



Projet Eolien de Sidi Daoud

Etude d'impact sur l'environnement de la Centrale électrique éolienne 3^{ème} tranche, 34,32 MW, 26 Aérogénérateurs



30 NOVEMBRE 2009

TABLE DES MATIERES

	Page
1- Résumé non technique	
1-1 Conclusion et recommandations relatives aux impacts du projet sur le milieu naturel et socio-économique.....	4
1-2 Conclusion et recommandations relatives aux impacts du projet sur l'Avifaune.....	6
1-3 Conclusion et recommandations relatives aux impacts du projet de la nouvelle ligne électrique HT Sidi Daoued- Menzel Temime.....	9
2 - Introduction	
2-1 Contexte général du projet.....	10
2-2 Présentation générale de l'étude d'impact	11
2-3 Cadre réglementaire	12
2-4 Présentation du promoteur du projet	14
3 - Présentation du préexistant	
3-1 Première tranche	16
3-2 Deuxième tranche	16
3-3 Présentation du projet objet de l'étude d'impact.....	17
4 - Périmètre de la zone d'étude	
4-1 Région d'implantation	18
4-2 Zones d'influences	18
4-3 Description de la zone d'implantation	21
4-4 Définition de l'aire d'étude	24
5 - Alternatives du projet	
5-1 Planification du projet	25
5-1-1 Etude des variantes du projet	25
5-1-2 Nécessité économiques et environnementales	26
5-1-3 Critères de choix du site d'implantation	27
5-2 Qu'est ce qu'un aérogénérateur	28
5-3 Prévision énergétique de la centrale éolienne	28

5-4 Intérêt environnemental de la centrale éolienne	29
6 - Description du projet	
6-1 Positionnement des composantes du projet	30
6-2 Planning prévisionnel des travaux	32
6-3 Description des équipements de l'extension	32
6-3-1 Description détaillée des aérogénérateurs	30
6-3-2 Description du poste de transformation	34
6-4 Le Génie Civil	35
6-4-1 Description d'un massif support	35
6-4-2 Description des voies d'accès	36
6-5 Les ressources humains	37
6-6 Identification des nuisances environnementales	38
6-7 Démantèlement et remise en état du site	41
7 - Analyse de l'état environnemental initial	
7-1 Cadre biophysique de la zone d'étude.....	42
7-1-1 Aspect paysager	42
7-1-2 Géologie et géomorphologie	42
7-1-3 Hydrographie	44
7-1-4 Climatologie	47
7-1-5 La sismicité.....	52
7-2 Cadre biologique	52
7-2-1 Habitats naturels.....	52
7-2-2 La Flore	53
7-2-3 La Faune	57
7-3 Cadre socio-économique	59
8 - Analyse des effets du projet sur l'environnement	
8-1 Méthodologie d'évaluation des impacts environnementaux	60
8-2 Quantification des impacts environnementaux	61
8-2-1 Impacts liés à la phase chantier	61
8-2-2 Impacts liés à la phase exploitation	62
8-3 Bruit et nuisances de voisinage	64
8-4 Impacts accidentels et risques technologiques.....	64
8-5 Impacts socio-économiques	66

9 - Etude descriptif des impacts de la 3^{ème} tranche éolienne sur l'Avifaune

9-1 Contenu de l'étude d'impact sur l'Avifaune.....	67
9-2 Périmètre de la zone d'étude.....	67
9-3 Généralités sur les impacts des éoliennes sur l'Avifaune : Synthèse bibliographique....	63
9-4 Facteurs d'influence sur l'Avifaune	70
9-5 Analyse des conséquences prévisibles directes et indirectes de la troisième tranche de la centrale éolienne sur l'Avifaune.....	79

10 - Matrice d'évaluation des impacts environnementaux de la 3^{ème} tranche éolienne

10-1 Matrice des impacts de la 3 ^{ème} tranche sur l'Avifaune.....	83
10-2 Matrice des impacts cumulatifs de la 3 ^{ème} tranche éolienne sur l'environnement.....	84

11 - Mesures d'accompagnement

11-1 Mesures d'accompagnement de la phase construction.....	85
11-2 Mesures d'accompagnement de la phase exploitation	87
11-3 Mesures d'accompagnement et d'atténuation des impacts sur l'Avifaune	89

12 - Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES)

12-1 Plan de Gestion Environnemental relatif aux impacts du projet sur le milieu naturel et socio-économique	90
12-2 Plan de Gestion Environnemental relatif aux impacts du projet sur l'Avifaune.....	93

13 - Coût des mesures de protection de l'Environnementaux 94**14 - Concertation et information du publique**

14-1 Concertation publique préalable	96
14-2 Concertation publique avant mise en service	98

15 - Le bilan environnemental..... 99**16 - Conclusion générale relative à l'étude d'impact sur l'environnement du projet** 101**Annexes.....** 102

- 1 - Conformité aux politiques de sauvegarde de la Banque Mondiale
- 2 - Fiches d'enquêtes sur l'Avifaune remplies
- 3 - Présentation des Auteurs de l'Etude d'Impact
- 4 - Bibliographie

1- Résumé non technique

1-1 Conclusion et recommandations relative aux impacts du projet sur le milieu naturel et socio-économique

1-1-1 Description du projet :

Dans le cadre de l'augmentation de la part des énergies renouvelables dans la production d'électricité et dans le prolongement d'une première expérience satisfaisante du point de vue environnemental et social, la STEG se propose de procéder à l'extension de la capacité de production de la centrale éolienne de Sidi Daoud. Le site d'implantation est choisi entre les hauteurs des collines de Dj. El Hammam et Dj. Rheurmane et les côtes marines situées au Nord Est du village de Sidi Daoud appartenant au gouvernorat de Nabeul (région du Cap Bon).

L'extension concerne l'installation de 26 aérogénérateurs et l'aménagement de 4 Km de pistes et voies d'accès. La capacité de production totale du site initialement de 19,28 MW sera portée à 53.6 MW. L'énergie produite sera évacuée par le réseau HT de la STEG par une nouvelle ligne électrique reliant le poste de transformation MT/HT du site au poste de transformation de Menzel Temime.

1-1-2 Etat initial du site :

La zone d'étude est classée à climat de type méditerranéen doux et ensoleillé, la pluviométrie annuelle est de l'ordre de 591 mm, les moyennes mensuelles de température varient entre 12°C en hiver et 27°C en été. Les vents dominants sont de direction Ouest à Ouest Nord-Ouest.

Le relief est montagneux avec un sol alternant des argiles et des grès parfois lignifiées.

La faune et la flore, mise à part la courte période de chantier, ne seront pas altérées significativement.

La zone d'étude immédiate ne contient pas de variétés des espèces vivantes protégées ou dominant la région. En particulier, les impacts prévisibles du projet sur l'Avifaune sédentaire et migratrice sont considérés selon l'étude descriptive jointe comme non significatif.

Il n'existe pas de patrimoine naturel, archéologique ou culturel particulier ou protégé inventorié à proximité des plans d'installation des aérogénérateurs.

1-1-3 Evaluation des impacts sur le milieu naturel et socio économique

Le site d'implantation de la centrale éolienne est très faiblement urbanisé, l'exploitation de ce type de centrale ne génère pas d'impacts négatifs significatifs sur l'environnement.

Il confère au contraire un certain cachet esthétique au site grâce par l'intégration harmonieuse au paysage des tours élancées vers le ciel des aérogénérateurs tournant à faible vitesse.

Ce projet de 3^{ème} tranche permet de produire annuellement environ 90 GWh d'électricité propre avec économie de 20 KTEP de combustible primaire tout en évitant l'émission de 50 000 tonnes de CO₂ principal gaz à effet de serre, d'autres gaz nocifs (CO, NO_x, particules...) ainsi que les rejets hydriques et solides polluantes.

Sur le plan socio-économique, les activités initiales des agriculteurs locaux sont totalement maintenues avec insertion des voies d'accès. Ce projet constitue une alternative très intéressante pour que le pays puisse confirmer la pertinence de l'utilisation de moyens de production d'électricité à partir d'énergie renouvelable afin de minimiser la facture énergétique d'un secteur en forte progression.

Cette centrale peut aussi constituer un atout touristique pour la région en attirant un public intéressé et des retombées économiques favorables sur l'économie locale.

Dans un autre contexte, ce type d'installation permettra de renforcer l'image de marque de la Tunisie à l'échelle internationale en démontrant les efforts du pays dans l'atténuation des émissions en gaz à effet de serre grâce à la mise en œuvre d'une stratégie de Développement Durable.

1-1-4 Principales actions retenues :

L'exploitation de la centrale éolienne avec son extension engendre des nuisances environnementales qui peuvent être considérées faibles dans leur étendue et leur importance comparés aux effets d'un projet de même taille faisant appel aux technologies utilisées pour les centrales thermiques conventionnelles.

Toutefois, soucieuse du respect de l'environnement la STEG a pris en compte les impacts environnementaux du projet avant d'exploiter cette extension:

* un plan de gestion environnemental et social a été développé par la STEG et il doit être suivi par tous les intervenants impliqués dans les différentes étapes de la mise en œuvre du projet ;

* la limite maximale du niveau sonore mesurée à une distance égale à la hauteur de la tour augmentée du rayon du rotor de chaque aérogénérateur ne dépasse pas les 55 décibels ce qui ne présente pas un risque de

sensibilité pour les voisinages installés à plus d'un kilomètre des aérogénérateurs. Cependant, la STEG a programmé des campagnes de suivi périodique du facteur sonore ;

* les purges de l'huile de lubrification sont collectées dans des fûts métalliques prévus à cet effet et livrés à la SOTULUB pour recyclage ;

* il n'y a pas d'émissions atmosphériques et hydriques directes résultants de l'exploitation de la centrale (CO₂, NO_x, SO₂, métaux lourds...) ;

* les déchets solides non significatifs générés lors de l'exploitation de la centrale sont collectés puis transportés vers la décharge contrôlée d'El Haouaria ;

* les effets sur la faune et la flore sont minimaux. Ils se limitent à la coupe d'arbustes et de végétations pour aménager les voies d'accès et les supports des aérogénérateurs et à une perturbation des voies de circulation des espèces d'animaux existants ;

* l'aspect prévention des risques technologiques et prévention du personnel et des voisins est pris en compte par la STEG avant mise en service de la 3^{ème} tranche ;

* Un système de protection anti-incendie a été mis en place de manière à assurer la protection des personnes, des équipements et de l'environnement ;

* La mise à la disposition de la centrale d'un personnel formé et hautement qualifié avec une préférence accordée lors du recrutement aux habitants des localités proches ;

* la réalisation de consultations du public et des autorités locales avant et après réalisation du projet ;

1-2 Conclusion et recommandations relative aux impacts du projet sur l'Avifaune

L'extension de la troisième tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud vise à exploiter toutes les potentialités climatologiques de la zone pour produire de l'énergie électrique renouvelable.

Le choix de l'emplacement des aérogénérateurs de la troisième tranche a tenu compte de la disponibilité des terrains et de l'orientation des vents dominants qui viennent essentiellement de la direction Nord Ouest.

Les terrains occupés par la nouvelle extension sont essentiellement à vocation agricole, les aérogénérateurs de la tranche 3 sont placés le long de 3 lignes de direction principale Nord-Est, Sud-Ouest, éloignées les unes des autres d'une distance variant de 400 à 500m.

Ce terrain forme une sorte de cuvette comprise entre les hauteurs des Djebels Ghormane et El Hammam et la mer. Les aérogénérateurs sont complètement couverts par les collines environnantes et ne sont visibles qu'à partir de la mer.

Le Cap Bon constitue une zone d'importance utilisée par les oiseaux migrateurs pour la migration de printemps dans le sens Afrique- Europe, d'automne dans le sens Europe-Afrique et d'hiver pour les oiseaux d'eau.

Les oiseaux migrateurs, surtout les planeurs, utilisent les courants ascendants des hauteurs de Djebel El Haouaria pour faire la traversée de la Méditerranée sans perte excessive d'énergie. Au niveau de l'extrémité de la pointe d'El Haouaria, le couloir principal de migration des oiseaux est de direction Sud-Nord mais peut changer selon les conditions climatiques, notamment en fonction de la direction des vents. Ainsi, on a pu observer que certains groupes d'oiseaux peuvent venir des côtes Ouest ou des côtes Est mais prennent toujours la direction de Djebel Houaria pour profiter des courants ascendants et entamer leur migration.

L'enquête réalisée sur terrain auprès des exploitants et des riverains a mis en évidence que les oiseaux les plus impactés par les éoliennes sont les mouettes qui vivent sur place et qui étaient très présentes sur le site en raison de la localisation d'une décharge sauvage des déchets de la conserverie de Sidi Daoud. Cette décharge a été fermée et déménagée à environ 10 Km du site il ya un an.

La nature des mâts qui sont en pylônes et non en treillis, leur hauteur qui ne dépassent pas les collines avoisinantes, leur positionnement et leur alignement les uns par rapport aux autres et l'absence d'éclairage, constituent les principaux dispositifs mis en place pour atténuer les impacts sur l'Avifaune locale nidificatrice et migratrice.

La zone de repos des oiseaux migrateurs la plus proche est située à 7 Km du site de la troisième tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud (Forêt de Dar Chichou).

Le couloir migratoire principal le plus proche passant au dessus de Djebel El Haouaria est situé à environ 10 km du site d'implantation de la troisième tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud.

La grotte d'El Haouaria, site de nidification des chauves souris est situé à environ 10 km du site d'implantation de la troisième tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud.

Toutefois, en l'absence d'un suivi spécifique de la fréquentation par l'Avifaune sédentaire, migratrice et les chauves souris du site de la Centrale éolienne de Sidi Daoud, une étude détaillée par les ornithologues de l'Association des Amis des Oiseaux devrait être réalisée sur une période minimale d'une année (cycle biologique complet) afin de pouvoir :

- quantifier et déterminer la nature des espèces des oiseaux qui fréquentent le site des éoliennes au moment des périodes de migration.
- déterminer les impacts des aménagements de la centrale sur les espèces sédentaires du site.
- déterminer et suivre la mortalité aviaire due à la collision avec les pâles des aérogénérateurs.
- proposer si nécessaire d'autres mesures de réduction ou de compensation des impacts des aérogénérateurs sur l'Avifaune sédentaire, migratrice et des chauves-souris.

1-3 Conclusion et recommandations relative aux impacts environnementaux du projet de la nouvelle ligne électrique HT Sidi Daoued- Menzel Temime

L'exploitation de la ligne HT 90 KV Sidi Daoud- Menzel Temime pour le compte de la STEG, ne présente pas d'atteintes significatives à l'environnement, compte tenu du résultat du bilan environnemental de l'activité en question et des mesures qui seront entreprises pour la gestion des nuisances environnementales.

La mise en place de ces mesures d'atténuation a été matérialisée par le biais d'un programme de gestion environnementale (PGE) nécessitant un budget global d'environ 122.000 MDT.

Les impacts les plus importants du projet de la ligne HT se situent au niveau des risques de collisions et d'électrocution des oiseaux. Ces impacts sont minimisés par la mise en place de systèmes de signalisation des câbles conducteurs et de perchoirs sur toute la longueur de la ligne HT.

Afin de vérifier l'efficacité de toutes ces mesures d'atténuation, une étude spécifique pour l'observation et le suivi in situ de l'impact réel de la ligne sur l'Avifaune sédentaire et migratrice est recommandée.

Tous les arbres arrachés pour raison de sécurité au niveau du couloir coupe-feu de la forêt de Dar Chichou vont être remplacés au niveau de cette même forêt en collaboration étroite avec la Direction Générale des Forêts.

En outre, l'installation de ce type de projet au niveau de la zone concernée va dynamiser l'activité économique de la zone en :

* Mettant à la disponibilité de la région le réseau Haute Tension (zone qui est seulement alimentée actuellement en moyenne tension).

* Favorisant la régularité de la fourniture de l'électricité verte produite par des éoliennes dans le réseau national, ce qui va minimiser un tant soit peu les indicateurs d'émissions en Gaz à effet de serre du parc de production électrique du pays.

2- Introduction

2-1 Contexte général du projet

2- 1-1 Cadre stratégique

Avant de lancer tout nouveau projet de production et de transport d'électricité ou de gaz naturel, la Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz (STEG) cherche systématiquement à dégager le meilleur compromis possible entre leur faisabilité technico-économique, leurs impacts potentiels sur l'environnement et la sécurité de son personnel et du public.

En adoptant une telle approche, la STEG entend s'assurer que chaque nouveau projet participe au développement économique du pays de manière durable en ce qui concerne l'approvisionnement en énergie nécessaire pour répondre à une demande d'électricité qui croît au rythme de 5 % environ annuellement, tout en satisfaisant une clientèle de plus en plus exigeante en matière de qualité de service.

Dans le secteur production d'électricité, la STEG s'est engagée dans une diversification de son parc de production principalement constitué, actuellement, d'unités conventionnelles (thermiques vapeurs, turbines à gaz et cycles combinés), à travers un recours progressif aux projets de production à partir d'énergies renouvelables, malgré leur coût d'investissement encore élevé à l'échelle mondiale...

Dans ce cadre, le projet d'extension de la Centrale éolienne de Sidi Daoud, première centrale éolienne en Tunisie, va permettre d'augmenter la capacité de production d'électricité installée de ce champ éolien de **19.28 MW à 53.5 MW** et de porter la part des énergies renouvelables dans la capacité de production d'électricité de la STEG de **2.4%** à environ **3.6 %** (soit **116 MW** par rapport à une puissance totale installée de **3 312 MW** pour l'année 2007).

En effet, en complément de la ferme éolienne de Sidi Daoud, la capacité installée de la STEG comporte également 62 MW d'hydroélectricité.

2-1-2 Contraintes énergétiques et environnementales

L'augmentation de la facture énergétique du pays enregistrée ces dernières années en raison de la flambée du prix du pétrole (dont la Tunisie en grande partie importateur) a conduit le pays à

rechercher des sources d'énergies alternatives et à développer une politique de développement durable dans tous les secteurs, plus particulièrement dans le secteur électrique.

Le recours à la production d'électricité à partir de sources d'énergie propres et renouvelables, et notamment l'énergie éolienne dont le pays renferme un potentiel encore peu exploité, permettrait :

- * de limiter en partie la dépendance vis-à-vis des énergies fossiles et, de ce fait, la hausse de la facture énergétique à l'échelon national.
- * de contribuer à l'effort international d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre (GES), principales causes attribuées au changement climatique en substituant des moyens de production d'énergie peu ou non émettrices de ce type de gaz à des moyens de production faisant appel à des sources d'énergie fossiles.
- * de permettre à ces projets d'énergies renouvelables d'être inscrits dans le cadre des projets éligibles au Mécanisme pour un Développement Propre MDP prévu au Protocole de Kyoto et de bénéficier de l'incitation financière résultant de la vente des réductions d'émission de GES générées par de tels projets.
- * de promouvoir les technologies relatives aux projets d'énergie renouvelable au sein de la STEG et de développer un savoir-faire spécifique en la matière.
- * d'inciter des partenaires étrangers et des bailleurs de fonds à investir en Tunisie dans le secteur des énergies renouvelables en s'appuyant, notamment, sur les avantages procurés par le Mécanisme de Développement Propre.

2-2 Présentation générale de l'Etude d'Impact

La première version de l'étude d'impact environnemental (EIE) pour le projet d'extension de la centrale éolienne de Sidi Daoud (troisième tranche de 34,32 MW comprenant 26 aérogénérateurs) a été réalisée en mai 2006 et validée par l'ANPE- Agence Nationale de Protection de l'Environnement tunisienne- en juin 2006.

A l'occasion de la préparation d'un projet MDP relatif à cette extension l'EIE version 2006 a été mise à jour dans le cadre de la version actuelle afin de permettre à l'étude d'impact environnemental et social du projet d'être en conformité avec les directives des Politiques Opérationnelles de la Banque Mondiale.

