exploitant et responsable PGES STEG + AT	-	Inclus dans le coût d'exploitation
Ombrage	Ombrage	Parc	Constat visuel	Mensuel	-	Responsable HSE exploitant et responsable PGES STEG + AT	-	Inclus dans le coût d'exploitation
Respect de la biodiversité	Destruction de faune et mortalité	Parc/éoliennes	Constat visuel	Bimensuel	CDB / Arrêté Ministre de l'Agriculture	Responsable HSE exploitant et responsable PGES STEG + AT	15 000	Inclus dans le coût d'exploitation
Déchets de maintenance	Déchets de chantier, huiles usagées, hydrocarbures, etc.	Éoliennes, transformateurs	Visuel	En cours de maintenance	NT 41.96	Responsable HSE exploitant et responsable PGES STEG + AT	5 000	Inclus dans le coût d'exploitation
Nuisances à la population	Plaintes	Sur parc ou administration locale STEG	Registre des plaintes	mensuel	Aucune plainte	Responsable HSE exploitant et responsable PGES STEG + AT	5 000	-
Risque technologique	Avarie de machine (Éoliennes, etc.)	Parc/éoliennes	Visuel	-	0 accident	Responsable HSE exploitant et responsable PGES STEG + AT	-	STEG
Arrêt de production	Avarie de machine (Éoliennes, etc.)	Parc/éoliennes	Visuel ou par système SCADA	-	0 arrêt	Responsable HSE exploitant et responsable PGES STEG + AT	-	STEG
Coûts de la phase exploitation							25 000	
Phase de démantèlement								
N.B. : Les activités et les coûts de la phase de démantèlement sont pratiquement que ceux de la phase préconstruction/construction plus haut, c'est un chantier en soi. La STEG pourrait opter à un nouveau Repowering, et dans ce cas, le démantèlement total du parc et la remise en état des lieux ne seront que virtuels.							-	Inclus dans le cahier des charges de travaux

14.8.5 Procédure en cas de découverte fortuite

Pour les projets de génie civil comportant des travaux d'excavation, des procédures sont normalement prévues en cas de « découverte fortuite » de biens culturels physiques enfouis.

Les procédures arrêtées dépendent du cadre réglementaire national et local qui tient compte notamment des dispositions législatives applicables à la découverte fortuite d'antiquité ou de biens archéologiques.

Note : Les recommandations générales ci-après s'appliquent aux situations dans lesquelles il sera fait appel à un archéologue. Dans les situations exceptionnelles où les travaux d'excavation sont effectués dans des régions riches en biens culturels physiques, comme un site du patrimoine mondial de l'UNESCO, un archéologue est généralement présent sur place pour surveiller les fouilles et prendre les décisions qui s'imposent. Dans ce cas, les procédures doivent être modifiées en conséquence, avec l'accord des autorités chargées des questions culturelles.

Les procédures applicables aux découvertes fortuites comprennent généralement les éléments ci-après :

Définition des biens culturels physiques

Les biens culturels physiques sont définis comme : « objets mobiliers ou immobiliers, sites, ouvrages ou groupes d'ouvrages ayant une valeur archéologique, paléontologique, historique, architecturale, religieuse, esthétique ou autre ».

Propriété

Selon les circonstances, une propriété peut être l'administration locale, l'État, une institution religieuse ou le propriétaire du site. Il arrive également que l'identité du propriétaire soit déterminée ultérieurement par les autorités compétentes.

Reconnaissance

C'est la manière avec laquelle l'entreprise reconnaîtra qu'un bien culturel physique n'est pas spécifié et l'entreprise peut exiger une clause limitative de responsabilité.

Procédure applicable en cas de découverte

Suspension des travaux :

Après la suspension des travaux, l'entreprise doit immédiatement signaler la découverte à l'ingénieur résident. Il se peut que l'entreprise ne soit pas en droit de réclamer une indemnisation pour la période de suspension des travaux.

L'ingénieur résident peut être habilité à suspendre les travaux et à demander à l'entreprise de procéder à des fouilles à ses propres frais s'il estime qu'une découverte qui vient d'être faite n'a pas été signalée.