Par ailleurs, ce projet est classé dans la **Catégorie B** selon les critères de classification des unités qui nécessitent une évaluation environnementale requise par la Banque Mondiale.

Cette étude comportera dans l'ordre les parties suivantes :

- présentation du préexistant ;
- présentation du projet ;
- démarche concernant la concertation du public ;
- définition de l'aire d'étude ;
- planning prévisionnel de réalisation du projet ;
- justification et opportunité du projet ;
- description détaillée du projet ;
- recensement des nuisances environnementales;
- analyse de l'état initial du site et de son environnement naturel et socio-économique ;
- analyse des conséquences prévisibles directes et indirectes du projet sur l'environnement ;
- mesures de réduction et de compensation des effets négatifs sur l'environnement ;
- Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES)
- résumé de l'étude.

2-3 Cadre réglementaire

Les principaux textes réglementaires régissant l'environnement en Tunisie et applicables aux projets de développement des énergies renouvelables sont les suivants (liste non exhaustive) :

- Loi n° 66-227 du 30 avril 1966, promulguant le Code du Travail (édition 2000)
Section I et II : Classification et dispositions générales relatives aux établissements dangereux insalubres et incommodes ;
- Décret n° 68-328 du 22 octobre 1968 fixant les règles générales d'hygiène applicables dans les entreprises soumises au code du travail ;
- Décret n° 82-1355 daté du 16 octobre 1982 relatif à la collecte des huiles usées ;
- Décret n° 85-56 daté du 2 janvier 1985 portant organisation des déchets dans le milieu récepteur ;
- Loi n° 85-48 du 25 avril 1985 portant encouragement de la recherche, de la production et de la commercialisation des énergies renouvelables ;

- Circulaire du ministère du commerce du 12 mai 1987 portant interdiction de l'importation en Tunisie des transformateurs et tout autres appareillages ou produits à base de PCBs ;
- Loi n° 88-91 daté du 2 août 1988 portant création de l'ANPE modifiée par la loi n° 92-115 du 30 novembre 1992 ;
- Arrêté du Ministère de l'Economie Nationale du 20 juillet 1989 décrivant la norme tunisienne **NT 106.002** en matière de rejet d'effluents dans le milieu hydrique ;
- Décret n° 93-2373 du 22 juillet 1993, portant ratification de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques, signée à New York le 9 mai 1992 ;
- Loi n° 92-72 du 03 août 1992 portant refonte de la législation relative à la protection des végétaux.
- Arrêté du Ministère de l'Economie Nationale du 28 décembre 1994 portant homologation de la norme tunisienne **NT 106.04** relative aux valeurs limites et valeurs guides des polluants dans l'air ambiant
- Loi n° 95-70 du 17 juillet 1995 relative à la conservation des eaux et du sol ;
- Loi n° 96-41 du 10 juin 1996 relative aux déchets et au contrôle de leur gestion et élimination ;
- Décret n° 2000-2339 du 10 octobre 2000 fixant la liste des déchets dangereux ;
- Décret n° 2002-693 du 01 avril 2002 relatif aux conditions et aux modalités de reprise des huiles lubrifiantes et des filtres à huile usagées et de leur gestion ;
- Loi n° 2002-55 du 19 juin 2002, portant adhésion de la République Tunisienne au Protocole de Kyoto signé le 10 décembre 1997, annexé à la convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques ;
- Arrêté du ministère de l'industrie du 15 novembre 2005 relatif à la nomenclature des établissements dangereux insalubres et incommodes ;
- **Décret n° 2005 -1991 du 11 juillet 2005**, relatif aux études d'impacts sur l'environnement remplaçant le Décret n° 91-362 du 13 mars 1991 et fixant les catégories d'unités soumises à l'étude d'impacts sur l'environnement et les unités soumises au cahier des charges ;
- Décret n° 2006-2687 du 09 octobre 2006 relatif aux procédures d'ouverture et d'exploitation des établissements dangereux insalubres et incommodes.

En outre, les principaux textes législatifs relatifs à la **protection de la faune et la flore** sont les suivants :

- Loi n° 99-42 du 10 mai 1999 relative aux semences, plantes et obtentions végétales ;
- Loi 88-20 du 13/4/1988 portant code forestier Titre 3 : protection de la nature, de la flore et de la faune sauvage- chapitre 1 : protection de la nature ;

- Loi 88-20 du 13/4/1988 portant code forestier Titre 3 : protection de la nature, de la flore et de la faune sauvage- chapitre 2 : protection de la flore et de la faune sauvages ;
- Loi 88-20 du 13/4/1988 portant code forestier Titre 3 : protection de la nature, de la flore et de la faune sauvage- chapitre 3 : parcs nationaux, réserves naturelles et forêts récréatives ;
- Loi 88-20 du 13/4/1988 portant code forestier Titre 3 : protection de la nature, de la flore et de la faune sauvage- chapitre 4 : protection des zones humides ;
- Loi 88-20 du 13/4/1988 portant code forestier Titre 3 : protection de la nature, de la flore et de la faune sauvage- chapitre 5 : Conseil national de la protection de la nature ;
- Loi 88-20 du 13/4/1988 portant code forestier Titre 3 : protection de la nature, de la flore et de la faune sauvage- chapitre 6 : police et pénalités ;
- Arrêté du 6/7/1984 portant réglementation générale du parc national des îles Zembra et Zembretta ;
- Loi 83-63 du 16/7/1986 autorisant l'adhésion de la Tunisie à la convention sur la conservation des espèces migratoires (Bonn 23/6/1979) appartenant à la faune sauvage ;
- loi 74-27 du 11/5/1974 ratifiant la convention sur le commerce international des espèces de faune et de la flore sauvage menacées d'extinction ;
- Loi 2005-13 du 26/1/2005 modifiant et complétant le code forestier ;
- Arrêté du 24/9/2008 relatif à l'organisation de la chasse pendant la saison 2008-2009 ;

Selon le code du travail tunisien et l'Arrêté du ministère de l'industrie du 15 novembre 2005 relatif à la nomenclature des établissements dangereux insalubres et incommodes, le projet de la centrale éolienne de Sidi Daoud est classé comme établissement industriel de la catégorie 2.

2-4 Présentation du promoteur du projet

La Société Tunisienne de l'Electricité 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 et sous la tutelle du Ministère de l'Industrie de l'Energie et des Petites et Moyennes Entreprises. 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 et ainsi que de la production nationale du GPL (gaz de pétrole liquéfié).

La principale mission de la STEG est ainsi de couvrir les besoins en énergie du pays en énergie dans les meilleures conditions économiques, de qualité et de respect de l'environnement et de sécurité de son personnel et des usagers.

En 2007, la consommation annuelle nationale d'électricité a été de 11 249 GWh réalisant une progression de 3,5% par rapport à l'année 2006. La pointe de consommation électrique a été de 2 416 MW, valeur enregistrée en saison estivale en date du 24 juillet 2007.

L'énergie électrique produite à partir des divers centres de production répartis sur tout le territoire tunisien est évacuée à travers un réseau haute tension (HT) maillé et interconnecté avec le réseau maghrébin à travers l'Algérie et la Libye (lui même interconnecté avec le réseau européen par l'Espagne à travers le Maroc).

Fin 2007, le réseau HT national portait sur 2 624 Km, 1 728 Km et 1 141 Km pour les niveaux de tension en 225 kV, 150 kV et 90 kV respectivement.

Il présente une bonne fiabilité et une répartition optimale dans l'approvisionnement en électricité vers les clients industriels, tertiaires et résidentiels.

Pour le secteur du gaz naturel, la STEG dispose en fin 2007 d'un réseau de transport par gazoduc en haute pression totalisant une longueur de 1 917 Km (y compris le réseau trans-Tunisien de 2 x 370 Km de 48'') et un réseau de distribution de gaz naturel en basse pression totalisant une longueur du réseau de 7 040 Km.

La consommation de combustible nécessaire à la production d'électricité a atteint 2 541 KTEP en 2007 dont 2 200 KTEP de gaz naturel, principal combustible pour les centrales thermiques (turbines à vapeur et turbines à gaz), 339 KTEP de fuel lourd utilisé comme combustible de secours des turbines à vapeur et 2 KTEP de gasoil, utilisé comme combustible de secours pour les turbines à gaz.

Actuellement, la STEG exploite un seul parc éolien de production d'électricité situé à Sidi Daoud initialement de puissance installée de 19,28 MW. L'extension de cette centrale, objet de cette étude d'impact, ramènera la puissance installée du site à 53,6 MW.

3- Présentation du préexistant

3-1 Première tranche du parc éolien

- Lieu du projet : hauteurs des collines de Djebel El Hammam et Djebel Ghormane située à 5 Km du Nord- Est du village côtier de Sidi Daoud
- Promoteur du projet : **STEG**
- Puissance électrique installée : **10 560 KW**
- Nombre d'aérogénérateurs : **32**
- Puissance unitaires des machines : **330 KW**
- Constructeur des aérogénérateurs : **MADE (Espagne)**
- Energie produite estimée : **> 25 GWh / an**
- Mise en service industriel : **août 2000.**



3-2 Deuxième tranche du parc éolien

- Lieu du projet : même zone de la première tranche (extension)
- Promoteur du projet : **STEG**
- Puissance électrique installée : **8720 KW**
- Nombre d'aérogénérateurs : **12**
- Puissance des machines :
 - 10 aérogénérateurs de 660 KW;**
 - 1 aérogénérateur de 800 KW**
 - 1 aérogénérateur de 1320 KW**
- Constructeur des aérogénérateurs : **MADE (Espagne)**
- Energie produite estimée : **> 20 GWh / an**
- Mise en service industriel : **Septembre 2003.**



3-3 Présentation du projet objet de l'étude d'impact

- Nature du projet : **Réalisation clé en main de la 2^{ème} Extension de la centrale électrique éolienne de Sidi Daoud (3^{ème} tranche)**
- Promoteur du projet : **STEG**
- Puissance électrique installée : **34 320 KW**
- Nombre d'aérogénérateurs : **26 de puissance unitaire installée de 1320 KW**
- Constructeur des aérogénérateurs : **MADE (Espagne)**
- Energie produite estimée : **environ > 100 GWh / an**
- Lieu du projet : sous basses collines de Djebel El Hammam et Djebel Ghormane à Sidi Daoud
- Durée estimée des travaux de montage : **18 mois**
- Date de mise en service industriel : **Fevrier 2009**
- Superficie totale du terrain : environ 3000 hectares (3 tranches incluses)



Photo 1 : Vue de la ligne 3 des aérogénérateurs de la 3^{ème} tranche du parc éolien de Sidi Daoud

4- Périmètre de la zone d'étude

4-1 Région d'implantation

La Carte géographique du Nord-Est Tunisien montre la région du Cap Bon ainsi que la zone d'implantation du parc éolien de Sidi Daoud et le chemin du raccordement au réseau national de transport électrique HT vers le de poste de transformation de Menzel Temime – Voir page suivante.

Le site d'implantation de la centrale est choisi sur une région du nord ouest du Cap Bon proche des cotes méditerranéenne, isolé des agglomérations urbaines et de relief montagneux, sensiblement allongé selon la direction Est-Ouest.

Il est situé entre les cotes méditerranéenne au nord, des villages de Sidi Daoud, Ghorman et de la forêt dar Chichou du sud et des montagnes d'El Haouaria du côté ouest.

L'altitude des sommets des montagnes « Djebel El Hammam » et « Djebel Ghormane », sur lesquels sont implantés les aérogénérateurs (de la 1^{ère} et de la 2^{ème} tranche), varie respectivement de 50 et de 100 m par rapport au niveau de la mer. Les aérogénérateurs de la 3^{ème} tranches sont situés sous basseinements de ces deux collines et à centaines de mètres des côtes marines.

Les coordonnées géographiques du site sont :

* latitude : 37°02'

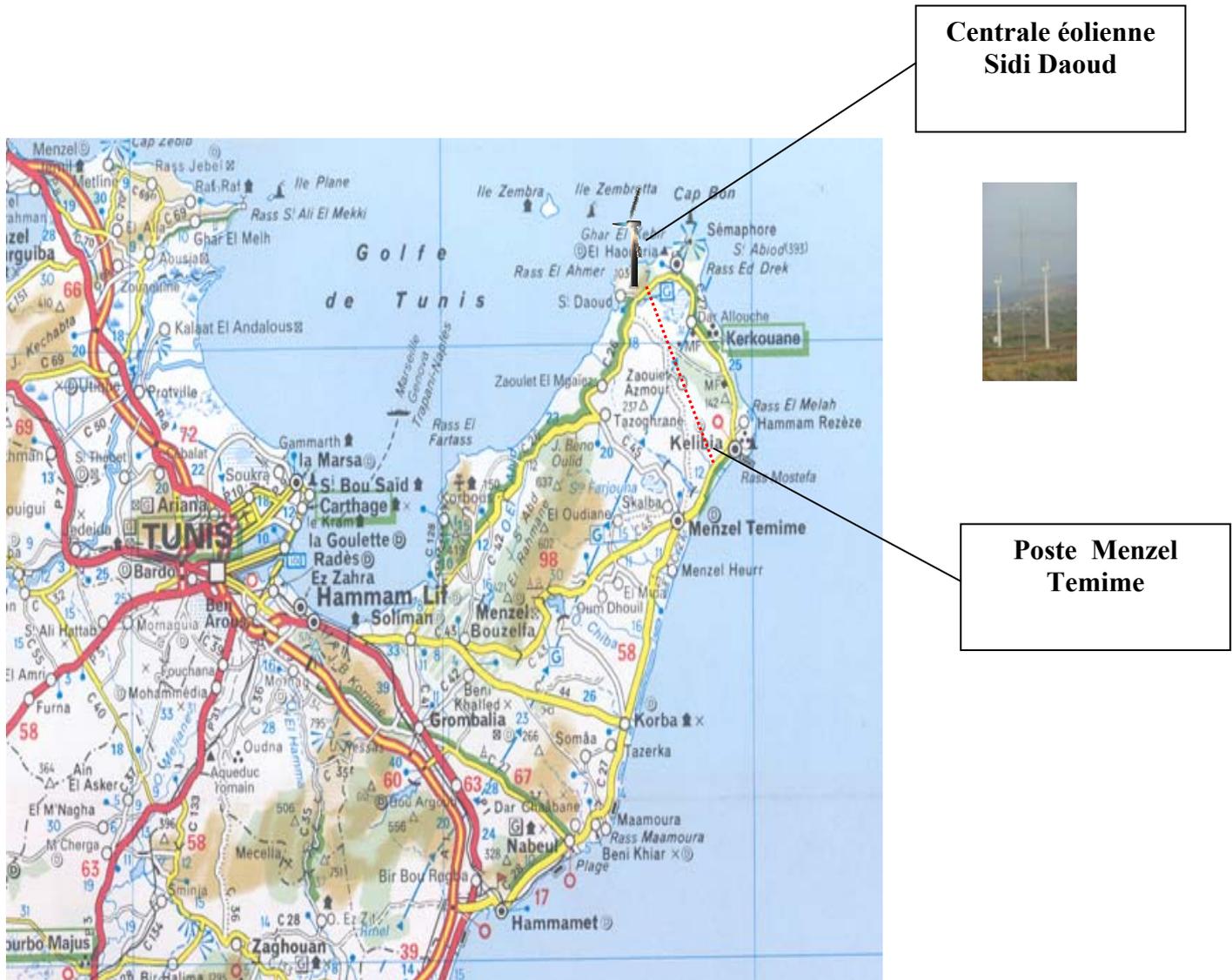
* longitude : 10°56'

Les points culminants correspondent aux sommets de Dj. El Hammam et Dj. Ghormane.

4-2 Zones d'influences

Le parc éolien, objet de cette étude, avec ces 3 tranches est situé à environ 5 km du village côtier de Sidi Daoud (800 habitants environ).

Une zone s'étalant sur une superficie couvrant un rayon d'environ 5 Km autour du site de la centrale sera prise en considération pour cette étude d'impact (voir carte du site de la figure 3).



Echelle : 20 Km



Figure 1 : Carte géographique du Nord-Est Tunisien et de la région du Cap Bon



Echelle : 1 km

Figure 2 : Carte de l'aire d'étude rapprochée du parc éolien de Sidi Daoud

4-3 Description de la zone d'implantation

Le site de la centrale dans sa totalité avec les trois tranches de machines s'étend sur superficie de 6 Km de longueur et 5 Km de largeur au Nord Est du village de Sidi Daoud (environ 3500 hectares).

Cette zone comprend tout le terrain qui relève de la STEG et utilisé pour le site éolien. Il comprend les équipements principaux et les auxiliaires nécessaires au bon fonctionnement de la centrale et à la livraison de l'électricité produite vers le réseau électrique HT (90 KV) et MT (30 KV) ainsi que les chemins d'accès aménagés par la STEG avant les phases de chantier.

Le site comporte les équipements suivants :

* les différentes machines productrices d'électricité avec leurs nacelles : Les aérogénérateurs

1^{ère} tranche : 32 machines de type AE 32 (représentées en rouge)

2^{ème} tranche (1^{ère} extension) : 10 machines de type AE 46, 1 machine de type AE 52,
et 1 machine de type AE 61 (représentées en vert)

3^{ème} extension : 26 machines de type AE 61 (représentées en bleu)

* un bâtiment administratif à deux étages qui abritent les bureaux du personnel et la salle de commande centralisée d'exploitation des 3 tranches (rectangle jaune) ;

* un nouveau poste de transformation électrique 30/90 KV de superficie 500 m² environ (constitué de 4 transformateurs de puissance avec leurs lignes et les jeux de barres) et clôturé avec un petit local de commande. Ce poste est situé à quelques mètres du bâtiment administratif ;

* Une nouvelle ligne de transport d'électricité HT (90 KV) et leurs pylônes ainsi que les deux lignes MT (30 KV) existantes avant la réalisation de la 3^{ème} tranche (une exploitée pour le réseau de distribution MT et l'autre servant de départ BT (380 V) pour alimenter la centrale) ;

Notons que tous les câbles électriques MT (30 KV) reliant les tours des aérogénérateurs vers le poste de transformation sont sous terrain.

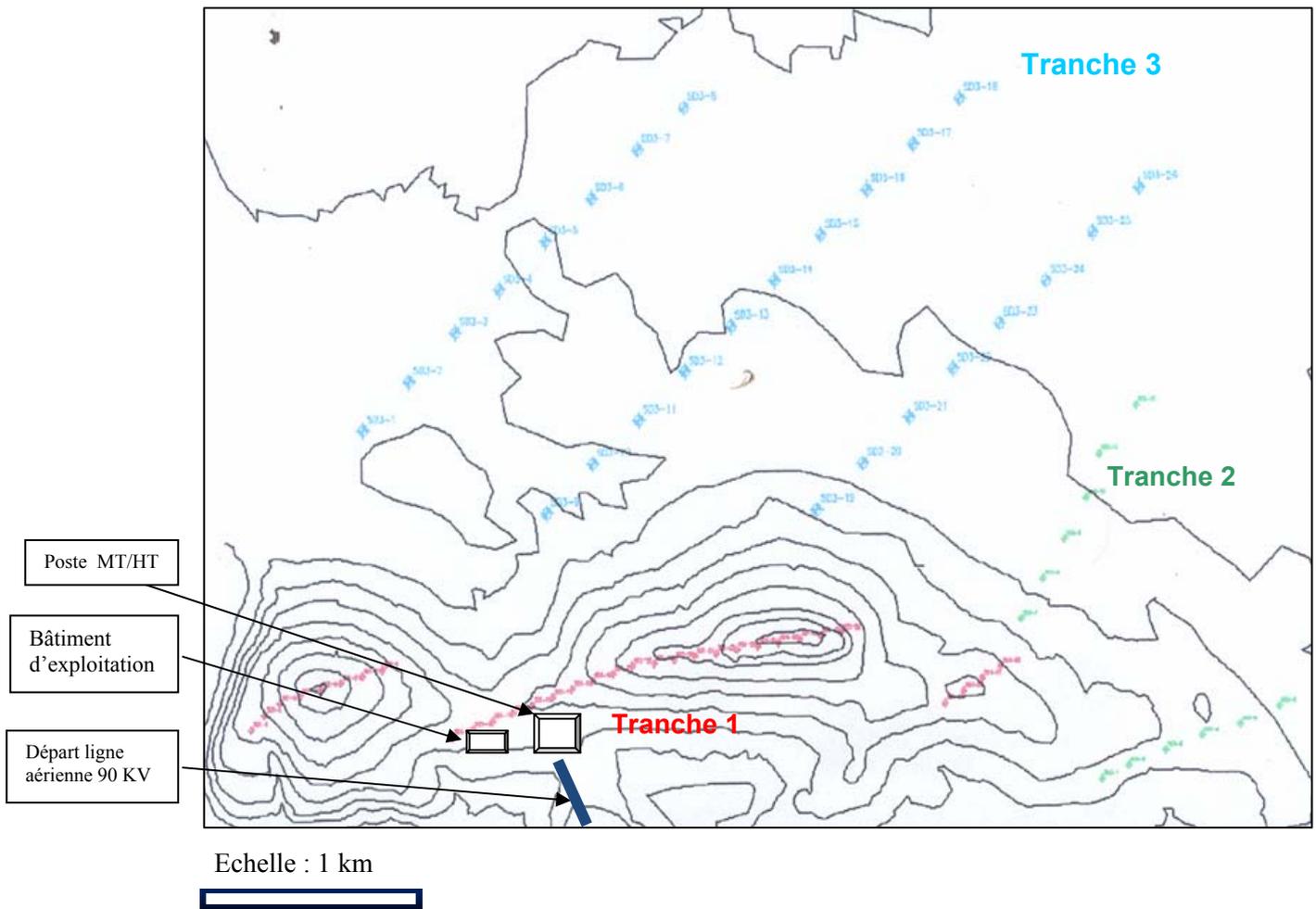


Figure 3 : Carte d'implantation des équipements et des bâtiments de la centrale éolienne



Carte GPS du site d'implantation des aérogénérateurs de la 3^{ème} tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud

4- 4 Définition de l'aire d'étude

Aire d'étude immédiate :

C'est la zone d'implantation des aérogénérateurs et des auxiliaires existant dans la centrale (distance inférieure à 1 Km). Elle est éloignée des zones urbaines ou des agglomérations des communes de la région, sauf des locaux construits par la STEG pour l'exploitation de la centrale, du poste de transformation ainsi que les fermes distinctes des agriculteurs locaux et leurs logements communs.

Aire d'étude rapprochée :

C'est la zone proche potentiellement affectée par le projet d'une distance choisie entre 1 à 5 Km du parc éolien et prise en considération comme zone d'influence. Elle compte environ 3500 habitants occupants environ 500 logements.

Les principales petites localités proches sont les suivantes : Sidi Daoud (800 habitants), Saheb Ejebel (900 habitants), Borj Essalhi (300 habitants), Menzel Salem (250 habitants), Hinchir Ghorman (250 habitants), Eban (250 habitants) et Beni Khira (200 habitants).

Dans l'analyse de l'état initial, nous présenterons les aspects généraux écologiques et sociaux de cette zone et nous mettrons en exergue les composantes susceptibles de subir directement ou indirectement les impacts négatifs et positifs du projet.

Aire d'étude lointaine :

C'est la région distante à plus de 10 Km des premières éoliennes de Sidi Daoud qui s'étend à la région ouest et sud du Cap Bon. Cette région est relativement peuplée avec un total d'environ 80 000 habitants.

Elle comporte les principales villes suivantes : El Haouaria (15000 habitants), Menzel Temime (25000 habitants), Kélibia (20000 habitants), Tamagza (5000 habitants), Boukrib (2000 habitants), Karkouan (3000 habitants), et des petites communes proches dispersées (environ 5000 habitants)

Les forêts de Dar Chichou, d'El Haouaria et celle de Djebel Abderrahman appartiennent à cette aire d'étude lointaine.

Cette zone sera prise en compte pour le recensement des espèces dominantes de la région et les effets écologiques et sociaux potentiels du projet à l'échelle régionale et territoriale.

5- Alternatives du projet

1°) Planification du projet

5-1-1 Etude des variantes du projet

Objectif du projet

Soutenir l'effort national en matière de maîtrise de l'énergie en exploitant au mieux les capacités du site afin de satisfaire la demande croissante d'électricité en ajoutant 34,32 MW à partir de l'énergie éolienne.

Comparaison des alternatives au projet

Alternative 1 : Pas de projet

- Non satisfaction des besoins en énergie électrique à court terme et nécessité de surexploiter les centrales conventionnelles livrant l'électricité au réseau de transport interconnecté.
- Perte d'exploitation d'un site caractérisé par un facteur de vent important et équipés des utilités nécessaires.

Alternative 2 : Centrale conventionnelle (turbine à vapeur /turbine à gaz /cycle combiné)

- consommation excessive en combustible et de l'eau brute (épuisement des réserves naturelles)
- pas de diversification des moyens de production électrique, basés à 98% sur des unités conventionnelles
- impact environnemental majeur (pollution atmosphérique, hydrique, solide, occupation du sol, bruit, risques technologiques élevé, mauvaise perception par les voisins...)

Alternative 3 : Centrale à énergies renouvelables

Le choix d'exploiter les énergies renouvelables pour la production d'électricité par la STEG entre dans le cadre d'une stratégie nationale de recourir aux ressources inépuisables et propres, d'économiser les énergies primaires dont le stock est en régression, de protéger l'environnement et d'opter pour une politique de développement durable. Les différentes formes d'énergie renouvelable susceptibles d'être exploitées sont présentées ci-après :

* l'énergie hydraulique : cette source paraît non économique en raison du manque de ressources hydriques du pays au cours des dernières décennies, du débit des fleuves réduit avec une priorité donnée à l'usage de l'eau pour l'irrigation par la construction des grands barrages...

* l'énergie solaire : malgré le nombre des jours d'ensoleillement du pays et la disponibilité de terrains bruts (Sahara au sud tunisien), cette source n'est pas rentable économiquement à ce jour pour la production d'électricité avec la capacité demandée.

* l'énergie éolienne : avec une potentialité de vent élevée dans la région du Cap Bon et dans la zone de Sidi Daoud et une première expérience satisfaisante dans l'exploitation de cette technologie avec les deux premières tranches de la ferme éolienne de Sidi Daoud, le choix optimal était de recourir à ce même site pour produire 34,32 MW de capacité de production d'électricité supplémentaire.

Après l'expérimentation satisfaisante du premier aérogénérateur de puissance 1 320 KW lors du projet de la 2^{ème} tranche de la centrale de Sidi Daoud le choix a été fait d'implanter 26 aérogénérateurs de ce même modèle (MADE- AE 61) pour le projet de la 3^{ème} tranche et le connecter au réseau national.

5-1-2 Nécessité économique et environnementale

Avec l'évolution économique du pays et celle du niveau de vie des citoyens, la demande en électricité ne cesse d'augmenter avec un taux de croissance proche de 5% annuellement. La STEG doit prévoir d'augmenter la capacité de son parc de production d'électricité et planifier le remplacement des unités qui seront mises en réforme par la construction de nouvelles centrales électriques.

Malgré un coût d'investissement élevé par rapport à une turbine à gaz de même puissance, une centrale éolienne est économique à long terme. De plus, le Mécanisme pour un Développement Propre (MDP) prévu au Protocole de Kyoto permet à ce type de projets d'investissement de bénéficier de l'incitation financière résultant de la vente des réductions d'émission de GES qu'ils génèrent. Dans le prolongement des deux projets pilotes d'une capacité totale de 19,28 MW construits à Sidi Daoud, le développement d'un projet MDP en relation avec le projet d'extension s'avère très important pour stimuler de futurs projets d'investissements éoliens en Tunisie.

Du point de vue environnemental, la production d'électricité à partir d'énergies renouvelables permet de contribuer à l'effort national d'atténuation des émissions des gaz polluants (NOx, COx,...) et des gaz à effet de serre (GES) principale cause du changement climatique.

Par ailleurs, comparée à une centrale vapeur classique, une centrale éolienne permet d'éviter les rejets hydriques (élévation de température d'eau de refroidissement, rejet de chlore résiduel, sulfates ferreux...), les déchets solides de toute nature et évite la consommation en eau brute d'unités de production d'électricité conventionnelles.

Sur le plan social, l'implantation d'une centrale éolienne dans la zone de Sidi Daoud permet de développer les activités économiques de cette région grâce à la participation d'entreprises locales aux travaux de la centrale permettant ainsi la création d'emplois directs et indirects pour les habitants de cette région agricole. De plus, le projet a entraîné une augmentation du nombre de visiteurs sur le site.

5-1-3 Critères de choix du site d'implantation

La décision de la STEG du choix du site de Sidi Daoud pour l'implantation d'une centrale éolienne s'est appuyée sur une étude de faisabilité et de prospection des sites potentiels réalisée par « US Wind Power – 1991 ».

Cette étude a démontré les dispositions optimales du site de Sidi Daoud pour l'installation de ce type de centrale pour des raisons d'ordre énergétiques (potentiel du vent) et des considérations relatives à la proximité et à la stabilité du réseau électrique local, à l'absence de concentration importante d'habitations proches, à un accès facile au site ainsi qu'à la topographie et à la disponibilité du terrain.

L'expérience acquise par la STEG et par la population locale au cours des quelques années d'existence des deux premières tranches s'est révélée un succès du point de vue énergétique, et de l'intégration avec le milieu naturel (impacts environnementaux négatifs réduits, satisfaction et bonne perception de la population locale, activités agricole maintenues, développement du tourisme...).

Le choix de lancer le projet de la centrale éolienne de Sidi Daoud de 34,32 MW s'inscrit dans le cadre de l'utilisation de toutes les potentialités renouvelables pour la production d'électricité «verte» dans un site isolé sans gêner le bon voisinage naturel avec le fonctionnement des aérogénérateurs déjà mis en place.

Les principales considérations qui suivent ont été à la base du choix de l'extension de la centrale éolienne :

- disponibilité du terrain dans une zone encore isolée ;
- potentialités climatologiques du site ;

- potentialités de production éolienne du site qui ne sont pas totalement exploitées ;
- existence sur site d'un personnel hautement qualifié.

5-2 Qu'est ce qu'un aérogénérateur

Un aérogénérateur est une tour tubulaire tronconique porteuse d'une nacelle contenant tous les équipements électromécaniques de production d'électricité (alternateur), de régulation de tension et de fréquence, de contrôle et de sécurité. Chaque générateur gère ses propres protections et sa sécurité de façon autonome, de telle manière qu'en cas de foudre ou de vent extrême l'aérogénérateur se déconnecte automatiquement du réseau en se mettant en position de stand by.

Il ne redémarrera que lorsque les données transmises à son ordinateur satisfèront aux conditions de sécurité de la machine.

La nacelle de l'aérogénérateur est équipée d'un anémomètre et d'une girouette permettant de déterminer à tout instant la vitesse et la direction du vent.

Les aérogénérateurs sont productifs d'électricité à partir d'une vitesse de vent de 4m/s. Dès que la vitesse du vent dépasse la limite prédéfinie de 25 m/s, le système de contrôle intégré stoppe automatiquement la rotation des pales pour respecter la limite de résistance mécanique des rotors.



5-3 Prévisions énergétiques de la centrale éolienne

Le Tableau1 ci-dessous résume quelques valeurs à retenir concernant les prévisions d'exploitation de la centrale éolienne de Sidi Daoud avec la 3^{ème} tranche et les données énergétiques de la future extension :

Paramètre	Tranche 3	Total Centrale
Vitesse moyenne du vent	7,02 m/s	7.02 m/s
Puissance électrique installée	34.32 MW	53.6 MW
Production annuelle	≈ 60 GWh	≈ 100 GWh

Coefficient de charge	≈ 30%	≈ 28
-----------------------	-------	------

5-4 Intérêt environnemental de la centrale éolienne

a) Consommation des ressources naturelles : combustibles et eau brute

A production égale avec une centrale thermique à vapeur fonctionnant au gaz naturel (équipement de base dans la production électrique à la STEG), la centrale éolienne de Sidi Daoud dans sa totalité de 53,6 MW pouvant produire annuellement 145 GWh, permettrait d'éviter annuellement les consommations en ressources naturelles suivantes - Tableau 2 :

Paramètre	Tranche 3	Total Centrale
Production brute (GWh)	90	145
Consommation combustible (en TEP)	19 700	32 800
Consommation en eau (en m3)	6 650	11 000

b) Emissions atmosphériques

En prenant la même référence de comparaison par rapport à une centrale thermique à vapeur, la centrale éolienne de Sidi Daoud et le projet d'extension permettraient d'éviter annuellement les émissions atmosphériques totales suivantes :

Tableau 3 : Evaluation des émissions atmosphériques évitées annuellement pour la centrale éolienne

Paramètre	Tranche 3	Total Centrale
CO ₂ (gaz à effet de serre)	> 50 000 tonnes	> 78 000 tonnes
NO _x	> 105 tonnes	> 174 tonnes
SO _x (1)	> 115 tonnes	> 190 tonnes
Particules	> 5.5 tonnes	> 9 tonnes

(1) Pour fonctionnement d'une centrale thermique vapeur au fuel HTS

6- Description du projet

6-1 Positionnement des composants du projet :

Le projet éolien objet de cette étude d'impact environnementale et sociale (EIES), concerne la réalisation d'une centrale éolienne à Sidi Daoud d'une capacité de 34,32 MW venant compléter la puissance initiale installée de 19.28 MW avec les deux premiers projets pilotes et portant la puissance totale installée sur le site à 53.5 MW.

Le choix de la STEG est de rajouter un nombre total de 26 aérogénérateurs de même puissance (1320 kW électrique), identiques à une première machine déjà implantée à l'occasion du deuxième projet pilote de 8,72 MW.

Emprise des aérogénérateurs :

Ces 26 aérogénérateurs seront implantés en trois lignes respectivement de 8, 10 et 8 aérogénérateurs disposés le long des pistes aménagées de 1.2 Km, 1.3 Km et 1.5 Km situées entre les sommets de Djebel Ghorman et Djebel el Hamam et la cote marine (voir photos 3, 4 et 5).

La distance entre les aérogénérateurs varie de 400 à 500 m.



Photo 3 : Positionnement de la première ligne des aérogénérateurs



Photo 4 : Position de la troisième ligne des aérogénérateurs

Photo 5: Position de la deuxième ligne des aérogénérateurs

Ces aérogénérateurs sont ainsi implantés sur une portion de terrain délimité :

- par la mer Méditerranée au niveau des 2 côtés Nord et Ouest
- Par les 2 collines des Jebel Ghorman et Jebel el Hamam de hauteur 100 m des côtés Sud et Sud –Ouest
- Au Nord Nord-Est des terres agricoles qui continuent en suivant la ligne des côtes jusqu'à la ville d'El Haouaria

La tranche 3 se trouve ainsi dans une sorte de cuvette donnant directement sur la mer et située en contre bas des collines environnantes.



Photo 6 : Vue plongeante côté Nord sur la première et la deuxième ligne des éoliennes de Zembra et Zembretta



Photo 7 : Vue plongeante côté Nord Nord Est sur les 3 dernières éoliennes de la troisième ligne, au fonds Djebel Haouaria

Evacuation de l'énergie au réseau électrique STEG

Le contrôle d'évacuation d'énergie au réseau de transport d'électricité sera assuré depuis le bâtiment d'exploitation par l'intermédiaire d'un nouveau poste local MT/HT (30 kV/ 90 kV) implanté dans la zone située en face du Bâtiment d'exploitation de la centrale.

Ce poste clôturé est de superficie environ 500 m². Il renferme deux transformateurs fonctionnels et deux transformateurs de réserve à huile de refroidissement synthétique ne contenant pas des PCBs (interdits d'importation en Tunisie depuis 1985).

Une nouvelle ligne de transport d'électricité HT (90 kV) d'une distance de 22.5 Km environ a été réalisée au cours de la phase de montage des aérogénérateurs pour permettre de relier le poste de Sidi Daoud au poste HT de Menzel Temime.

6-2 Planning prévisionnel des travaux

Le délais des travaux d'extension de la Centrale de Sidi Daoud, notamment le montage des aérogénérateurs et de ces auxiliaires est de 18 mois environ.

Elles ont démarré à la date de l'entrée en vigueur du contrat .

Le début de la phase exploitation de la 3^{ème} extension de la centrale éolienne est intervenu en fevrier 2009 avec les essais des machines.

La durée de vie des équipements de la tranche 3 de la centrale s'étalera sur une période de 20 ans.

6-3 Description des équipements de l'extension

- 26 aérogénérateurs de type AE 61 de puissance unitaire 1 320 KW
- Constructeur : MADE - Groupe GAMESA / Espagne
- 2 travées complètes de transformations de tension.

Chaque aérogénérateur est équipé d'un transformateur de puissance 40 MVA MT/HT pour élever la tension de 30 à 90 kV.

6-3-1 Description détaillée d'un aérogénérateur type AE 61

- Une tour métallique de 58 m de haut
- Trois pâles rotatifs et fixées sur un moyeu
- **Une nacelle** de 9m x 4 m x 3.5 m et pesant 55 tonnes comprenant :
 - . Arbre de transmission
 - . Multiplicateur de vitesse
 - . Génératrice à 4 paires de pôle avec son système de refroidissement
 - . Armoires de Commande et de Régulation (installée au bas de la tour)
 - . Auxiliaires machine
 - . Centrale hydraulique
 - . Equipement radiateur pour refroidissement de l'huile
 - . Equipement de rotation manuel de la nacelle
- Un matériel 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 vers un transformateur élévateur de tension (690/30 KV) pour être évacuée par câbles sous terrain vers le poste électrique MT/HT.