Délimitation du site de la découverte

Avec l'approbation de l'ingénieur résident, il est ensuite demandé à l'entreprise de délimiter temporairement le site et d'en restreindre l'accès.

Non suspension des travaux

La procédure peut autoriser l'ingénieur résident à déterminer si le bien culturel physique peut être transporté ailleurs avant de poursuivre les travaux, par exemple si l'objet découvert est une pièce de monnaie ou un fossile.

Rapport de découverte fortuite

L'entreprise doit ensuite, sur la demande de l'ingénieur résident et dans les délais spécifiés, établir un Rapport de découverte fortuite fournissant les informations suivantes :

- Date et heure de la découverte.
- Emplacement de la découverte.
- Description du bien culturel physique.
- Estimation du poids et/ou des dimensions du bien.
- Mesures de protection temporaire mises en place.

Le Rapport de découverte fortuite doit être présenté à l'ingénieur résident et aux autres parties désignées d'un commun accord avec les services culturels, et conformément à la législation nationale.

L'ingénieur résident, ou toute autre partie désignée d'un commun accord, doit informer les services culturels de la découverte.

Arrivée des services culturels et mesures prises

Les services responsables du patrimoine culturel font le nécessaire pour envoyer un représentant sur le lieu de la découverte dans des délais convenus (dans les 24 heures, par exemple) et déterminer les mesures à prendre, notamment

- Retrait des biens culturels physiques jugés importants.
- Poursuite des travaux d'excavation dans un rayon spécifié autour du site de la découverte.
- Élargissement ou réduction de la zone délimitée par l'entreprise.

Ces mesures doivent être prises dans un délai donné (dans les 7 jours, par exemple).

L'entreprise peut, mais pas nécessairement, prétendre à une indemnisation pour la période de suspension des travaux.

Si les services culturels n'envoient pas un représentant dans les délais spécifiés (dans les 24 heures, par exemple), l'ingénieur résident peut-être autoriser à proroger ces délais pour une période spécifiée.

Si les services culturels n'envoient pas un représentant dans la période de prorogation, l'ingénieur résident peut-être autoriser à demander à l'entreprise de déplacer le bien culturel physique ou de prendre d'autres mesures d'atténuation et de reprendre les travaux. Les travaux supplémentaires seront imputés sur le marché, mais l'entreprise ne pourra pas réclamer une indemnisation pour la période de suspension des travaux.

Suspension supplémentaire des travaux

Durant la période de 7 jours, les services culturels peuvent être en droit de demander la suspension temporaire des travaux sur le site de la découverte ou à proximité pendant une période supplémentaire de 30 jours, par exemple.

L'entreprise peut, mais pas nécessairement, prétendre à une indemnisation pour cette période supplémentaire de suspension des travaux.

L'entreprise peut cependant être autorisée à signer avec les services responsables du patrimoine culturel un nouvel accord portant sur la fourniture de services ou de ressources supplémentaires durant cette période.

14.9 Suivi de la biodiversité

14.9.1 Suivi de l'avifaune

L'enquête sera basée sur la méthodologie de Vantages Points (VP) en hauteur pour les espèces migratrices et reproductrices/résidentes afin d'évaluer l'utilisation de la zone par les rapaces migrateurs et résidents et les oiseaux planeurs. L'enquête VPs consiste en une série de surveillances à partir d'un emplacement fixe pour quantifier l'activité de vol des oiseaux dans la zone potentiellement impactée par le projet, fournissant des données pour estimer le risque de collision.

L'inventaire des oiseaux consistera à au moins 2 sessions sur le terrain de 3 jours chacune, à la fois pour les espèces migratrices et nicheuses/résidentes.

Considérant que la zone d'étude est d'environ 15 km², 3 VPs seront sélectionnés afin de permettre à chaque observateur de détecter des individus d'oiseaux dans un rayon d'observation de 2 kilomètres, couvrant toute l'activité de vol à travers cette zone. L'emplacement des VPs sera déterminé à ce moment par l'expert local, en tenant compte de la zone d'inspection possible ; les coordonnées et les caractéristiques des VP seront signalées.