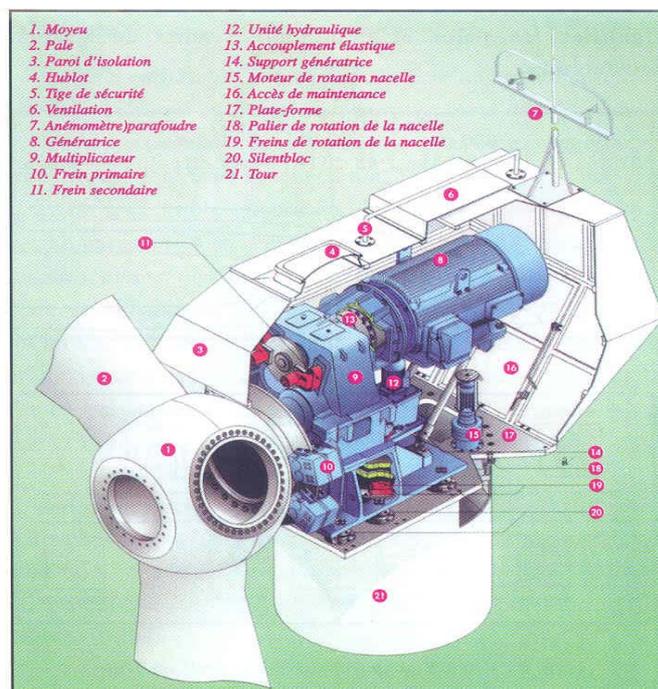
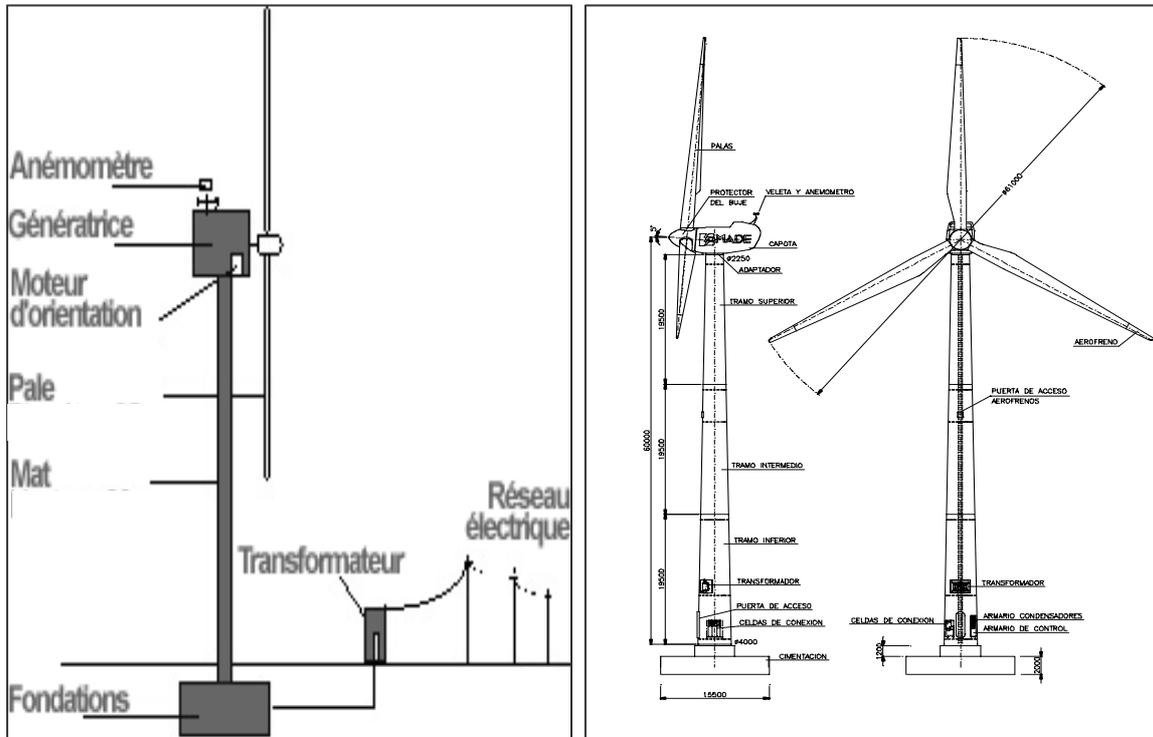


Photo 8 : Coupe d'une nacelle d'un aérogénérateur MADE - AE 61**Photo 9 : principales composantes et dimensionnement d'un aérogénérateur MADE-AE 61**

6-3-2 Description détaillée du poste de transformation

La production de l'énergie électrique par la génératrice de l'aérogénérateur 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.



Photo 10 : vue du poste de transformation 30/90 KV de Sidi Daoud

6-4 Le Génie Civil :

5-4-1 Description du massif support

L'embase de l'aérogénérateur, un massif en béton armé prenant assise à 4 m de profondeur, ayant une dimension de 12 m x 12 m avec une hauteur de 2.5 m est prolongé par une collerette octogonale de 5 m de côté dans laquelle est enfouie la bride d'ancrage de la tour.

Le poids du massif seul (environ 700 T pour un aérogénérateur de type AE 61) est suffisant pour éviter tout basculement lors de vents même violents de zone II. A titre de sécurité supplémentaire, celui-ci est enfoui sous une couche de remblais (200 T).

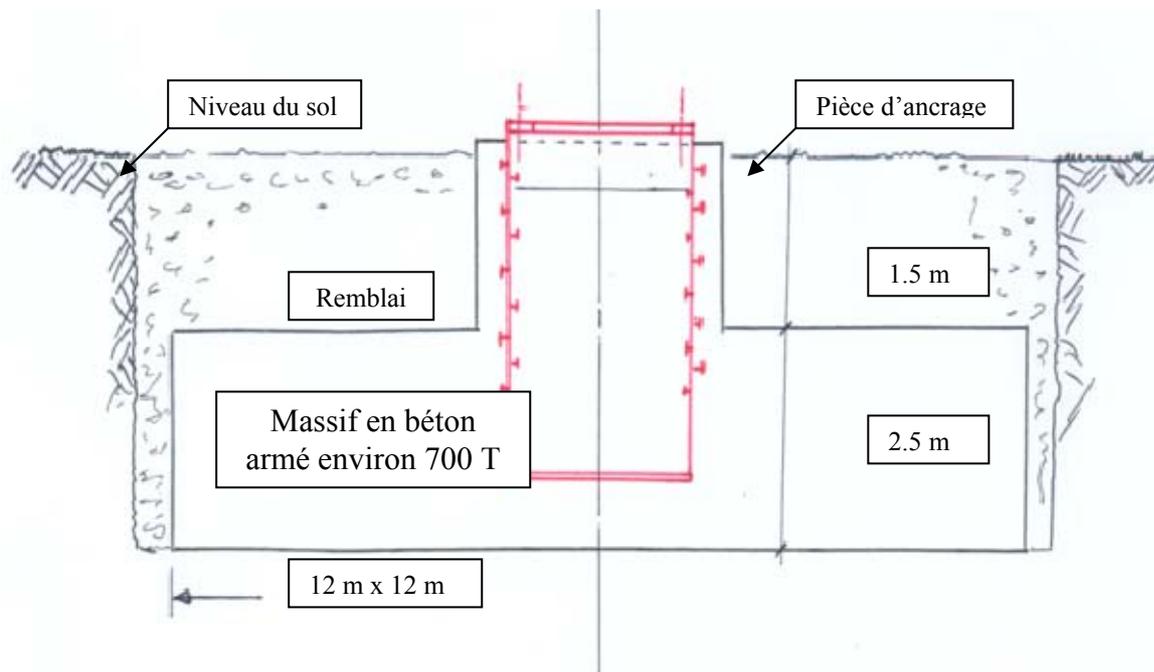


Photo 11 : Schéma d'un massif support d'une éolienne type AE 61



Photo 12 : Vue de la base d'une éolienne à la centrale de Sidi Daoud

6-4-2 Description des voies d'accès

Les routes et les voies d'accès devant servir à des transports lourds lors de la phase chantier (transport et montage) ont été traitées convenablement lors de la construction de la première et deuxième tranche de la centrale de Sidi Daoud.

Tout matériel lourd ou encombrant peut être acheminé vers son emplacement de montage sans risque d'incident de route.

Les routes après défrichage ainsi que la préparation et le réglage du niveau, sont couvertes d'une couche finale de remblais (Tuff ou tout venant), arrosées, compactées et testées aux essais PROCTOR.

Les travaux de montage et d'exploitation de la nouvelle extension ont nécessité l'aménagement de trois pistes d'accès (1.2 Km, 1.5 Km et 1.3 Km) correspondant à une superficie totale de terrain occupée d'environ 4000 m².



Photo 13 : Piste aménagée de la 3^{ème} tranche

6-5 Les ressources humaines

La phase construction de la 3^{ème} tranche de la centrale éolienne de Sidi Daoud a permis d'employer une dizaine de personnes employées par les entreprises de travaux impliquées dans la construction pour une période variant de 18 à 24 mois.

Pour la phase exploitation, tout au long de la durée de vie de la centrale, une équipe permanente composée comme suit est prévue pour gérer les groupes et les équipements accessoires. Cette équipe aura préalablement bénéficié d'une formation spécifique.

Equipe STEG :

- 1 Chef de centrale
- 1 Agent d'exploitation
- 1 Agent magasinier
- 1 Agent de maintenance

Equipe Régie :

- 1 Agent de nettoyage et de jardinage
- 1 poste de gardiennage (1 de jour, et 2 de nuit)

Equipe sous contrat :

Il s'agit d'une équipe composée de 5 techniciens tunisiens de maintenance, recrutés par la société détenant le contrat de maintenance et d'entretien des aérogénérateurs. Ces techniciens assurent toutes les opérations de suivi et d'entretien aussi bien systématiques préventives ainsi que correctives en cas de panne ou de dysfonctionnement.

En cas de besoin, cette équipe est renforcée temporairement par du personnel spécialisé (tunisien ou étranger).

6-6 Identification des nuisances environnementales

6-6-1 Les rejets liquides :

a) Phase chantier

Les équipements et les engins de chantier ne devront en aucun cas avoir de fuites de carburant, d'huiles, toute fuite accidentelle de liquide sera accompagnée immédiatement de mesures d'enlèvement et d'élimination adéquates avec tous les matériaux souillés.

Pour les rejets d'eau résiduels sanitaires, la centrale est équipée d'une fosse sceptique et toutes les tuyauteries sanitaires des bâtiments de commande et de chantier y sont reliées.

Tout le personnel est installé dans les locaux existants du bâtiment d'exploitation.

b) Phase exploitation

Pour les rejets d'eau résiduelle sanitaire, la centrale est équipée d'une fosse sceptique.

Toutes les tuyauteries sanitaires des bâtiments de commande et d'exploitation de la centrale et du poste de transformation y sont reliées.

Tout le personnel est installé dans les locaux existants du bâtiment d'exploitation.

Donc il n'y a aucune fuite dans la nappe phréatique ou souterraine.

Les huiles hydrauliques de lubrification des installations électromécaniques sont de faible quantité (120 litres environ par aérogénérateur) sont confinés en circuit fermé et régulièrement contrôlés.

En cas de vidange des huiles, elles seront collectées dans des fûts métalliques et livrées à la Société Tunisienne de Lubrifiants SOTULUB pour raffinage et recyclage.

6-6-2 Les déchets solides :

a) Phase chantier :

Les déblais de fouilles, les bois et arbustes enlevés pour la création des voies d'accès ou des emprises des machines seront évacués dans les lieux réservés à cet effet par les autorités pour valorisation ou enfouissement.

Les autres déchets solides occasionnellement générés par le chantier sont récupérés dans un conteneur étanche prévu à cet effet et sont amenés par les moyens propres des entreprises de chantier vers la nouvelle décharge contrôlée d'El Haouaria située à 11 Km du site.

b) Phase exploitation :

Les déchets solides générés à la centrale sont les ordures ménagères ordinaires (surtout bureautique) et quelques déchets de travaux de maintenance (chiffons de nettoyage, emballages et pièces usagés...).

Ces déchets sont récupérés dans un conteneur prévu à cet effet et sont amenés par les moyens propres de la STEG hebdomadairement vers la décharge contrôlée d'El Haouaria.

Les emballages récupérables (plastiques ou métalliques) seront déposés et livrés vers le centre ECOLEF d'El Haouaria situé à environ 10 Km du site et relevant de l'ANGED (Agence Nationale de Gestion des Déchets).

6-6-3 Les rejets atmosphériques :

a) Phase chantier :

Les rejets atmosphériques proviennent des gaz d'échappement des engins et des véhicules de chantier ainsi que les poussières générés par les aires des travaux de génie civil (terrassement des voies d'accès, montage des supports machines...), le domaine et l'intensité d'impact de ces rejets est limité à la zone immédiate du chantier.

b) Phase exploitation :

La seule source d'énergie utilisée par la Centrale éolienne est la force du vent, donc l'énergie cinétique du vent est intégralement convertie en énergie électrique. L'air ne subit par conséquent aucun mélange ou dégradation. Aucune émission atmosphérique n'est prévue dans la centrale durant la période de fonctionnement.

6-6-4 Bruit et nuisances sonores :

a) Phase chantier :

Le bruit occasionnellement généré par le fonctionnement des engins et des véhicules de chantier ne présente pas de gênes considérable pour le voisinage habitant à une distance éloigné du site.

Seul un dérangement peut être occasionné pour les troupeaux des agriculteurs locaux qui doivent temporairement utiliser d'autres lieux de pâturage.

b) Phase exploitation :

Le bruit généré par les équipements électromécaniques des éoliennes contenus dans la nacelle (qui constitue elle-même un capotage acoustique très fiable, reste à un niveau admissible ne dépassant pas la valeur de 55 dBA à une distance égale à la hauteur de la tour augmentée du rayon du rotor, qui est dans notre cas de 46, 67, 76 ou 90 m suivant le type de machine AE 32, 46, 52 ou 61 et en conformité à la norme : « Acoustic noise measurement techniques for wind turbine generator system IEC 61 400 – 11 »

Cette valeur est à comparer à des niveaux de bruits familiers tels que dans un bureau (60dBA), un gros camion (85 dBA) ou dans une maison à l'heure du repas (55 dBA).

Le bruit généré par la rotation des pâles varie proportionnellement avec le cube de la vitesse angulaire de rotation de la pôle qui est elle-même limitée par la vitesse linéaire en bout de pôle.

Les aérogénérateurs sont conçus et dimensionnés pour tourner à faible vitesse (17 ou 25 à 35 tr /mn pour les plus petites du site du type AE 32), ce qui fait que le cisaillement de l'air au passage des pâles est dans certains cas moins audible que le sifflement du vent lui-même.

La centrale est située en zone rurale isolée à vocation agricole (le village le plus proche de Sidi Daoud et Hanchir Ghormane se situe à 5 Km du site), l'exploitation courante des deux premières tranches montre que le bruit généré ne présente pas de risque significatif pour la population locale.

A l'instar de la pratique utilisée pour tous ses moyens de production de l'électricité afin d'évaluer l'effet du bruit sur l'environnement voisin, la STEG organise des campagnes systématiques de mesure des paramètres sonores pour identifier les zones d'émergence possibles et déterminer les mesures d'accompagnement nécessaires. C'est le cas pour la centrale de Sidi Daoud avec une campagne

programmée annuellement par un service spécialisé de la direction production et transport de l'électricité.

6-6-5 Effet sur la santé et aspect esthétique

Le paysage entourant la centrale éolienne et les habitants du voisinage sont faiblement impacté par la présence des tours élancées vers le ciel et tournant à faible vitesse.

Le faible encombrement des aérogénérateurs et leur intégration dans la verdure environnante (il n'y a pas de grands bâtiments, cheminées, clôtures, ou réservoirs, etc...), donnent un certain cachet paysager et une harmonie au site.

Rappelons que tous les raccordements en câbles électriques sont tous prévus sous terre et il n'y a pas de risques d'incidents électriques prévisibles pour les personnes traversant le site.

Ainsi, le tracé de passage des câbles sous terrain est muni des avertisseurs réglementaires visibles jours et nuit.

Les activités agricoles initiales sont faiblement influencées par la présence des éoliennes proches. Seul le poste de transformation de superficie limitée à 500 m², doit être clôturé et interdit d'accès en raison d'un risque électrique existant.

6-7 Démantèlement et remise en état du site

Une Centrale éolienne est facilement démontable puisque tous les supports des aérogénérateurs sont simplement boulonnés au sol. Le paysage peut ainsi facilement retrouver son état initial après le réaménagement des zones affectées par les emprises des aérogénérateurs et des câbles sous terrains et le nettoyage du site.

La durée de vie des éoliennes peut s'étendre à plus que 20 ans. Durant l'exploitation les composantes du milieu naturel et la biodiversité du site seront conservées et les impacts sont faibles pour la qualité de l'air, du sol, de l'eau et des espèces végétales et animales.

Par conséquent, les activités initiales des éleveurs locaux ne seront pas directement influencées après le démantèlement des machines.

7- Analyse de l'état initial du site

7-1 Cadre biophysique de la zone d'étude

7-1-1 Aspect paysager

La tranche 3 de la centrale éolienne n'est visible qu'à partir de la mer. Les 26 aérogénérateurs sont totalement invisibles à partir de la route C26 desservant la ville d'El Haouaria.

7-1-2 Géologie et géomorphologie

La péninsule du Cap Bon correspond principalement à une structure anticlinale connue sous le nom de l'anticlinal de Jebel Abderrahman ou de l'Oued Chiba ; la série stratigraphique est essentiellement d'âge Mio-pliocène et est présentée par une succession de bancs marneux et gréseux ou sableux.

Au début du Pliocène, la mer recouvre encore une partie du Cap Bon, alors que le reste de la Tunisie est définitivement continentalisé.

L'anticlinal de Jbel Abderrahman est bordé sur ses flancs Est-Ouest par deux synclinaux formés essentiellement de couches marneuses : les synclinaux de Takelsa à l'Ouest et de Dakhla à l'Est.

L'anticlinal de Jbel Abderrahman constitue, en fait, un ensemble de montagnes qui culminent à plus de 600 m. Ces différents reliefs sont soumis à une érosion prononcée.

En effet, le cœur de l'anticlinal qui devrait présenter le bombement maximum, a été érodé par l'oued Chiba pour former une combe anticlinale ovoïde de 15 km de long et 7 km de large, entaillée dans les marnes éocènes.

Dans la combe, au sein de la série marneuse, s'individualise un banc calcaire, dit de Reinèche. Epais d'environ 15 m, ce banc se détache dans la topographie et constitue une auréole entourant la dépression centrale. De même, tous les affleurements de roches plus résistantes vont former des barres et constituer autant de gradins concentriques.

Le long de la façade orientale de la presqu'île du Cap Bon, notamment entre Kélibia et Mâamoura, s'étend un cordon littoral tyrrhénien relayé par un chapelet de sebkhas et de lagunes qui le séparent du cordon littoral actuel.

Les terrains néogène du Cap Bon sont formés par trois grands domaines :

- Le groupe de Cap Bon à la base ;
- Le groupe de Oum Dhoul (village actuel) ;
- Le pliocène marin au sommet.

Ainsi, un bras de mer a occupé au cours du Quaternaire la plaine d'El Haouaria – Dar Chichou. Cette plaine représente une dépression tectonique synclinale, comblée par des dépôts quaternaires divers, le plus souvent sablonneux, limitée au Sud par la grande faille d'Azmour et dominée au Nord par l'anticlinal oligocène, d'aspect sauvage et abrupt vers la mer, du Djebel Sidi Abiod (393 m).

La presqu'île du Cap Bon, orientée Sud-Ouest / Nord-Est, apparaît comme une vaste zone plissée dont l'anticlinal du Djebel Sidi Abderrahmene constitue l'épine dorsale. La position excentrée vers l'Ouest de cette arrête montagneuse, limitée par les plaines de Grombalia au Sud, d'El Haouaria au Nord, de Takelsa à l'Ouest et de la Dakhla à l'Est donne au Cap Bon une allure dissymétrique. Ce grand crêt de grès oligocènes domine de plusieurs centaines de mètres la combe ovale d'El Hofra. Le relief présente une dissymétrie remarquable.

Le versant occidental est abrupt et les côtes sont accidentées, rocheuses ou envahies par les dunes. Ce crêt occidental abrupt s'oppose à de petits crêts morcelés et très effacés, presque aplanis sur le flanc oriental. A l'Est, en effet, le piedmont s'abaisse progressivement jusqu'à la mer, le littoral est bordé d'anciennes formations de plages, de dunes et de lagunes allongées. L'abondance des grès et la rareté des calcaires dans l'échelle stratigraphique font que les principaux djebels sont gréseux : Djebel Sidi Abderrahmene (602 m), Kef Er Rend, plus au Nord, qui porte le point culminant de la presqu'île (637 m), Djebel Ben Oulid (432 m).

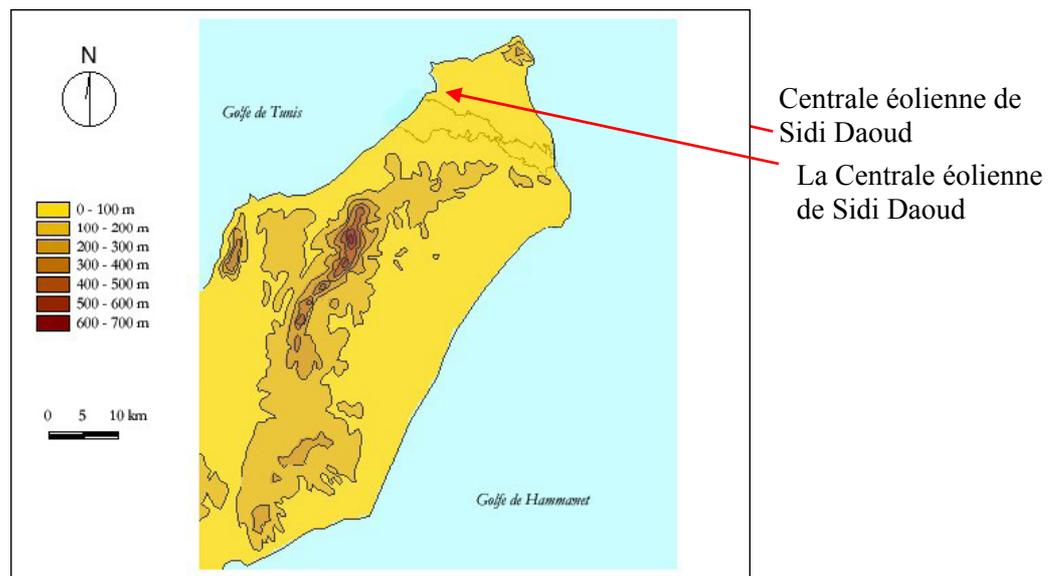
Ces reliefs montagneux ont une structure géologique jeune, le plus souvent dominée par des alternances de couches argileuses et de couches gréseuses datant du tertiaire. Partout ailleurs, ce sont les roches marneuses qui l'emportent et donnent au relief l'aspect de petites montagnes.

Les plateaux constituent l'essentiel des surfaces dans la partie orientale. Ils s'inclinent de l'intérieur vers la côte, de 90-100 m à 10-15 m d'altitude.

Le site concerné par la Centrale de Sidi Daoud se situe à 4 Km au NE de Sidi Daoud. Il s'agit d'un relief montagneux sensiblement allongé selon la direction E-W et d'altitude variant entre 50 et 100m. Les points culminants se situent aux sommets du Dj. Hammam et Dj. Ghormane.

Les terrains géologiques qui dominent le site sont d'Age miocène supérieur. Il s'agit d'une alternance d'argiles et de grès parfois lignitifères. Cette lithologie offre en principe une bonne portance et une bonne stabilité au sol du site.

La figure 4 qui suit représente les reliefs rencontrés dans la presqu'île du Cap Bon.



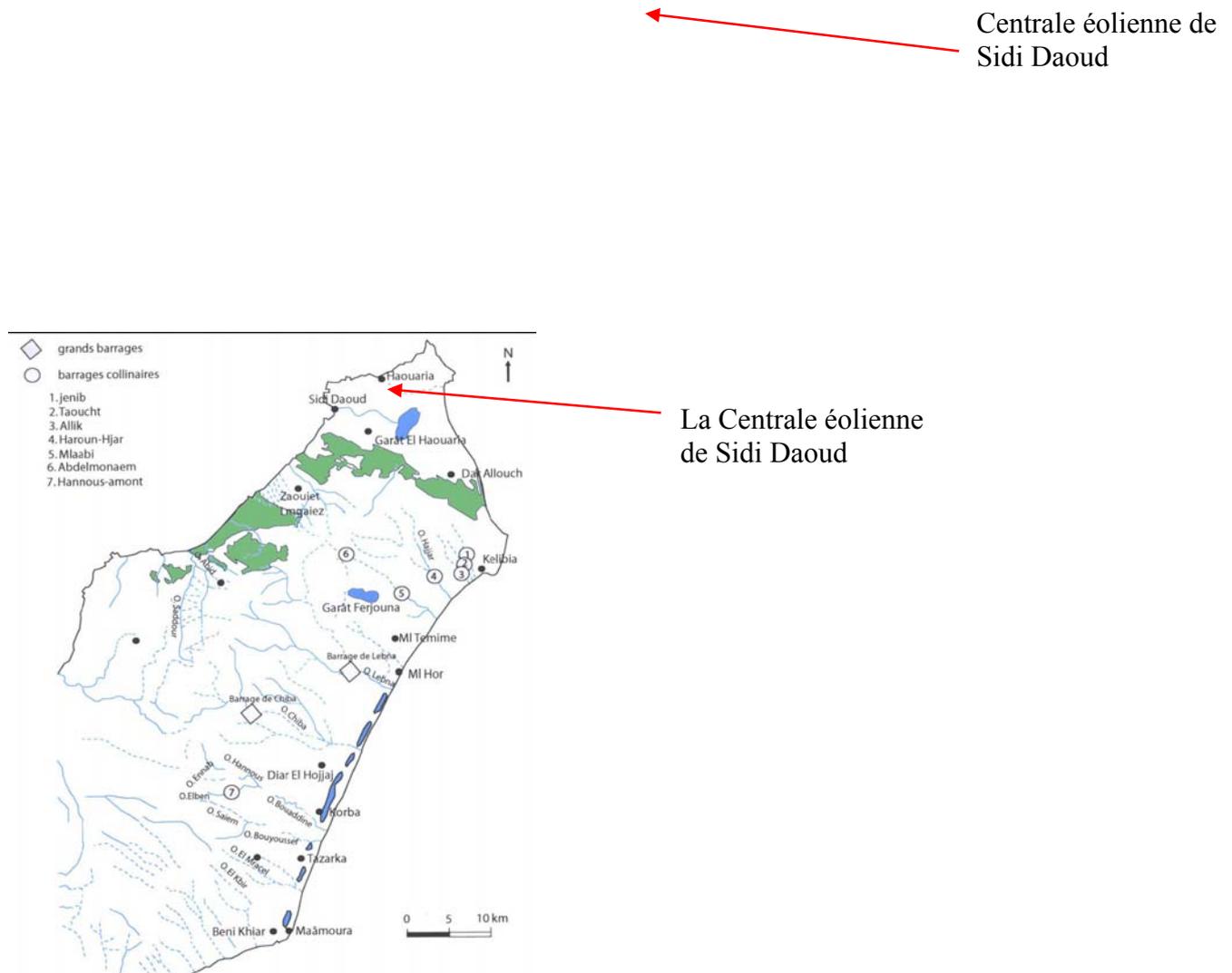
7-1-3 Hydrographie

Situé aux marges des étages bioclimatiques sub-humide et semi-aride, le Cap Bon, apparaît comme une région relativement bien arrosée comparée au Sud du pays.

En effet, la Tunisie du Nord représente à elle seule 90% du potentiel régularisable en surface. Dans le Nord du gouvernorat, les précipitations sont même suffisamment élevées et prolongées dans l'année pour assurer des récoltes sans le secours de l'irrigation. Des inondations peuvent être provoquées à l'occasion de certaines averses particulièrement impressionnantes. Les sols, y compris les terrains sableux, arrivent rapidement à saturation.

La plaine d'El Haouaria était l'une des régions du Cap Bon qui souffraient le plus de l'excès d'eau pendant l'hiver. Cette dépression basse à faible pente vers la mer a pendant longtemps été une région marécageuse et de ruissellement indécis.

La figure 5 qui suit représente le réseau hydrographique et la localisation des principaux barrages et lacs collinaires au Cap Bon.



Le Djebel Sidi Abderrahmene peut être considéré comme le seul véritable "château d'eau" de la partie centrale de la presqu'île.

Dans le secteur occidental, l'Oued El Mgaiez qui prend sa source dans les hauteurs de Tazoghane et qui est aussi alimenté par le Djebel Bou Krime, borde la partie sud du milieu forestier de Dar Chichou. Le Djebel Bou Krime donne aussi naissance à l'Oued Meloul qui se prolonge plus au Nord par l'Oued Mezghach lui-même enrichi par les eaux descendant du Djebel Sidi El Khafi. À l'intérieur de la forêt, c'est de part et d'autre de cet Oued qu'est localisée la réserve cynégétique.

Les Djebels Bou Anane et Sidi Maouia sont la source de l'Oued Sidi Maouia qui plus en aval prend le nom d'Oued Beni Malek .Au Nord et à l'Est d'Azmour, divers chabets participent, en périodes de fortes précipitations, à irriguer certains secteurs de la forêt. L'Oued El Aksar qui se prolonge par l'Oued Ez Zezzar, prenant sa source au niveau des Djebels Taoucht et Tamezrat, constitue le cours d'eau le plus important du secteur oriental.

Enfin, la lisière sud-est du milieu forestier est bordée par l'Oued el Ksob descendant du Djebel Ouazdra.

À l'image de la pluviométrie, l'irrégularité saisonnière des débits est très marquée. Tous ces oueds sont soit complètement à sec pendant la plus grande partie de l'année soit parcourus par un mince filet d'eau et ce même en hiver. Parfois, seule l'existence de quelques mares sur un lit sableux assez vaste témoigne de l'écoulement d'un oued.

Dans l'ensemble, leur écoulement superficiel est très faible et dans le meilleur des cas, sur les substrats les plus imperméables, les oueds ont un écoulement permanent pendant une période de 4 à 8 mois.

Par ailleurs, aucun oued traversant la plaine n'atteint la mer, sauf en périphérie de la presqu'île : Oued Zouïou (1), Oued el Mgaiez et Oued el Ksob. En outre, les eaux ont toujours une grande difficulté à franchir les barrages sableux qui ont tendance à interrompre leur écoulement.

La garaet d'El Haouaria, la plus vaste de la plaine (1000 ha) était, avant le creusement d'un canal de drainage, complètement privée d'exutoire vers la mer.

On peut supposer qu'avant le drainage de la plaine, chaque zone dunaire était alors bordée par des garaas temporaires qui persistaient durant toute la saison humide.

Dans une optique de mise en valeur hydraulique de la région, les Ministères de l'Agriculture et des Travaux Publics ont entrepris, à la fin des années 1950, d'importants travaux d'assainissement et d'irrigation. Actuellement ce réseau d'assainissement est entretenu et géré par l'Office National d'Assainissement (O.N.A.S.), structure créée en 1974, dépendant du Ministère de l'Agriculture.

La salinité des eaux courantes varie avec la nature de la roche sous-jacente. D'une manière générale les eaux des oueds du flanc oriental du Djebel Sidi Abderrahmene et ses prolongements vers le Nord jusqu'à Azmour, coulant sur des marnes de l'Éocène et Miocène assez salées, ont un taux de salinité élevé.

Dans l'arrière pays de Menzel Temime, l'Oued el Mellah qui signifie l'oued salé illustre bien ce phénomène de teneur élevée en sel aggravé par l'importance de l'évaporation.

Dans cette région, où les apports pluviométriques ne sont pas négligeables, la nature sableuse des terrains et la faiblesse des pentes ont depuis toujours favorisé l'infiltration directe des eaux de pluies et des eaux courantes.

Tout le long de la côte occidentale et dans tout le bassin de la garaet El Haouaria, il existe de l'eau dans le sous-sol. Deux types de nappe d'eau souterraine ont été repérés, une nappe superficielle correspondant aux sables et grès supérieurs et une nappe profonde dans les sables et les grès du Pliocène.

La nappe aquifère peu profonde est alimentée principalement au Sud par la forêt de Dar Chichou et au Sud-Ouest par les dunes des régions côtières entre l'Oued el Mgaiez et Sidi Daoud. Cette nappe s'écoule vers la mer de l'Ouest vers l'Est.

Sur la plus grande superficie de la plaine, la salinité des nappes phréatiques est assez basse, les valeurs de salinité semblent avoir été légèrement surestimées ou ne pas tenir compte des variations saisonnières.

Pendant la saison estivale la forte sollicitation des nappes pour l'eau d'irrigation laisse apparaître localement des signes de surexploitation. Ces phénomènes se traduisent dans certaines zones par un rabattement de la nappe (Nord de Saheb El Djebel, littoral occidental au Sud de Sidi Daoud) et par une dégradation de la qualité chimique des eaux souterraines, phénomène de salinisation de la nappe sous l'effet cumulé de la surexploitation et de l'intrusion des eaux marines.

Dans la garaet El Haouaria, le niveau hydrostatique est très proche de la surface du sol et les surfaces d'évaporation sont suffisamment vastes pour provoquer une concentration de sels importante qui peut contaminer par diffusion les eaux souterraines.

Enfin, le potentiel hydraulique du Cap Bon, malgré sa richesse relative, ne suffit plus pour assurer les besoins qui se sont considérablement accrus ces dernières années. L'apport d'eau des oueds du Nord de la Tunisie est apparu comme la seule solution possible pour combler un déficit sans cesse aggravé par l'intensification de l'agriculture et le développement du tourisme.

Le réseau hydrographique relativement mal connu, apparaît cependant comme un contributeur important dans l'édification des dunes. En effet, il semblerait que les dunes localisées au Nord d'Azmour, tout comme les dunes de Menzel Belgacem, soient le fruit d'une dynamique érosive particulièrement complexe mêlant intimement les processus d'érosion hydrique et éolienne.

7-1-4 Climatologie du site

L'étude des flux atmosphériques affectant les conditions climatiques de la Tunisie met en évidence la prédominance du flux de direction Nord-Ouest. Principalement lié à l'arrivée des perturbations atlantiques sur les côtes septentrionales de la Tunisie, il constitue l'influence humide et instable la plus fréquente (42 % du total annuel).

La pluviométrie de la presqu'île du Cap Bon est assez bien connue, À Dar Chichou, la moyenne annuelle des pluies, observées sur la période 1950-1970, se situe aux alentours de 640 mm.

Toujours est-il que la notion de moyenne demeure peu adaptée à la forte irrégularité inter-annuelle qui caractérise le régime pluviométrique de la région. Il peut en effet varier de un à cinq. Sur cette même période, pendant l'année 1958- 1959, la station de Dar Chichou, mise en service en 1932, enregistrait une pluviométrie annuelle de 1192 mm/an, maximum absolu observé dans le Nord de la péninsule. À l'inverse, lors de la campagne 1926-1927, le minimum le plus bas, 133.1 mm/an, a été observé dans le Sud de la presqu'île, à Bir Bou Regba, ce qui illustre par ailleurs la dissymétrie pluviométrique Nord/Sud du Cap Bon.

À partir de Hammamet, au sud, on entre dans le domaine semi-aride avec des moyennes annuelles situées en dessous de 400 mm. Parallèlement, le versant occidental montagneux, exposé aux vents de Nord-Ouest, est beaucoup plus arrosé que les plaines et le littoral oriental sous le vent.

En outre, les pluies fortes et torrentielles ne sont pas négligeables, les précipitations orageuses qui déversent plus de 30 mm en 24h entrent pour une proportion importante dans le total annuel, soit 25 à 30%.

Ces averses tombent surtout en automne, provoquant des inondations, elles jouent un rôle important dans la morphogenèse de la région notamment en raison de leur action érosive ravinante. L'importance des pluies d'automne et d'hiver explique les manifestations d'hydromorphie fréquentes sur les sols lourds marneux et argileux de la région et l'utilité du drainage des garaas trop humides dans la perspective de leur mise en valeur agricole.

À Dar Chichou, si l'été est toujours peu arrosé, environ 4% du total annuel, les trois autres saisons sont généralement pluvieuses. Octobre, décembre et janvier sont les mois les plus arrosés (312.6 mm), le printemps est plus capricieux et les précipitations diminuent d'une façon régulière

Les températures observées sont typiques d'un climat méditerranéen péninsulaire. La moyenne annuelle enregistrée à Dar Chichou est de l'ordre de 18.5°C.

Le mois de février est le plus froid avec une moyenne de 11.9°C, les températures négatives, et le gel qui les accompagne, ne sont pas inconnus mais elles restent très exceptionnelles.

Seules les températures d'été peuvent atteindre des chiffres excessifs. Au mois d'août, on peut observer un maximum absolu de 43°C enregistré à Dar Chichou. À Kelibia, les maxima sont plus

bas, autour de 40°C, car les vents du sud-est, Chlouk, arrivent rafraîchis et humidifiés par leur passage sur le Golfe de Hammamet.

En été, les fortes chaleurs combinées à la sécheresse diminuent l'humidité stockée dans les formations sableuses favorisant ainsi les mécanismes de déflation.

Sur les littoraux jusqu'à 3 kilomètres de la plage, les brouillards sont fréquents. À Kelibia, ils sont particulièrement importants surtout la nuit et le matin pendant la saison froide, du fait de l'invasion d'air marin chargé d'humidité.

L'humidité relative, partout élevée dans les régions littorales, atteint son maximum en hiver, qui peut atteindre jusqu'à 93% au phare du Cap Bon, et son minimum en été.

La climatologie de la région cadre encore bien avec le milieu méditerranéen mais avec une nuance d'aridité déjà sensible. On se trouve ici en situation de marge, à proximité des limites méridionales de ce climat.

À partir des données dont on dispose, pour la station de Kelibia, on peut considérer que la période de sécheresse estivale s'étale sur la moitié de l'année, d'avril à septembre. Les mesures de l'évapotranspiration potentielle (ETP), calculée par l'I.N.M., comparées aux valeurs de précipitations fournissent une approximation du déficit hydrique.

Ce drainage climatique est particulièrement accentué en été, en effet, près de 42% des pertes potentielles annuelles sont observées à cette période.

L'étude des coefficients pluviothermiques d'Emberger, conçus précisément pour la région méditerranéenne, permet de rattacher le climat de cette partie du Cap Bon aux variantes à hiver doux et à hiver chaud de l'étage bioclimatique subhumide inférieur.

Toutefois, si la région d'étude peut s'apparenter à l'étage de végétation sub-humide, plus localement, l'étage de végétation semi-aride, sous-étage supérieur, variante à hiver doux ou chaud, est lui aussi bien représenté. Ils permettent d'établir que de Dar Chichou à Kelibia, on passe successivement de l'étage bioclimatique subhumide à hiver chaud à l'étage semi-aride supérieur, même variante thermique.

Les valeurs moyennes mensuelles des précipitations, températures et humidités relatives sont données respectivement sur les tableaux n° 4, 5 et 6 qui suivent:

La pluviométrie : (valeurs moyennes entre 1994-2003) – Tableau 4

Pluviométrie	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec	Annuelle
En millimètre	78	71	40	43	18	9	2	6	51	100	83	90	591

La température : (valeurs moyennes entre 1994-2003) – Tableau 5

Température	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuelle
en °C	12,5	2,5	4,0	5,6	9,4	3,3	6,0	7,1	4,3	1,2	7,1	3,7	18,9

L'humidité : (valeurs moyennes entre 1994-2003) - Tableau 6

Humidité relative	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Déc	Annuelle
en %	75	74	73	73	73	70	69	70	73	75	74	74	73

Les vents :

Le climat du Cap Bon septentrional est fortement sujet à l'influence maritime. En premier lieu, la proximité de la mer, qui n'est jamais à plus d'une vingtaine de kilomètres, se traduit par la fréquence et la force des vents. Ces derniers occupent en effet une place privilégiée dans la climatologie de la région.

En plus de sa fréquence élevée et de son extrême violence, le vent sert également de vecteur aux sels marins en particulier aux chlorures de sodium (NaCl). Les vents chargés d'embruns salés accentuent les conditions de sécheresse, en favorisant une plus forte évapotranspiration des végétaux.

Dans le Nord du Cap Bon, ce caractère néfaste des vents devient d'autant plus sensible que le relief s'abaisse et devient plus favorable à l'agriculture, dans la plaine d'El Haouaria notamment.

À proximité de la côte, ils accentuent l'érosion marine qui fournit du matériel fin susceptible d'alimenter la déflation éolienne. Les vents chargés d'embruns salés participent encore à la désagrégation des grès par haloclastie.

Tout au long de l'année, le nombre de jours sans vents est partout très faible. En effet, à Kelibia sur une période de 20 ans, les situations de calme ne représentent que 12 % des observations.

De plus, les vents sont caractérisés par une violence extrême, ils peuvent atteindre un maximum de 20 m/s à Kelibia. Si on ne dispose pas d'observations concernant les stations les plus exposées au vent, on peut supposer que c'est à Ras Addar que les vitesses doivent être les plus élevées.

La prédominance des vents de Nord-Ouest est remarquable, ce sont eux qui enregistrent les vitesses les plus élevées.