L'observation à chaque VP sera effectuée par une équipe composée d'au moins 2 observateurs et 32 heures d'observation sera nécessaire à chaque VP.

Les observations VP doivent être réparties sur toute la période du jour disponible (du lever local officiel au coucher du soleil) et elles doivent être prises dans des conditions de bonne visibilité au sol (> 2 km) avec une base de nuages suffisamment élevée pour permettre l'observation de la zone.

L'espace aérien sera balayé avec des jumelles et un télescope si nécessaire, jusqu'à ce qu'un individu soit détecté et il sera suivi jusqu'à ce qu'il cesse de voler ou soit perdu de vue ; les données suivantes seront notées :

- Nom de l'espèce ;

- Nombre d'individus ;
- L'activité des espèces (c'est-à-dire qu'à l'échelle locale, les oiseaux observés seront définis comme "migrants", s'ils ont simplement survolé la zone ou comme "résidents" s'ils ont utilisé la zone pour la chasse ou la nidification) ;
- Hauteur de vol minimum et maximum de chaque individu ;
- Direction de vol (par exemple nord/sud) ;
- Temps de vol de l'individu à travers la zone (en secondes)
- La trajectoire de vol sera tracée sur une carte (1:25.000 ou similaire)

Des fiches de données de terrain standard seront dûment compilées pour chaque enquête à chaque VP. Les données collectées pour chaque VP comprendront également :

- ID de point d'observation ;
- Coordonnées du VP ;
- Nom de l'observateur ;
- Date et heure de l'observation ;
- Conditions météorologiques ;

Les oiseaux statiques et non volants doivent être enregistrés séparément. Les observateurs doivent enregistrer les oiseaux perchés une seule fois à leur arrivée au VP, et la zone ou le site utilisé doit être marqué sur une carte. Par la suite, seuls les oiseaux volants et les oiseaux percheurs nouvellement remarqués doivent être inclus dans les résumés d'activités.

14.9.2 Suivi des chiroptères

Une enquête sur le terrain sera effectuée sous forme d'une surveillance automatisée/statique pour évaluer la fréquentation de la zone par les espèces de chauves-souris.

L'enquête sera effectuée à l'aide d'au moins 2 enregistreurs sonores de chauves-souris (par exemple, SM4 ou Batlogger) placés simultanément sur chaque point sélectionné à une distance d'au moins 40 m l'un de l'autre. Selon le rapport de STRIX, l'activité des chauves-souris la plus élevée a été observée dans les points d'échantillonnages PA3, PA7, PA15, PA19, PA22, PA25 et PA28 qui étaient les plus représentatifs et les utilisés par les chauves-souris. Par conséquent ces points seront utilisés comme points d'enregistrements fixes dans le présent suivi.

Lors de la surveillance statique, les enregistrements sonores seront effectués toute la nuit pendant au moins 4 nuits consécutives à chaque point d'enregistrement. Les appareils seront fixés sur les arbres ou sur toute structure verticale présente et programmés quotidiennement pour enregistrer automatiquement chaque passage/son de chauve-souris entre une heure avant le lever du soleil local officiel et une heure après le coucher du soleil, et récupérés à nouveau pour être écoutés tôt le matin ; la gamme de fréquences de discrimination sonore et la sensibilité sonore seront déterminées par des experts locaux.

Les sons des appareils d'enregistrement seront transférés quotidiennement vers les ordinateurs et analysés : des experts examineront d'abord ces enregistrements individuellement avec des programmes spécifiques (par exemple, Batsound, Kaleidoscope et BatScan 9), afin de distinguer et d'extraire les sons des chauves-souris. Ensuite, des sons distincts de chauves-souris seront convertis en diagrammes sonores et analysés par un programme spécifique (par exemple, Bat Explorer), qui a proposé des prédictions d'espèces de chauves-souris en comparant les sons dans la zone d'étude avec les plages de fréquences de chauves-souris disponibles dans la littérature : le nom proposé sera évalué par des experts. Il est important de noter que l'analyse des sons de chauve-souris obtenus avec des enregistreurs vocaux dans des programmes informatiques n'est jamais un moyen définitif de détermination des espèces : les déterminations des espèces sont faites en évaluant les analyses sonores, les observations sur le terrain, la littérature actuelle et les opinions des experts.

De plus, des recherches de gîtes et d'habitats seront effectuées sous forme d'enquêtes sur place à l'intérieur et autour de la zone d'étude afin d'identifier les sites potentiellement appropriés pour accueillir des gîtes de chauves-souris saisonniers ou permanents ainsi que des aires d'alimentation appropriées. Les zones à étudier doivent inclure les ressources en eau et les zones humides, les vieux arbres, les zones rocheuses avec d'éventuelles grottes, les abris pour animaux, les structures antiques ou anciennes (par exemple, les villages abandonnés et les ruines), les colonies et les zones de collecte des ordures. Les bergers et les agriculteurs seront également interrogés pour s'informer sur la

présence de chauves-souris, des grottes et des anciennes structures qui peuvent faire des perchoirs permanents et temporaires dans la région.

Si un perchoir potentiel sera identifié, ainsi que des individus seront détectés, les coordonnées de l'emplacement et les informations nécessaires seront notées.

Au cours de la surveillance automatisée/statique et des recherches de gîtes et d'habitats, des données météorologiques seront prises pour chaque jour de l'enquête, obtenues à partir de sources Internet.

14.10 Coûts estimatifs globaux du Programme de Gestion Environnementale et Sociale

Le détail des coûts globaux (dépenses + gains) évalués pour le présent PGES est présenté dans le tableau ci-dessous.

Les dépenses pour l'environnement estimées pour la mise en œuvre du PGES durant le cycle de vie du projet s'élèvent à **3 421 300 DTN**, montant moins qui est entièrement financé par le projet. C'est réellement une somme de dépense respectable et convenable, à la mesure de l'envergure du projet envisagé.

Cette somme comporte essentiellement les dépenses à réserver aux mesures de réduction/suppression des impacts sur l'environnement (30 %), et celles relatives aux les mesures d'accompagnement (13%).

Les mesures sociales (élimination des nuisances : bruits, ombrage) nécessitent un montant moins représentant 1 % de de la somme globale dépensée, et le Programme de Renforcement des Capacités, 0,4%.

La phase de démantèlement engagera des dépenses (montant moins) qui s'élèvent à **1 950 000 DTN**¹³ notamment pour le démantèlement des socles d'éoliennes, la démolition des plateformes, l'ensemencement, la dépose des éoliennes et la démolition des bâtiments.

¹³ Pour une seule éolienne, l'estimation est de 150 000 DTN.

Tableau 72 : Coûts estimatifs des mesures de bonification, d'atténuation ou compensation des impacts potentiels du PGES

N° d'ordre	Phase d'avancement du projet durant tout le cycle de vie	Dépenses	Gains
1	Phases de préconstruction et construction		
1.1.	PGES : Dépense de mesures de mitigation en phases de préconstruction et construction (bruits, trafic, poussières, protection de la faune et de la flore, etc.).	816 000	
1.2.	PGES : Suivi et mitigation des impacts	185 000	
Ss total des dépenses		1 001 000	
2	Phase d'exploitation		
2.1.	PGES Mesures d'accompagnement (avifaune, chiroptères, , etc.)	500 000	
2.2.	Renforcement des capacités des cadres	15 300	
2.3.	PGES : Suivi et application des mesures de mitigation (déchets, bruit, nuisances aux riverains, etc.).	25 000	
Sous-total des dépenses		540 300	
3	Phase de démantèlement		
3.1.	Démantèlement du parc, gestion des déchets ultimes et remise en état des lieux (13 éoliennes + socles)	1 950 000	
3.2.	Recyclage des métaux et valorisation des déchets (rebuts, machineries)		8 450 000
Sous total des dépenses		1 950 000	
Total des dépenses pour l'environnement naturel et humain, pour la formation des cadres et pour la valorisation des déchets en fin de cycle du projet		3 491 300	8 450 000

Les gains liés à la valorisation des déchets et à l'élimination des déchets ultimes : la phase de remise en état des lieux est en tout ou partie (démantèlement d'éoliennes et remplacement par d'autres) génératrice de gains, notamment par valorisation des déchets d'éoliennes en fin de vie, recyclage des métaux et élimination des déchets ultimes.