Les figures 4 et 5 qui suivent représentent la vitesse et la fréquence absolue des vents enregistrés à la station Kélibia entre 1993 et 2004 ainsi que la rose des vents

Figure 4

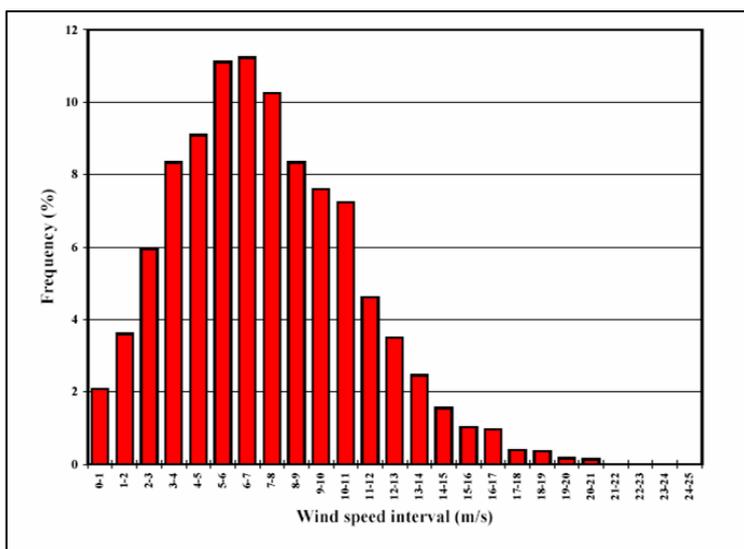


Figure 5

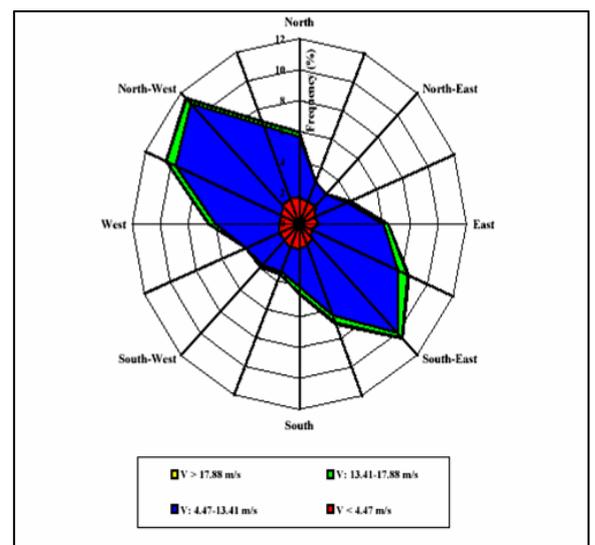


Figure 4 : Représentation de la vitesse et la fréquence absolue des vents

Figure 5 : La rose des vents enregistrés à la station Kélibia

7-1-4 La sismicité :

Le site de Sidi Daoud est concerné par la sismicité de toute la région du Cap Bon. Suite à sa situation dans le domaine sismotectonique de la plate-forme orientale, cette région se distingue par une géologie assez complexe engendrée par une importante activité tectonique quaternaire.

Les données acquises auprès de l'Institut National de la Météorologie (INM) témoignent du déroulement de plusieurs séismes d'intensité supérieure à VI MSK, dans plusieurs localités non trop loin du site. Notons surtout :

- Séisme du 15 – 06 – 1907 à Nabeul : Intensité VII MSK
- Séisme du 14 – 11 – 1912 à Kelibia : Intensité VI MSK
- Séisme du 19 – 12 – 1976 à jebel Belli : Intensité VI MSK
- Séisme 25 – 04 – 1992 au Cap Bon : Intensité VI MSK
- Séisme du 11 – 07 – 1992 à Nabeul : Intensité VI MSK
- Séisme du 14 - 02 - 1999 au large du golfe de Hammamet : Intensité VI MSK.

Des séismes plus anciens ne sont pas disponibles pour la région faute d'une précise étude de sismicité historique. Seulement, suite à l'active néotectonique, mise en évidence dans la région du Cap Bon, une sismicité plus importante est à accorder pour cette région.

Compte tenu de ces considérations, nous proposons, avec toute prudence, une valeur de VIII MSK comme intensité du séisme Historiquement vraisemblable.

Comme accélération, L'INM nous a fourni les valeurs suivantes – Tableau 7 :

Période de retour	500 ans	200 ans	100 ans	50 ans
Valeur minimale %g	12,5	10,5	07,5	05,0
Valeur maximale %g	15,5	12,5	10,0	07,5

7-2 Cadre biologique :

7-2-1 Habitat naturels

La zone d'étude est séparée du côté de la mer par une bande de dune à un substrat géologique riche.

Le relief des terrains de la zone d'étude rapprochée présente une couverture végétale généralement pauvre composée des herbes naturelles sauvages et des arbustes dispersés de part et d'autres.

En s'éloignant des côtes on observe en majorité des parcelles de terrains cultivés d'orge, foin ou des cultures saisonniers irrigués.

L'écosystème de l'aire d'étude n'est pas forestier ou constituant une zone hydrique à protection particulière (lacs, oueds, barrages...). favorable à la fréquentation de la faune et de l'avifaune.

Ce site n'est pas connu par son patrimoine écologique naturel particulier protégé (comme le cas de la zone d'El Haouaria ou des îles protégées de Zambra et de Zambreta).

La région d'implantation n'est pas connue par des sites historiques ou des monuments archéologiques d'importance ayant un statut de protection juridique nationale ou mondiale (à travers l'UNESCO par exemple).

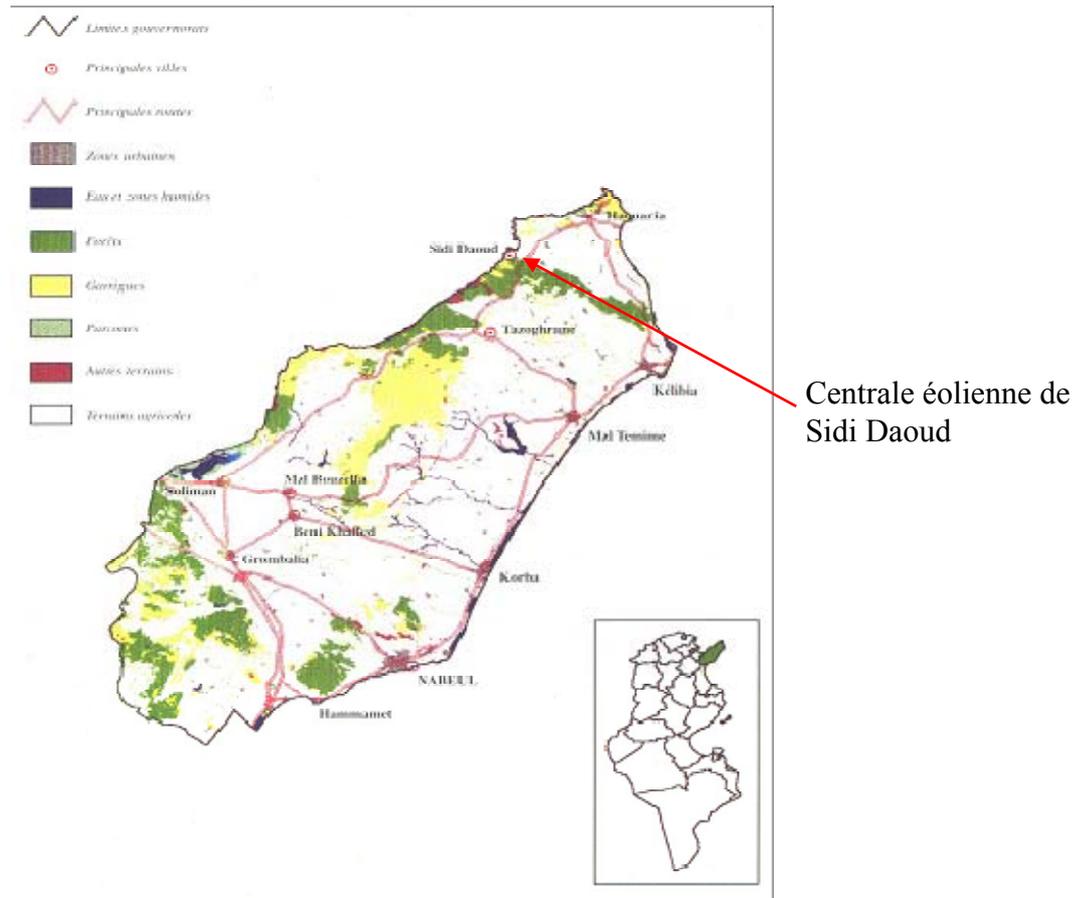
Toutefois, les sites archéologiques connus au Cap Bon tels que ceux d'El Haouaria (les Grottes romaines) et celles du village de Kerkouan sont à distance lointaine de la région de Sidi Daoud.

La construction de la centrale, comme tout ouvrage nécessitant des grands piquages au sol, est régie par l'accord préalable et la supervision du Ministère de la Culture et de la sauvegarde du patrimoine.

7-2-2 La Flore

Selon l'inventaire Forestier et Pastoral National de Tunisie, les espaces découverts dominant à l'échelle du gouvernorat de Nabeul. Les Forêts et Mattorals (Maquis et Garrigues) couvrent respectivement 371 et 263 Km² correspondant à un taux de boisement légèrement supérieur à 20%.

La figure 6 qui suit représente les ressources forestières inventoriées dans le Gouvernorat de Nabeul.



Les espaces forestiers sont principalement localisés dans les régions de plaines, plaine de Grombalia et plaine d'El Haouaria - Dar Chichou. Ils apparaissent toujours extrêmement fragmentés.

Des formations pré-forestières de type matorral, systématiquement qualifiées de garrigues sur la carte, s'insèrent dans ces mêmes espaces forestiers.

Sur les Djebels, un peu partout, les milieux forestiers se limitent aux formations de type matorral : Djebel Sidi Abderrahmene et Djebel Sidi Abiod, exception faite des collines de l'arrière pays d'Hammamet qui apparaissent couvertes de forêt.

Certaines tâches forestières se distinguent par leur forme originale : le couloir forestier de Dar Chichou, de forme allongée, scinde la presqu'île en deux dans sa partie septentrionale, la forêt de Oued el Abid de forme triangulaire, située à l'ouest de Tazoghrane, s'individualise aussi très nettement.

Ces milieux forestiers qui pourraient être perçus comme des lambeaux de forêt reliquats, encore indemnes de toute dégradation, sont en réalité des forêts nouvellement créées, traduisant la volonté politique de mise en valeur.

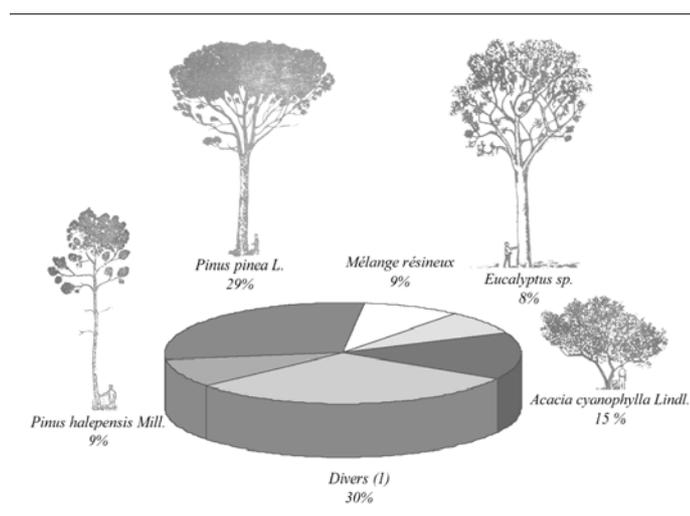
La forêt de Dar Chichou Correspond à une forêt artificielle de 5000 hectares environ, relativement jeune avec des travaux de boisement qui ont débuté au niveau des années 40 dans le cadre de la protection des champs de culture contre l'ensablement qui les envahissait.

Au milieu d'une intense activité agricole, le massif forestier de Dar Chichou apparaît très morcelé. Néanmoins il s'individualise très nettement. On s'aperçoit que les formations forestières prédominent dans le Centre et l'Est de la presqu'île, tandis que les formations basses s'observent préférentiellement sur la côte occidentale, témoignant de l'importance de l'action éolienne sur cette partie du littoral.

La consultation du projet de plan d'aménagement de la forêt (1972-1995) a permis d'obtenir les proportions des principales essences qui composent le boisement.

Il en ressort que le pin pignon constitue l'essence principale, ses peuplements couvrant près de 30% de la surface totale, vient ensuite le pin d'Alep avec 9%, les peuplements mélangés de ces deux résineux couvrant encore 9% de la superficie. Les feuillus, principalement représentés par les acacias et les eucalyptus, couvrent respectivement 15% et 8% de la surface totale de la nouvelle forêt.

La figure 7 qui suit représente les différentes essences utilisées pour le boisement des dunes de Dar-Chichou.



Ainsi, sur les dunes mobiles actuelles, c'est le Pin pignon (*Pinus pinca*) qui a été largement employé. Le Pin d'Alep (*Pinus halepensis*), s'il s'est avéré moins adapté aux substrats sablonneux, apparaît plus apte au reboisement des formations pré-forestières des substrats encroûtés que constituent les dunes anciennes.

Dans ce type de milieux, afin d'assurer au reboisement son rôle optimal de protection, les forestiers ont privilégié des densités de peuplements souvent très élevées. Même chez les plus âgés, rares sont les peuplements comportant moins de 800 individus à l'hectare.

Ainsi, la concurrence au sein des peuplements, entraînant l'apparition de sujets fourchus et mal venants, constitue un sérieux manque à gagner face aux nouvelles exigences de production.

Partagés entre le choix d'un couvert dense et fermé favorisant l'évolution du sol et l'adoption de règles de cultures visant à diminuer la trop forte densité, concernant les pins, les forestiers ont cherché à rétablir une densité plus faible autorisant une meilleure fructification mais aussi une production de bois plus importante.

Le cloisonnement, qui consiste à réduire la densité en passant en coupe une rangée sur trois, constitue par ailleurs une source importante de revenus.

Les garrigues ou maquis à *Quercus coccifera* (chêne Kermes), et *Juniperus sp.*(genévriers) sont associés à une végétation de Lentisque (*Pistacia lentiscus*), de Filaire (*Phillyrea angustifolia*), de Palmier nain (*Chamaerops humilis*), d'Hélianthème à feuille d'Halimus (*Halimium halimifolium*) et de Lavande à toupet (*Lavandula stoechas*).

La présence de la croûte calcaire est indiquée par l'abondance de Thym de candie (*Thymus capitatus*), lorsqu'il devient moins abondant s'ajoutent le Romarin (*Rosmarinus officinalis*), la Bruyère multiflore (*Erica multiflora*), le Genêt à balais (*Genista aspalathoides*) et le Calycotome velu (*Calycotome villosa*).

Au niveau de Djebel El Haouaria, on peut constater des lambeaux de garrigues préservés entre les champs cultivés avec des chênes qui dépassent parfois les 20 m de haut. Ces forêts sont fréquentées au printemps par les fauconniers qui viennent y déposer leurs filets en vue de capture des éperviers. Des reboisements ont été réalisées notamment par des pinèdes qui ont très bien réussi en créant des nouveaux écosystèmes très favorable à l'installation et au développement de la biodiversité animale et végétale.

Le lieu d'implantation des Aérogénérateurs est caractérisé par la présence d'une végétation naturelle disparate adaptée aux sols pauvres de la zone humide (composée de romarin, myrtes, roseaux...) avec des forts vents et embruns marins à peu près sur 10% de la superficie globale du terrain.

Les 90% restants sont occupées en majorité par des grandes cultures d'orge ou de foin avec quelques parcelles cultivés par des plantations saisonnières irriguées (piments et tomates...).

Les zones rocheuses sont occupées par des herbes sauvages (joncs, typhas...) et des arbustes dispersés (plantations d'Acacia, Pin d'Alep et quelques arbres d'Eucalyptus...).

Dans les années 90, le ministère de l'agriculture y a réalisé une plantation d'Acacia, de Pin d'Alep et d'Eucalyptus avec un succès relativement bon sur le versant protégé des forts embruns marins.

Les vois d'accès sont prévues pour ne pas traverser cette zone de plantation ni des forets voisines (Djebel Ghaname, Dar Chichou, El haouaria...).

Dece fait, il n'est pas prévu de découpe d'arbres dans cette zone.



7-2-3 La Faune

Le site de Dar Chichou est très favorable pour les espèces suivantes : la tortue terrestre, le caméléon, l'Acanthodactyle (*A. blanci*) (surtout dans les zones sablonneuses au niveau des touffes de Retam), la tarente et l'hémidactyle (dans les bâtiments, les habitations et le bois) ainsi que les couleuvres de Montpellier, vipérine et fer à cheval; leur absence n'est liée qu'au caractère artificiel du milieu.

Parmi les espèces remarquables de mammifères, on citera la genette (*Genetta genetta*) et la mangouste (*Herpestes ichneumon*). Plus loin au Sud, dans la forêt de Oued Abid on aussi pu observer la loutre; la mangouste; la musaraigne ; belette ; genette ; chacal ; renard ; hérisson ; sanglier ; lièvre ; le mérione ; gerbilles ; gerboise ; souris grise ; mulot.....

Au niveau de la forêt de Dar Chichou, il a été conçu depuis quelques années une réserve de Mammifères. C'est un ensemble d'enclos pour gazelle, sanglier, daim et serval.

L'élevage du serval (*Leptailurus serval*) a été réalisé en vue de sa réintroduction dans le pays et plus particulièrement au Cap-Bon. L'extermination de cette espèce remonte au milieu du dernier siècle.

Le serval est un carnivore qui appartient à la famille des Félidés. C'est un chat sauvage qui se distingue par son pelage fauve, tigré ou tacheté de noir et blanc sur l'abdomen.

Le djebel El Haouaria est caractérisé par la présence du Porc épic qui loge dans des terriers aménagés entre les rochers là où la végétation est la plus dense.

Au niveau du Djebel, il ya présence d'une grotte de chauve souris avec 5 espèces différentes *Rhinolophus mehelyi*, *Rhinolophus blasii*, *Rhinolophus ferrumequinum ferruquinum*, *Myotis blythi oxygnathus*, *Miniopterus schreibersi*.

Ce sont des microchiroptères insectivores et nocturnes. Ils repèrent leurs proies par les ultra-sons qu'ils émettent.

La densité de populations augmente au fur et à mesure qu'on avance à l'intérieur de la grotte. Il en est de même pour la température et le degré hygrométrique qui deviennent de plus en plus élevés.

Les chauves souris cavernicoles sont des espèces fragiles car elles ne peuvent vivre que dans des biotopes bien particuliers et ont une fécondité faible. Ce sont des espèces rares et protégées en Tunisie.

Le site de Dar Chichou est également une aire importante pour le transit des oiseaux migrateurs, notamment de printemps. En effet, la forêt de Dar Chichou est connue pour être par mauvais temps le reposoir d'attente des oiseaux migrateurs, notamment les rapaces, avant le passage obligé par El Haouaria et la traversée de la Méditerranée.

De nombreux rapaces ont été observés dans ce site: l'aigle botté (*Hieraeetus pennatus*), le circaète Jean-le-Blanc (*Circaetus gallicus*), la bondrée apivore (*Pernis apivorus*), le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*), le milan noir (*Milvus migrans*), busard des roseaux (*Circus aeruginosus*), l'épervier d'Europe (*Accipiter nisus*).

Le site de Dar Chichou, est également l'unique massif forestier d'importance de la presqu'île du Cap Bon. Très propice à l'établissement de l'avifaune sédentaire et migratrice de printemps, on y rencontrera de nombreuses espèces nicheuses comme : l'élanion blanc (*Elanus caeruleus*), la buse féroce (*Buteo rufinus*), la circaète Jean-Le-Blanc (*Circaetus gallicus*) et le faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*).