Dans le cas présent, les gains liés au recyclage des métaux et à la valorisation des déchets peuvent atteindre 8 450 000. Notons qu'il s'agit d'une somme qui est réellement dépensée pour l'environnement pour éliminer des machines devenues obsolètes en fin de vie, leurs déchets encombrants, et les métaux et plastiques associés qui sont toxiques. Cependant, ces déchets présentent une forte valeur ajoutée, et compensent/couvrent totalement toutes les dépenses précédentes (montants moins) invoquées précédemment.

Pour la durée totale de la phase de pré-construction et construction (estimée d'environ à 18 mois), la dépense pour l'environnement serait de 55 611 dinars par mois, ce qui est très respectable, et en cours de la phase d'exploitation (estimée à 20 ans), la dépense annuelle moyenne atteindrait 23 515 dinars par an, sur un total dont 15 300 dinars seront dépensés dès le départ pour la formation de jeunes cadres, mais aussi 25 000 dinars pour compenser les nuisances occasionnées aux riverains (bruits et ombrages notamment).

14.11 Modèle d'acte d'engagement relatif à la mise en œuvre des mesures environnementales et sociales

Par la présente, le Comité de Gestion du Projet (UGPO) s'engage à faire appliquer toutes les mesures environnementales et sociales contenues dans cette EIES lors de la mise en œuvre du Projet de construction de Repowering du Parc Éolien de Sidi Daoud sis dans la Commune d'El Haouria Nord (Cap Bon), Gouvernorat de Nabeul, en Tunisie.

15 DESCRIPTION DE LA ZONE C (HORS ZONE D'ETUDE)

➤ Cadrage de l'étude

Le projet concerne la construction de treize (13) éoliennes d'une puissance unitaire de 4,2 à 4,5 MW selon le choix du modèle d'éolienne à retenir, soit une puissance totale du parc de 54,6 à 58,5 MW. Ces éoliennes viendront en remplacement celles installées dans le parc éolien de Sidi Daoud existant. Ces dernières installées en deux tranches (Tranche (ou phase ou zone) A, en 2000 ; et tranche (ou phase ou zone), en 2003), sont venues en fin de vie et doivent donc être démantelées au préalable, avant l'installation des treize éoliennes de nouvelle génération.

Le présent projet de Repowering du parc éolien de Sidi Daoud ne touche que les aérogénérateurs des tranches A et B, arrivés en fin de vie. Les anciens 26 aérogénérateurs de la tranche 3 (c) de ce parc mis en service en juin 2009 seront maintenus en service pour 20 ans environ à partir de cette date, et ne viendront donc à démantèlement ou à rééquipement (Repowering) qu'à l'horizon 2030. La tranche C ne fait pas partie des TdR du présent projet.

La zone C de la localité de Borj Salhi présente des problèmes économiques, de développement et sociétaux. Les habitants du village refusent catégoriquement de payer les factures STEG depuis maintenant 10 ans. Devant cette situation, La STEG a gagné depuis 2013 toutes les procédures judiciaires contre les habitants de Borj Salhi qui refusent de payer leurs factures. Les procédures d'application de la loi à ces habitants, demeure cependant en suspens.

Néanmoins, pour surmonter les conflits entre la STEG et les habitants de la localité de Borj Salhi dans la zone C du parc, la STEG, a tenu :

- Une consultation publique et une réunion en présence de la STEG et la KfW.

La localité de Borj Salhi n'était pas concernée par l'étude de la rénovation du parc éolien. Mais pour donner suite à la demande des autorités régionales et locales et de la STEG, une consultation publique a été tenue avec des représentants de la population locale pour s'informer sur le problème et pour discuter et échanger avec les présents sur la perception des problèmes par les habitants du village de Borj Salhi.

➤ Problèmes relatifs à la zone C

Les problèmes et les sources de conflits avec la STEG sont essentiellement dus :

- Réseaux de distribution de l'électricité dans le village vétuste, avec des pannes fréquentes.
- Les risques d'accident par électrocution sont sérieux.
- Des éoliennes en proximité des habitations engendrant ainsi des nuisances.
- Des contrats de location qui sont à coût élevé.
- Manque de ligne de courant triphasé.
- Présence des déchets et des pièces à renouveler sur terrain qui présentent un risque pour l'environnement.
- Dégradation des terrains agricoles à cause de l'aménagement des pistes pour l'accès aux éoliennes.
- Déversement de l'huile à la sortie d'une éolienne.

Les solutions proposées par la population sont comme suit.

- Revoir l'aménagement des éoliennes d'une façon respectant les normes.
- Révision des contrats de location des terrains pour les éoliennes.
- Entretenir le réseau de la STEG afin d'éviter les pannes fréquentes et les dangers de l'électrocution.
- Intégrer le projet dans un processus de développement de la localité de Borj Salhi.
- Engager des jeunes diplômés et non-diplômés pour travailler dans le projet.
- Dans le cadre de la responsabilité sociétale de l'entreprise (RSE) la STEG doit contribuer au développement du village d'une façon conséquente et explicite.

➤ Études à envisager

- Conduire une étude de plan d'action de réinstallation pour la Tranche C, dont le but de mettre en place un système de compensation. Le responsable de cette étude sera la STEG.
- Accomplir une étude socioéconomique pour les projets générateurs de revenus exclusivement pour la population de Borj Salhi.

16 CONCLUSIONS

La Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz, du fait de sa connaissance de la région du Cap Bon (région d'El Haouaria), après deux décennies d'exploitation d'un parc éolien de Sidi Daoud construit en trois tranches installées sur ce territoire, a continué la réflexion du développement de la commune d'El Haouaria Nord. En effet, le fait que les éoliennes des deux premières tranches du parc, a canalisé les efforts vers un nouvel investissement pour le Repowering du parc, en maintenant les éoliennes de la tranche C (datant de 2009) en service jusqu'à l'horizon 2030.

La STEG a lancé les différents volets de l'étude d'impact préalable en faisant travailler des bureaux d'études reconnus : Barlovento (volet étude technique, volet acoustique, étude stroboscopique), COMETE Engineering (Volet écologique complet). Ces bureaux d'études ont permis d'identifier les enjeux et sensibilités de la zone de projet. D'un point de vue naturaliste, le cortège avifaunistique présent sur la zone d'étude est caractéristique des milieux agricoles ouverts et comprend un nombre d'espèces nicheuses patrimoniales modéré.

Le site du parc a été étudié en 2013 pour son rôle important lors des migrations pré- et postnuptiales. Il constitue une zone d'hivernage notable pour plusieurs espèces, et se situe aux voisinages de l'un des axes transversaux les plus importants pour la migration de l'avifaune longeant la côte Est de la péninsule du Cap Bon. L'étude ancienne et les observations et analyses dans le cadre de la présente étude indiquent que la sensibilité avifaunistique du site du Repowering, peut être considérée comme modérée.

Concernant la flore, le projet occupant la place d'un parc existant n'impacte qu'une surface supplémentaire limitée de maquis et garrigues déboisées et quelques hectares de cultures. Dès lors, l'intérêt floristique de la zone d'implantation et des voies d'accès peut être considéré comme faible voire nul. Les inventaires n'ont mis en évidence aucune espèce protégée.

Pour ce qui est des chauves-souris, le site n'est pas un haut lieu de fréquentation. La rareté des éléments structurant dans cet ensemble forestier avoisinant les cultures, explique un certain manque d'attractivité pour les chiroptères. Néanmoins, la présence des Pipistrelles communes et des Sérotines isabelles, espèces sensibles aux risques de collision, l'enjeu est demeure modéré.