On trouve aussi à Dar Chichou de nombreuses espèces de passereaux nicheurs, dont certains sont remarquables pour ce site comme le beccroisé des sapins (*Loxia curvirostra*) et la tchagra du Sénégal (*Tchagra senegala*) et de nombreuses espèces d'oiseaux chanteurs faisant l'objet dans ce site comme ailleurs en Tunisie d'une chasse impitoyable.

Selon les résultats d'une étude ornithologique qui a concerné 4 sites au niveau de la région du Cap Bon, il s'est avéré que l'avifaune (surtout les oiseaux nicheurs) est une des plus riches de la Tunisie. 158 espèces d'oiseaux ont été dénombrées dans la région du Cap Bon, 78 ont été observés lors de l'étude ornithologique.

Sur les 78 espèces, certaines sont très présentes, et possèdent une répartition plus ou moins régulière dans toute la région (fringillidés). D'autres, moins fréquentes, sont inféodées dans certaines localités très caractéristiques (plongios nain, héron bihoreau,...)

La richesse de chaque site en espèces est différente, puisque chaque milieu visité au cours de cette étude, présente sa propre végétation. Les milieux artificiels forestiers de Dar Chichou et de Rtiba (pin d'alep, eucalyptus et accacia) abritent bon nombre de fringillidés qui trouvent leur optimum écologique dans ce milieu.

Les maquis, dont la richesse est plus forte que les milieux artificiels forestiers, permettent l'installation d'espèces sylvestres (fauvettes, merle, ...), des espèces de prairies (alouettes, perdrix, caille, ...) et des espèces de milieu buissonnants (traquet, pie grièche, ...)

L'oued Zarzour et oued El Abid, abritent des espèces qui préfèrent les joncs et les phragmites comme les fauvettes d'eau, la poule d'eau, les grèbes et de nombreux passereaux.

Malheureusement, ces sites de grand intérêt pour la nidification des oiseaux sont très menacés. En effet, la forte pression humaine à laquelle sont soumis ces milieux conditionne la structure du paysage. L'importance des parcours du bétail, la fréquence des parcelles cultivées tout près des oueds et les incendies, constituent un danger réel pour ces écosystèmes d'où la physionomie irrégulière de ces sites.

7-3 Cadre socio-économique :

Le site d'implantation des aérogénérateurs est faiblement urbanisé, la population installée dans les différentes localités avoisinantes compte environ 3 500 habitants et 500 logements.

La répartition de la population de l'aire d'étude rapportée est détaillée en page 13.

La zone d'étude est à vocation principalement agricole, l'aire d'étude immédiate et rapprochée est exploitée principalement par des cultures saisonnières d'orge, de foin (plantes adaptée aux conditions géologiques et climatiques de la zone) et aussi comme zone de pâturage pour quelques troupeaux de bovins et d'ovins d'éleveurs locaux.

Les autres activités locales consistent à la pêche aux cotes du méditerranée avec la présence à proximité du port de Sidi Daoud.

Il y a une autre activité liée aux industries agro-alimentaires situées à quelques kilomètres de la zone d'influence du projet (ateliers de concentrés de tomates, conserve de thon...).

En été le tourisme s'active et le nombre de visiteurs du site et des cotes marines augmente (port de Sidi Daoud, ville et cotes d'El haouraia...).

La voie de circulation principale la plus proche est celle de la route nationale reliant El haouaria à Tunis et la route secondaire amenant vers le village de Sidi Daoud ainsi que les pistes aménagés par la STEG lors des phases de réalisation du champ éolien.

Les parcelles utilisées pour implanter les éoliennes (16 m²/unité) et les voies de circulation (4000 m²) sont louées pour une période de 30 ans par la STEG de la part des agriculteurs de la place. Ceci leur permet de mettre en valeur leurs terres et acquérir le matériel nécessaire pour développer les cultures irriguées et de conserver leurs troupeaux.

Ainsi, l'exploitation du champ éolien modifie peu les activités traditionnelles et sociales de la zone d'étude bien qu'il participe indirectement à développer l'économie de la région par :

- la création de poste d'emploi permanent et occasionnel pour les habitants locaux ;
- l'augmentation de nombre de visiteurs de la région permettant de développer quelques activités économiques de service...
- l'augmentation du nombre de passagers à partir des voies d'accès aménagés favorisant la logistique des activités agricoles et l'accès faciles à leurs terrains...

8- Analyse des effets du projet sur l'environnement

8-1 Méthodologie d'évaluation des impacts environnementaux

Ce volet consiste à évaluer et à analyser dans le temps et dans l'espace les effets potentiels de l'extension de la Centrale éolienne de Sidi Daoud sur l'environnement général du site.

Ces effets négatifs ou positifs se feront ressentir avec des degrés divers de signification sur le milieu biophysique, biologique et socio-économique pendant la phase chantier de l'extension de la Centrale, lors de son exploitation ou lors d'éventuelles situations accidentelles.

La procédure de quantification des impacts est réalisée grâce à la technique matricielle développée par « US Geological Survey – 1971 » et plus connue sous le nom de « Matrice de Léopold ».

La **matrice de Léopold** représente une compilation des données sur l'étendue et l'intensité des impacts. Elle présente en abscisse la liste des activités prévues et en ordonnées la liste des paramètres environnementaux susceptibles d'être impactés. Chaque cellule de la matrice est subdivisée en 2 parties, dans le coin supérieur gauche est portée l'intensité de l'impact alors que dans le coin inférieur droit est portée l'étendue de ce même impact.

Généralement, **l'intensité de l'impact** est notée sur une échelle allant de 1 à 10 comme suit :

- une intensité faible pour des valeurs de 1 à 3 (en valeur absolue)
- une intensité moyenne pour des valeurs de 4 à 6
- une intensité élevée pour des valeurs de 7 à 10

Pour les évènements rares ou exceptionnels, on attribue automatiquement une intensité de 1.

L'étendue temporelle de l'impact est quantifiée selon sa durée et l'aire de son influence comme le représente le Tableau 8 qui suit :

Durée \ Aire	Aire		
	Ponctuelle	Locale	Régionale
Temporaire	1	2-3	3-6
Moyen terme	1-2	4-5	6-9
Long terme	2-3	5-6	10

Pour cette étude, les impacts négatifs prévisibles seront notés de **-1 à -10** alors que les impacts positifs seront notés de **+1 à +10** selon l'importance et l'étendu de chaque impact.

8-2 Quantification des impacts environnementaux :

8-2-1 Impacts liés à la phase chantier :

a / Impacts sur la qualité des sols :

Une superficie additionnelle de 4000 m² de pistes sera aménagée pour l'extension de la centrale, le milieu biophysique sera très temporairement affecté par les travaux de génie civil. L'intensité et l'étendue de l'impact sont estimés à - 2, vu la faible superficie dérangée par les travaux d'extension (4.5 hectares en emprise d'aérogénérateurs et en pistes d'extensions) par rapport à la superficie totale du site d'une part et la durée limitée dans le temps des travaux d'autre part.

b / Impacts sur la qualité des eaux :

Les travaux d'aménagement des pistes et de montage des aérogénérateurs de l'extension de la Centrale ne vont pas provoquer normalement des rejets hydriques. Une attention particulière revient

aux entreprises de chantier pour veiller au contrôle de l'éventuelle fuite de leurs engins et des autres équipements électromécaniques (contrôle d'huile de lubrification et hydraulique, eau de refroidissement, purgeurs...).

c / Impacts sur la qualité de l'air

Les travaux d'aménagement des pistes et de montage des aérogénérateurs de l'extension de la Centrale éolienne vont provoquer temporairement des émissions atmosphériques de poussières et des gaz d'échappement nocif (CO₂, NO_x...) due au déplacement des engins de travaux.

L'intensité et l'étendue de cet impact sont estimés à – 2, vu la superficie limitée et l'exposition temporaire des populations voisines par ces émissions.

d / Impact sur la faune et la flore :

La vocation initiale du terrain est essentiellement agricole avec des zones de culture d'orge et de pastoralisme et celle de pâturage bovin et ovin.

Pendant la phase chantier la couverture végétale est localement affectée par les travaux (superficie réservés aux engins et emprise des grues, aménagement des locaux démontables pour le personnel de chantier). Il n'est pas prévu de découpe ou d'élagage des arbres initialement existants sur site.

La faune terrestre (chèvres, vaches...) ainsi que l'avifaune locale sont temporairement influencés par ces activités de chantier.

Une prudence est à prendre de la part des chauffeurs des engins quant à l'existence sur site des troupeaux aux environ et du risque d'incident.

L'intensité et l'étendue de l'impact sont estimés à – 3 vu les effets potentiels et le dérangement causé par les travaux de génie civil sur la faune et la flore locale.

e / Impact sur le paysage et le patrimoine :

Le paysage naturel du champ de montage sera temporairement affecté par la présence des équipements et le déplacement fréquent des engins appartenant aux entreprises de chantier (bruit, émission de poussières, gênes au déplacement des personnes et des troupeaux...).

La zone ne contient pas de patrimoine protégé ou d'intérêts confirmés qui peuvent être influencée par ces travaux.

Les arbres d'Acacia, d'Eucalyptus et de Pin d'Alep nouvellement implantés dans la zone côtière ne seront pas affectés durant la phase chantier.

Ainsi l'intensité et l'étendue de l'impact seront estimés à - 2.

8-2-2 Impacts liés à la phase exploitation :

a / Impacts sur la qualité des sols :

L'exploitation de la centrale affecte peu le sol, l'emprise des supports des aérogénérateurs et des pistes est limitée à environ 2% de la superficie totale du terrain.

Les déchets et les ordures ménagères devront être collectés et transportés périodiquement par les moyens de la STEG vers la nouvelle décharge contrôlée d'El haouaria.

L'intensité de cet impact faible est évaluée à - 1.

b / Impacts sur la qualité des eaux :

La qualité des eaux de surface ou de la nappe profonde n'est pas influencée en absence de rejet de liquides accidentels et significatifs.

La STEG a prévu depuis la première phase du champ éolien la construction d'une fosse septique pour le drainage des eaux usées sanitaires et la mise à disposition des fûts de collecte des huiles usagées.

Ainsi l'intensité de cet impact est évaluée à - 1.

c / Impact sur la faune et la flore :

Après mise en marche de la centrale, la flore locale n'est pas directement affectée et les agriculteurs peuvent reprendre leurs activités courantes sans risques significatifs sur leurs cultures.

Un impact réduit est causé par la présence des nouvelles pistes aménagées car ils causent une augmentation du nombre des véhicules et des visiteurs traversant la zone avec ces impacts possibles sur la faune terrestre (bruit, poussières, incidents par collision, vol...). Cet aspect ne peut pas être atténué car la centrale et ses environs est prévue d'être ouverte à tous les visiteurs.

D'après ce qui est mentionné dans cette étude l'intensité de cet impact est évaluée à - 3.

d / Impact sur le paysage et le patrimoine :

Le paysage naturel du site revient à son état initial et sera partiellement amélioré après la fin de la phase chantier avec des pistes aménagés et un aspect esthétique et visuel agréable avec les pales des aérogénérateurs tournant à petite vitesse.

La zone immédiate est dépourvue de patrimoine particulier qui peut être menacé par l'exploitation du champ éolien. Les éoliennes installées adapté au site naturel et paysager côtier vont constituer un nouveau patrimoine et une reconnaissance à la région de Sidi Daoud.

Ainsi cet aspect est généralement positif et l'intensité de cette impact est évaluée à + 2.

7-3 Bruit et nuisances de voisinage

La phase chantier est source de nuisances sonores provenant du fonctionnement temporaire des engins appartenant aux entreprises de chantier qui présente en faite un gêne au voisinage immédiat.

Ainsi l'intensité de cet impact est évaluée à - 2.

Le principal impact négatif généré suite à l'exploitation de la centrale éolienne de Sidi Daoud avec sa nouvelle extension est l'aspect génération d'émissions sonores résultant de la rotation des pâles des nouveaux aérogénérateurs. Rappelons que ces émissions sonores sont très localisées est sont de l'ordre de 55 ou 60 dB aux alentours de chaque aérogénérateur de centaine de mètre au maximum.

L'intensité de cet impact est évaluée à - 3.

8-4 Impacts accidentels et risques technologiques :

Le genre d'accidents potentiels qui peuvent survenir dans une centrale éolienne :

*** Incendie dans le bâtiment principal ou au niveau d'un des aérogénérateurs**

La centrale dispose de moyens matériels et humains pour y faire face. La protection civile sera immédiatement alertée pour renforcer les moyens déjà disponibles de lutte et d'extinction de feu. Les procédures et les moyens de travail du personnel de la STEG rajoutés au service de sécurité qui veille constamment à l'application stricte des règles de sécurité, contribuent à minimiser au maximum les risques sur les personnes, les équipements et l'environnement.

*** Fuite d'huile de lubrification du circuit électromécanique d'un des aérogénérateurs ou déversement accidentel dans l'atelier de maintenance**

Pour le premier cas de figure, les niveaux d'huiles sont régulièrement contrôlés et associés à des alarmes automatiques en cas de baisse de niveau significative, donc réaction rapide pour arrêter les fuites. Pour le second cas de figure, le sol de l'atelier de maintenance est totalement bétonné et dispose d'une quantité de sable de secours qui sera rapidement déversée sur la flaque d'huile pour limiter sa propagation.

L'huile déversée ne pourra ainsi en aucun cas atteindre le sol ou la nappe souterraine.

*** Fuite d'huile ou incendie dans les transformateurs du poste électrique 30/ 90 KV**

Ce sont des évènements exceptionnels dont les impacts environnementaux prévisibles en cas de survenu sont localisée (sauf pertes matériels et d'indisponibilité de la production d'électricité provenant du parc éolien).

Toute fuite d'huile des transformateurs doit être localisée et remédié à temps, le sol devra être immédiatement décontaminée et éliminée du site. Le contrôle du niveau et de la qualité d'huile est systématique.

Par ailleurs, toutes les huiles diélectriques des transformateurs sont à base synthétiques et ne contenant pas des PCBs. Ce produit étant déjà en interdiction d'exportation en Tunisie depuis 1985. Pour la protection efficace contre les incendies, le poste de transformation de la centrale est équipé d'une installation de détection et de protection incendie pour les 4 transformateurs électriques et les câbles aériennes ainsi que les armoires de commande.

*** Chute d'un aérogénérateur**

C'est un évènement exceptionnel, car en cas de vent violent les pales de l'aérogénérateur s'arrêtent instantanément. Dans le cas où quand même cet évènement ait lieu la zone est normalement non occupée par des personnes à proximité immédiate des tours (pas d'habitation autorisée ou d'activités permanente au voisinage), en cas de vent fort même le personnel exploitant n'est pas autorisé de se rapprocher des support des éoliennes ou des aires de chutes probables et les passagers seront alertés et interdits de circuler dans le champ éolien.

En plus des dégâts matériels, le déversement de l'huile de lubrification dans une surface du sol devra immédiatement décontaminée et éliminée du site.

Tous les déchets solides qui pourraient résulter de ces évènements accidentels seront traités selon la réglementation en vigueur.

Compte tenu de toutes ces mesures, l'intensité des impacts accidentels est estimée à - 1 et l'étendue à - 3, vu la persistance des risques durant la vie du projet.

8-5 Impacts socio-économiques :

Les impacts socio-économiques se manifestent surtout à l'échelle nationale car la centrale éolienne de Sidi Daoud avec sa nouvelle extension va confirmer aux décideurs du pays la justesse du choix de cette énergie alternative pour produire de l'électricité. C'est une approche qui permet de limiter la facture énergétique d'une part tout en apportant un témoignage de l'engagement de la Tunisie dans une politique de développement durable qui participe à l'effort international de lutte contre le changement climatique .

A l'échelle régionale, cette centrale peut constituer une curiosité locale susceptible d'attirer un certain nombre de visiteurs et de dynamiser l'économie locale grâce au tourisme.

La centrale et son extension participent à la création de postes d'emplois occasionnels pour la phase chantier et permanent pour la phase exploitation qui s'étalera à environ 30 ans de service.

La priorité est faite au personnel originaire de la région de Sidi Daoud lors des recrutements de personnels temporaires ou permanents.

Remarque

Les parcelles de terrains utiles à l'implantation des aérogénérateurs (environ 500 m² par machine), ceux pour l'aménagement des voies d'accès de l'extension et des aires de passage des lignes souterraines sont acquis par la STEG avec des contrats de location de longue durée.

Les terrains proches des aérogénérateurs peuvent être exploités en développant des cultures irriguées de la région sans aucun risque pour la santé et sur les écosystèmes naturels.

C'est la même démarche suivie avec concordance avec les propriétaires de terrain pour les deux premières tranches de la centrale installée aux années 2000 et 2003.

9- Impact de la 3^{ème} tranche éolienne sur l'Avifaune

9-1 Contenu de l'étude d'impact sur l'Avifaune

L'objet de cette étude est d'identifier les impacts sur l'Avifaune pouvant être générés par la mise en place des aérogénérateurs de la troisième tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud, leur analyse et la mise en exergue des mesures préconisées pour la sauvegarde de l'Avifaune sur la base d'un programme de gestion environnementale (PGE).

Le contenu de la présente étude couvre chronologiquement les composantes suivantes:

- a) une description détaillée des diverses composantes du projet ;
- b) un descriptif bibliographique de l'Avifaune du site ;
- c) un descriptif bibliographique des impacts d'installations similaires sur l'Avifaune ;
- d) une analyse des conséquences prévisibles, directes et indirectes, de l'unité sur l'Avifaune migratrice, nidificatrice et hibernante ;
- e) les mesures envisagées par le maître de l'ouvrage ou le pétitionnaire pour éliminer ou réduire et si possible, compenser les conséquences dommageables de l'unité sur l'Avifaune et l'estimation des coûts correspondants ;
- f) un plan détaillé de gestion environnementale de l'unité (PGE).

9-2 Périmètre de la zone d'étude

Dans le cas des parcs éoliens, les différentes unités écologiques présentes autour du site éolien sont à prendre en compte : zones de chasse de l'avifaune, aires de repos des oiseaux migrateurs, zones de transit de la faune, gîtes de mise bas des chiroptères...

Cette approche est primordiale pour pouvoir établir le fonctionnement écologique du site et de sa dynamique.

Une perturbation sur une des unités, même si cette dernière n'est pas directement concernée par l'implantation des éoliennes, peut avoir des conséquences sur l'ensemble du fonctionnement de l'écosystème local.

Dès lors, on ne parle plus de l'aire d'étude mais des aires d'étude.

En tenant compte de l'objectif primordial de la présente étude , l'évaluation des impacts des

éoliennes sur l'Avifaune, et après avis des experts locaux, les distances au projet de ces aires d'étude seront choisies de telle manière qu'elles comprennent toutes les voies de migration, de repos, de nourrissage, de reproduction ou de nidification des oiseaux qui risquent d'être impactés par les éoliennes.

Ces aires doivent donner une représentation de la réalité du terrain en ce qui concerne :

- La présence d'une grosse concentration d'infrastructures linéaires car les éoliennes risqueraient d'augmenter les risques de collisions et pourraient modifier le comportement des oiseaux ;
- La présence d'autres parcs éoliens ;
- La présence de champs cultivés qui peuvent servir de site de nourrissage ;
- La présence de forêts, de haies à proximité, de falaises, de grottes qui sont des sites généralement très riches en oiseaux nicheurs et en chauves-souris ;
- La présence de décharges à ciel ouvert à proximité qui sont des sites de nourrissage très convoités par les oiseaux et notamment les rapaces ;
- La présence de plans d'eau à proximité qui sont des sites très convoités par les oiseaux ;
- La présence de sites environnants où la chasse est autorisée, car la chasse peut entraîner des comportements de fuite brutaux des oiseaux, susceptibles d'accroître les risques de collision avec les éoliennes ;
- La présence de zones protégées ou inventoriées, sur le site ou à proximité et les motivations de leur classement. Ces zones peuvent être des ZPS, ZSC, RNCFS, ZICO, RN, APB, RAMSAR, ZNIEFF, ENS1.