Sur le plan paysager, le projet de Repowering du parc Éolien de Sidi Daoud (tranches A et B) a pour vocation à s'intégrer dans un paysage rural de plaine à cultures traversée par des chainons de collines déboisées. Ce paysage à la mer, est ouvert, suffisamment artificialisé et déjà adapté à l'industrie éolienne. Les sites Ramsar de la côte Est de la péninsule du Cap Bon se trouve hors périmètres d'étude, alors que le parc national de l'archipel de Zembra et le site protégé de la Grotte à Chauves-souris d'El Haouaria se situent dans l'air éloignée de l'étude.

Le projet a été conçu de manière à s'insère ainsi dans un contexte de renforcement de l'activité industrielle éolienne dans la zone, en respectant trois aspects :

- S'inscrire dans la continuité et aux endroits des aérogénérateurs existants, gardant ainsi la cohérence de ce parc éolien dans le paysage.
- S'appuyer sur les lignes de force du paysage rural et ses principaux traits morphologiques (chainons de collines et soubresauts de reliefs, avisant des infrastructures routières régionales à fréquentation modérée.

Le projet n'impacte globalement que les vues du périmètre proche situées de 0 à 5 km de distance. Dès que l'observateur s'éloigne de la zone du projet, les perceptions sont le plus souvent masquées par la végétation, la topographie et le bâti, ne permettant ainsi que des vues assez ponctuelles des éoliennes. Des vues simultanées sont possibles dans une direction E-W en empruntant la route régionale RR26 qui mène au chef-lieu de commune, mais elles restent limitées et s'inscrivent dans la continuité des vues imposées par le parc existant.

Les nouvelles 13 éoliennes à installer n'ont pas vocation de dénaturer l'état naturel et anthropique/technologique existant, voyant le parc de Sidi Daoud fonctionnel depuis les années 2000. Ceci n'induit aussi pas d'impacts cumulés supplémentaires.

Les impacts du démantèlement des 44 éoliennes existantes et l'implantation des nouvelles 13 éoliennes ont été identifiés avec précision. D'un point de vue paysager, de nombreuses coupes topographiques et des photomontages permettent d'appréhender les évolutions du paysage avec le parc éolien. La ligne, en appuie d'un parc existant, et facilement lisible depuis l'ensemble du territoire rend la perception du parc harmonieuse avec le paysage. La faible amplitude du parc permet de ne pas saturer l'horizon qui subit déjà l'emprise visuelle d'un parc en activité depuis les lieux de vie situés à proximité. Les enjeux naturalistes identifiés ont été pris en compte par dans la conception du Repowering.

Le PGES de l'étude a été conçu de manière bien adaptée, en identifiant les mesures de mitigation nécessaires et celles d'accompagnement. Le montant global de dépenses prévisionnelles pour le volet environnement à financer dans le cadre du projet s'élève à 3 491 300 DTN. Les dépenses pour le suivi environnemental et social, mais aussi pour le renforcement de la capacité des cadres y sont aussi intégrées.

Enfin les impacts positifs du projet sur l'environnement sont nombreux : production d'énergie propre, évitement de la consommation de fuels classiques (énergie primaire, compensation de la production de gaz à effet de serre, préservation de la ressource en eau de refroidissement dans les centrales ordinaires, création de revenus bien que temporaires pour la population locale mais aussi pour de nombreux cadres nationaux et bureaux d'études, etc. Sur le plan économique, le projet de Repowering renforce la capacité installée de la STEG pour la production d'énergie éolienne, mais ce projet est aussi générateur de revenus (TVA et TCL pour la commune locale).

17 REFERENCES CONSULTÉES

1. **Agence Nationale de Maîtrise de l'Energie 2020.** Stratégie Nationale Bas Carbone dans le secteur de l'énergie en cours de préparation par l'Agence Nationale de Maîtrise de l'Energie avec l'aide du PNUD ;
2. **Agence Nationale de Maîtrise de l'Energie, 2014.** Stratégie Nationale de Maîtrise de l'Energie 2014-2030. Objectifs, moyens et enjeux. Publié par Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH (juin 2014), 40p.
3. **Attafi, Kh., 1997.** Generality about seismicity and the seismological network of Tunisia. Bull. of IISSE, 31, 357-389.
4. **Barlovento Recursos Naturales, 2020.** Étude de démantèlement du parc éolien de Sidi Daoud (Tunisie).
5. **Barlovento Recursos Naturales, 2021.** Étude stroboscopique du parc éolien de Sidi Daoud (Tunisie).
6. **Barlovento Recursos Naturales, 2021.** Modélisation du bruit de repowering du parc éolien de Sidi Daoud (Tunisie).
7. Ben Ferjani, A., Burolet, P.F, Mejri F., 1990. **Petroleum geology of Tunisia.** Entreprise Tunisienne des Activités Pétrolières, Tunis. 194 p
8. Benouar, D. and N. Laradi, 1996. **A reappraisal of the seismicity of the Maghreb countries** - Algeria, Morocco, and Tunisia. Natural Hazards, 13, 275-296.
9. **Benouar, D., G.L. Molas, and F. Yamazaki, 1996.** Earthquake hazard mapping in the Maghreb countries: Algeria, Morocco, and Tunisia. Earthq. Engin. and Struct. Dyn., 25, 1151-1164.
10. **Commissariat Général de Développement Régional, 2018.** Nabeul en Chiffres 2018. 141p.
11. **Direction Générale des Forêts, 2012.** Évaluation économique des biens et services des forêts tunisiennes. Rapport final, Mars 2012. Ministère de l'Agriculture et de l'Environnement. 87 p.
12. **Henia, L., 1993.** Climat et bilans de l'eau en Tunisie : essai de régionalisation climatique par les bilans hydriques ; Thèse de Doctorat ès-Sciences, publication de l'Université Tunis 1 (soutenue en 1987 à l'Université Paris 4).
13. **Jiménez, M.J., M. Garcia-Fernandez, and the GSHAP Ibero-Maghreb Working Group, 1998.** Seismic-Hazard Assessment in the Ibero-Maghreb region, available at [http:// seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/report.html](http://seismo.ethz.ch/GSHAP/iberomag/report.html).
14. **KfW, 2020.** Description technique du parc éolien Sidi Daoud (Tunisie). 59p.
15. **Ministère de l'Écologie et du Développement Durable - Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie, 2020.** Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens. France, 123p.
16. **Ministère des Affaires Locales et de l'Environnement, 2019.** Rapport volontaire sur la mise en œuvre des ODD en Tunisie (2019).
17. **Ministère de l'Agriculture, des Ressources Hydrauliques et de la Pêche (2020).** ONAGRI: Pluviométrie.
18. **Molas, G.L., and F. Yamazaki, 1994.** Attenuation of earthquake ground motion in Japan including deep focus events. Bull. Seismo. Soc. Amer., 85, 1343-1358
19. **Nabli, M.A., 1995.** Essai de synthèse sur la végétation et la phyto-écologie tunisiennes. Tunis. Imprimerie Officielle de la République Tunisienne, vol 5 et 6, 542 p.
20. **Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz, 2009.** Étude d'impact sur l'environnement de la Centrale électrique éolienne 3^{ème} tranche, 34,32 MW, 26 Aérogénérateurs
21. **Société Tunisienne de l'Électricité et du Gaz, 2013.** Étude de suivi de l'avifaune de la centrale éolienne de Sidi Daoud. 86p.
22. **Verner, D., 2013.** Tunisia in a changing climate. Assessment and actions for increased resilience and development. D. Verner Editor. A World Bank Study, ref. 76186, 220p

18 ANNEXES

01. PV de la réunion de démarrage de l'enquête socioéconomique et des consultations publiques
02. Rapport de consultation publique des parties prenantes
03. Consultation publique à la Commune El Haouaria, Saheb El Jbel, avec Borj Salhi
04. Consultation publique au café avec la population concernée de Menzel Salem et Gharnem
05. Modélisation de bruit du repowering du parc éolien Sidi Daoud (Tunisie). Société Barlovento Recursos Naturales
06. Étude stroboscopique du parc éolien Sidi Daoud (Tunisie). Société Barlovento Recursos Naturales
07. Rapport final des Chauves-souris. Société STRIX. Décembre 2021
08. Rapport final des Oiseaux. Société STRIX. Décembre 2021