Ainsi, l'aire d'étude comprendra une aire d'une trentaine de kilomètres s'étendant sur toute la partie septentrionale du Cap Bon.

La figure 8 qui suit représente l'étendue de la présente aire d'étude relative aux aspects Avifaune.

FIGURE 8 : Vue aérienne ; étendue de l'aire d'étude



9-3 Généralités sur les impacts des éoliennes sur l'avifaune : Synthèse bibliographique

Les parcs éoliens doivent pour être efficace se situer dans les milieux ouverts les plus exposés aux vents. Les contraintes de localisation terrestres des éoliennes sont nombreuses : une localisation en adéquation avec la ressource éolienne, prenant en compte l'impact visuel sur le paysage, considérant l'aviation civile et militaire, les champs électromagnétiques, l'hydrologie, l'écologie et l'archéologie. De plus, les éoliennes sont généralement construites dans des zones à faible valeur immobilière.

Tous ces éléments ont inévitablement favorisé le développement des éoliennes dans des zones telles que les zones côtières, extra côtières ou dans les montagnes. Ces zones ont une population humaine souvent plus faibles que les autres, limitant ainsi l'impact pour l'homme, mais créant par exemple un conflit avec la conservation des espèces d'oiseaux rares et menacés. Ceci est en effet susceptible d'affecter les habitats nécessaires pour la reproduction, l'hivernage et la migration de nombreuses espèces d'oiseaux. L'impact des éoliennes sur l'avifaune est très variable et dépend notamment : du type d'éoliennes, de la topographie des lieux, des habitats présents, et enfin des espèces présentes et de leurs effectifs. Les impacts peuvent être multiples : fragmentation des habitats, réduction des territoires mais le principal impact reste la collision.

On considère souvent les effets négatifs des éoliennes sur l'avifaune résultant uniquement de l'exploitation de ces dernières mais il faut également considérer les impacts divers lors de la construction du site (bruit, dégradation du milieu,...) ainsi que pendant l'entretien et la réparation du parc éolien, l'augmentation du dérangement lié à la construction d'une route ou d'une piste permettant l'accès au parc (la présence d'une piste entraîne l'augmentation de la fréquentation humaine).

Bien que les premières recherches sur les interactions oiseaux/éoliennes voient le jour dès la fin des années 1960, il faut cependant attendre 1994 pour que soit mise en place aux Etats-Unis une standardisation des protocoles. Malgré cela, il faut signaler que les données ne sont représentatives que d'une configuration particulière, chaque site d'implantation possédant ses propres spécificités. D'un site à un autre la reproductibilité des faits constatés n'est donc pas systématiquement valable. Il faut ainsi interpréter avec prudence les différents résultats obtenus. Par ailleurs on manque encore de recul temporel pour de nombreux sites dont les suivis ont débuté récemment.

Les taux de mortalité qui ressortent de diverses études varient selon plusieurs paramètres qui sont le taux de fréquentation des sites, les espèces présentes, le nombre et le type d'éoliennes, la

disposition des éoliennes, les conditions météorologiques, et le type de déplacement. Ces taux oscillent entre 0,03 oiseau/éolienne/an à plus de 2 oiseaux/éolienne/an, ces chiffres constituant une moyenne. Les plus grands parcs éoliens se trouvent aux Etats-Unis avec plus de 5400 turbines à Altamont Pass et 5000 à Tehachapi Pass. Dans un tel contexte, les dégâts engendrés sur l'avifaune peuvent être considérables.

C'est ainsi qu'un taux de 90 oiseaux/éolienne/an a pu être observé aux Etats-Unis. Sur les couloirs migratoires, les taux de mortalité par éolienne et par an sont également très importants, étant de 33 oiseaux environ.

Sur le site d'essai à Tjaereborg, dans la partie occidentale du Danemark, où a été installée une éolienne de 2 MW avec un diamètre de rotor de 60 mètres, on a réalisé des études-radar pour voir comment réagissent les oiseaux à la rencontre d'une éolienne.

Les études ont révélé que les oiseaux tendent à changer leur route de vol quelques 100 à 200 mètres avant d'arriver à une éolienne de façon à passer au-dessus des éoliennes à une distance sûre.

Au Danemark, il y a plusieurs exemples d'oiseaux (faucons) nichant dans des nichoirs montés sur les tours d'éoliennes.

Une étude élaborée par le Ministère danois de l'environnement et de l'énergie a démontré que, en réalité, les lignes à haute tension, y compris celles conduisant aux parcs éoliens, constituent un danger bien plus important que les éoliennes en elles-mêmes.

Certains oiseaux s'habituent très rapidement à la présence d'éoliennes, alors que d'autres prennent plus de temps pour s'y faire. La possibilité de construire un parc éolien à proximité d'habitats d'oiseaux dépend donc de l'espèce d'oiseau y vivant. Lorsqu'on détermine l'emplacement d'un parc éolien, on prend normalement en compte les routes migratoires des oiseaux, bien que des études réalisées au Yukon, dans le nord de Canada, montrent que les oiseaux migrateurs n'entrent pas en collision avec les éoliennes.

Les oiseaux migrateurs sont principalement sensibles aux risques de mortalité directe par collision et de perturbation, directe ou indirecte, des individus en halte migratoire et modifications ou perturbations des axes de vol.

Les oiseaux hivernants et en stationnement inter nuptial sont principalement sensibles aux risques de perturbation, directe ou indirecte, des individus en stationnement par diminution des surfaces de stationnement et avec des risques plus faible de collisions car l'apprentissage des juvéniles est possible.

Les oiseaux nicheurs sont principalement sensibles aux risques de perturbation, directe ou indirecte, des individus en phase de recherche alimentaire ; perturbation potentielle des axes de vols. Dérangements en périodes de nidification Mais risque plus faible de collisions car apprentissage possible ; mortalité potentiellement plus forte en phase pré- et post-émancipatoire des juvéniles.

Les paragraphes qui suivent développent et résument les principaux impacts constatés à travers la bibliographie subis par l'Avifaune suite à la mise en place d'un parc éolien.

a) Augmentation de la mortalité par collision

La mortalité par collision peut se traduire non seulement par des collisions avec les rotors mais aussi avec des tours, des nacelles, des câbles ou encore des lignes électriques. Des oiseaux ont déjà été observés entrain d'être projetés vers le sol par le tourbillon provoqué par le déplacement des rotors. La mortalité de certaines espèces peut avoir des conséquences importantes, notamment lorsqu'elle concerne des espèces ayant une durée de vie longue avec une faible production annuelle et une maturité sexuelle tardive. Il pourrait ainsi y avoir des conséquences à l'échelle locale, régionale voire internationale s'il s'agit d'espèces menacées.

Le risque de collision dépend d'un grand nombre de facteurs liés à l'espèce d'oiseau (effectif, éthologie,...), aux conditions climatiques, à la topographie et enfin au type de parcs éoliens.

Le risque de collision est ainsi plus important dans les zones fréquemment utilisées par l'avifaune que ce soit comme zone de repos ou d'alimentation mais aussi comme couloirs de migration. D'autres facteurs sont susceptibles d'augmenter le risque comme la taille de l'oiseau et son agilité en vol (un oiseau de grande taille est ainsi plus exposé au risque de collision avec les structures qu'un oiseau de petite taille), la période d'activité (une espèce volant à l'aube ou au crépuscule, voire de nuit, a potentiellement moins de chance de détecter les installations qu'une espèce diurne). Au sein d'une espèce, le risque peut également varier en fonction de l'âge, du comportement de l'oiseau ou du cycle de reproduction.

Lorsque les conditions météorologiques sont mauvaises et que la visibilité est diminuée par le brouillard ou la pluie, le risque de collision avec les structures augmentent. Toutefois cet effet est compensée par l'activité moindre des oiseaux dans de telles conditions, mais lorsque des individus sont en migration ils ne peuvent échapper aux modifications climatiques et sont donc exposés aux risques de collision.

La taille et l'alignement des turbines et du rotor sont susceptibles d'influer sur le risque de

collision. De plus, la présence de voyants d'alarme sur les turbines destinés à l'aviation et aux transports maritimes peut augmenter le risque de collision en attirant et désorientant les oiseaux. L'effet de la lumière dans ces circonstances est mal connu.

La majorité des études menées à travers le monde a démontré un faible taux de mortalité des oiseaux liée aux collisions avec des éoliennes. Ces taux de mortalité sont habituellement compris entre 0 et 3,4 oiseaux/éolienne/an.

Même si ces chiffres varient selon la sensibilité de chaque site, la mortalité liée aux éoliennes reste faible au regard des impacts d'autres infrastructures humaines.

Bien entendu, les conséquences de cette mortalité sont différentes selon la rareté ou non des espèces concernées.

Ainsi les lignes électriques HT enregistrent des taux de mortalité de 80 à 120 oiseaux/km, les lignes MT un taux de 40 à 100 oiseaux/km, les autoroutes et routes 30 à 100 oiseaux/km, la chasse et le braconnage, les pratiques culturelles et l'urbanisation plusieurs millions d'oiseaux chaque année.

Les taux de collision les plus élevés concernent principalement des rapaces. Ainsi en France ces cas sont très préoccupants car ils concernent principalement des espèces relativement rares, qui sont de plus longévives avec une production annuelle faible comme le Vautour fauve (*Gyps fulvus*) ou encore l'Aigle royal (*Aquila chrysaetos*). On estime ainsi qu'à Navarre, plus de 75 aigles royaux et 400 vautours fauves sont tués chaque année par collision avec les turbines.

b) Le déplacement des oiseaux

Les oiseaux vivant au niveau ou à proximité des parcs éoliens peuvent être amenés à se déplacer. Ce déplacement peut avoir lieu soit pendant la construction soit plus tard lors de l'exploitation des éoliennes, et être causé par la présence des turbines (impact visuel ou auditif, vibrations, mouvements accrus de véhicules ou de personnels).

L'ampleur du déplacement varie selon le site concerné et selon les espèces d'oiseaux présentes.

La distance d'impact généralement observée autour de laquelle on retrouve moins d'oiseaux est de 600 m autour du parc éolien pour les zones d'alimentation. La distance d'impact semble être inférieure en ce qui concerne la nidification. Ces faibles distances pourraient s'expliquer par la fidélité aux sites reproducteurs des individus déjà présents. Le véritable impact devrait être révélé sur le long terme lorsque de nouveaux oiseaux remplaceront les nicheurs actuels.

Différentes études sur le sujet montrent que l'ampleur de la perturbation causée par les fermes éoliennes varie considérablement. Cette variation est susceptible de dépendre d'un large éventail de facteurs, y compris les variations saisonnières et diurnes des modes d'utilisation par les oiseaux, de l'emplacement des fermes par rapport aux habitats importants, de la disponibilité d'autres habitats et peut-être aussi des turbines et de leurs spécifications.

Ainsi plusieurs études ont montré qu'il n'y avait pas de déplacements significatifs chez les rapaces, et notamment chez l'Aigle royal (*Aquila chrysaetos*) après la construction d'un parc éolien. En effet, la construction d'un tel parc entraîne souvent l'ouverture du milieu qui est favorable au développement des proies de nombreux rapaces. Ces derniers ne sont donc pas repoussés par les éoliennes lorsque la zone est un territoire d'alimentation du fait de l'augmentation des ressources. Toutefois la conclusion semble moins évidente, et doit encore être étudiée, concernant les sites de reproduction.

L'absence de déplacement des rapaces en présence d'un parc éolien augmente donc leur vulnérabilité au risque de collision. Généralement un oiseau subissant les conséquences du déplacement ne sera donc pas soumis également au risque de mortalité par collision, et inversement un oiseau déplacé suite à la construction du parc ne devrait pas être menacé par le risque de collision.

c) L'effet de barrière

La présence de parcs éoliens peut provoquer une modification des voies de migration ou des trajectoires entre les différents habitats. Ce déplacement est susceptible d'engendrer des dépenses d'énergies supplémentaires lorsque les oiseaux doivent s'éloigner afin d'éviter les turbines.

L'impact dépend des espèces concernées, de la hauteur du vol, de la distance aux turbines, de l'heure de la journée, de la force et de la direction du vent.

La littérature suggère que les parcs éoliens auraient peu d'impacts sur les voies migratoires.

Toutefois il existerait un impact plus important sur les trajets quotidiens des oiseaux entre les zones de nidification et d'alimentation, ou lorsque plusieurs parcs éoliens interagissent cumulativement pour créer une vaste barrière de plusieurs dizaines de kilomètres détournant sensiblement le trajet, et augmentant ainsi les dépenses énergétiques.

d) La perte et le changement d'habitats

L'importance de la perte d'habitats liée à la construction d'un parc éolien dépend principalement de la taille du projet. Généralement la perte d'habitats réelle est de l'ordre de 2 à 5 % de la superficie dévolue au projet.

Des modifications d'habitats suite au changement d'utilisation des terres ou des fonds marins peuvent également avoir lieu. Actuellement, il y a beaucoup d'incertitude sur l'ampleur et la nature des modifications. Toutefois on ne peut exclure la possibilité de changement bénéfique comme ce fut le cas en Californie où la construction d'un parc éolien a conduit à une augmentation de la disponibilité en mammifères (grâce à une augmentation du nombre de terriers), et de ce fait une augmentation des proies pour certaines espèces de rapaces. Mais ceci peut également conduire à une augmentation des collisions de rapaces sur les turbines situées à proximité.

e) Cas particulier aux chauves souris

Si de nombreuses études font depuis longtemps état de l'impact des éoliennes sur les oiseaux, les cas de mortalité sur les chauves-souris ne sont véritablement documentés que depuis 1996.

Avec le suivi d'un nombre croissant de parcs éoliens en fonctionnement, la quantité de chauves-souris mortes augmente et peut atteindre localement des chiffres alarmants si l'on tient compte des biais de recherche des cadavres (taux de découverte par les chercheurs et disparition naturelle des cadavres). Cette mortalité représente en moyenne 2 à 3 chauves-souris par turbine et par an, ce qui est loin d'être négligeable pour des espèces à faible taux de reproduction (1 jeune par an).

La mortalité des chiroptères est actuellement considérée comme généralement plus élevée que celle des oiseaux.

Enjeu encore plus important que celui des oiseaux, en dehors de certains rapaces à cause :

- de la fragilité (déclin) des populations
- du faible taux de reproduction
- de l'espérance de vie importante
- d'une plus grande difficulté pour compenser la mortalité

Ainsi, la mort de quelques individus a des conséquences bien plus importantes que pour les oiseaux.

Cette mortalité des chauves-souris est constatée

- Surtout près des forêts et des crêtes
- Surtout à partir du mois d'août (dispersion des colonies)
- Surtout au niveau des espèces migratrices

- Également pour les espèces locales à proximité des colonies de mise bas
- Varie fortement en fonction des milieux et des parcs éoliens

Les causes de mortalité sont encore très mal connues mais il apparaît de prime à bord qu'elles sont surtout liées à la forte concentration d'insectes autour des nacelles (chaleur et lumière).

On a ainsi observé que cette mortalité est fortement corrélée aux pics de développement des insectes dans des conditions de vents faible (vitesse de rotation des pâles faibles) et juste avant et après les fortes pluies.

L'hauteur des mats a une très grande influence sur la mortalité des chauves souris migratrices qui migrent à une altitude de 50 à 150 m.

Les espèces les plus impactées sont les Noctules, les Pipistrelles, les Sérotines, le Minioptère de Schreibers, le Molosse de Cestoni

Des éoliennes potentiellement dangereuses pour les oiseaux qui risquent de heurter les pales, le sont encore plus pour les chauves-souris, qui peuvent succomber aux chutes de pression observées à proximité des turbines, selon une étude parue aux Etats-Unis.

Quelque 90% des corps de chauves-souris retrouvés près d'éoliennes montraient des signes d'hémorragie interne provoquée par un traumatisme résultant apparemment d'une chute soudaine de la pression de l'air appelé barotraumatisme, expliquent-ils.

Seulement la moitié des chauves-souris tuées avaient des signes d'impact direct avec des pales d'éolienne.

Dans la mesure où les chauves-souris sont pourvues d'une sorte de radar leur permettant de détecter les objets, elles peuvent éviter les collisions. Mais la chute de pression atmosphérique à proximité des pales d'éolienne n'est pas détectable par les chauves-souris ce qui expliquerait le nombre important de ces animaux tués près de ces structures.

Les systèmes respiratoires des chauves-souris et des oiseaux sont très différents. Chez les chauves-souris, comme chez les autres mammifères, les poumons sont comme des ballons souples dotés de parois fines reliés à des capillaires.

Quand la pression de l'air baisse soudainement, les poumons peuvent se dilater excessivement faisant éclater les capillaires.

La plupart des chauves-souris tuées par les éoliennes sont des espèces migratoires. Les chauves-souris vivent parfois plus de 30 ans et ont un taux de reproduction assez faible. Une femelle donne naissance à un ou deux petits par portée et pas toujours annuellement.

Ces faibles taux de reproduction peuvent limiter la capacité de ces chauves-souris de compenser les lourdes pertes résultantes de leur rencontre avec des éoliennes, accroissant le risque de danger d'extinction.

9-4 Facteurs d'influence sur l'Avifaune

- **Présence d'infrastructures**

La zone est caractérisée par l'absence d'autres infrastructures linéaires significatives à l'exception de la ligne HT Sidi Daoud-Menzel Temime qui prend la direction plein Sud Sud-Est à partir du poste de transformation de la Centrale.

- **Présence d'autres parcs éoliens**

Hormis les 2 premières tranches de la Centrale éolienne de Sidi Daoud, la zone ne présente pas d'autres parcs éoliens.

- **Présence de champs cultivés**

Le site de la troisième tranche est entouré de champs cultivés surtout au niveau de sa partie Ouest le long des côtes jusqu'à la ville d'El Haouaria.

- **Présence de forêts, de haies, de falaises, de grottes**

Cinq éoliennes sont situées directement sur des terrains naturels colonisés par du maquis. Les autres éoliennes sont situées sur des terres cultivées avec prédominance de cultures maraîchères.

La forêt Dar Chichou la plus importante du point de vue taille dans les entourages est située à environ 4 km à vol d'oiseau de la Centrale éolienne. Cette forêt artificielle est plus ou moins préservée de l'action anthropique car elle est mise en garde par la direction générale des forêts qui la gère concernant les coupes de bois ou la récolte du pin pignon, et qui contrôle rigoureusement les activités de chasse.

Le Djbel El Haouaria avec ces falaises et sa grotte où nichent les chauves-souris sont situées à environ 10 Km de la centrale éolienne. Le djebel El Haouaria subit plusieurs actions anthropiques qui sont le surpâturage, la chasse inconsidérée, le piétinement, le déboisement, l'incendie, le défrichement abusif et la mise en culture.

Au niveau du site d'implantation de la centrale éolienne, la couverture végétale est caractérisée par l'absence de formations forestières ou de garrigues mais la présence de zones à maquis.

- **Présence de décharge à ciel ouvert**

La décharge contrôlée à ciel ouvert de la ville d'El Haouaria est située à environ une dizaine de kilomètres de la centrale dans la localité dite de Mgataa.

Une décharge sauvage des déchets de l'usine des conserves alimentaires de Sidi Daoud au contrebas de la centrale éolienne au voisinage (100-200 m de l'éolienne la plus proche) du

village de Borj Salhi a été fermée récemment (Il ya 12 mois). Cette décharge constituait un point de rassemblement pour un certain nombre d'espèces d'oiseaux dont notamment les mouettes qui venaient se nourrir des restes de déchets de la conserverie.

- **Présence d'un plan d'eau d'importance**

Le seul plan d'eau d'importance présent au voisinage direct du site est la mer Méditerranée.

Le lac collinaire le plus proche est situé au niveau de Djebel El Haouaria à environ 10 Km du site de la Centrale.

La Garaat El Haouaria située à une dizaine de kilomètre du site de la Centrale est une zone humide qui a été asséchée par le creusement d'un canal artificiel débouchant vers la mer en vue de son exploitation agricole.

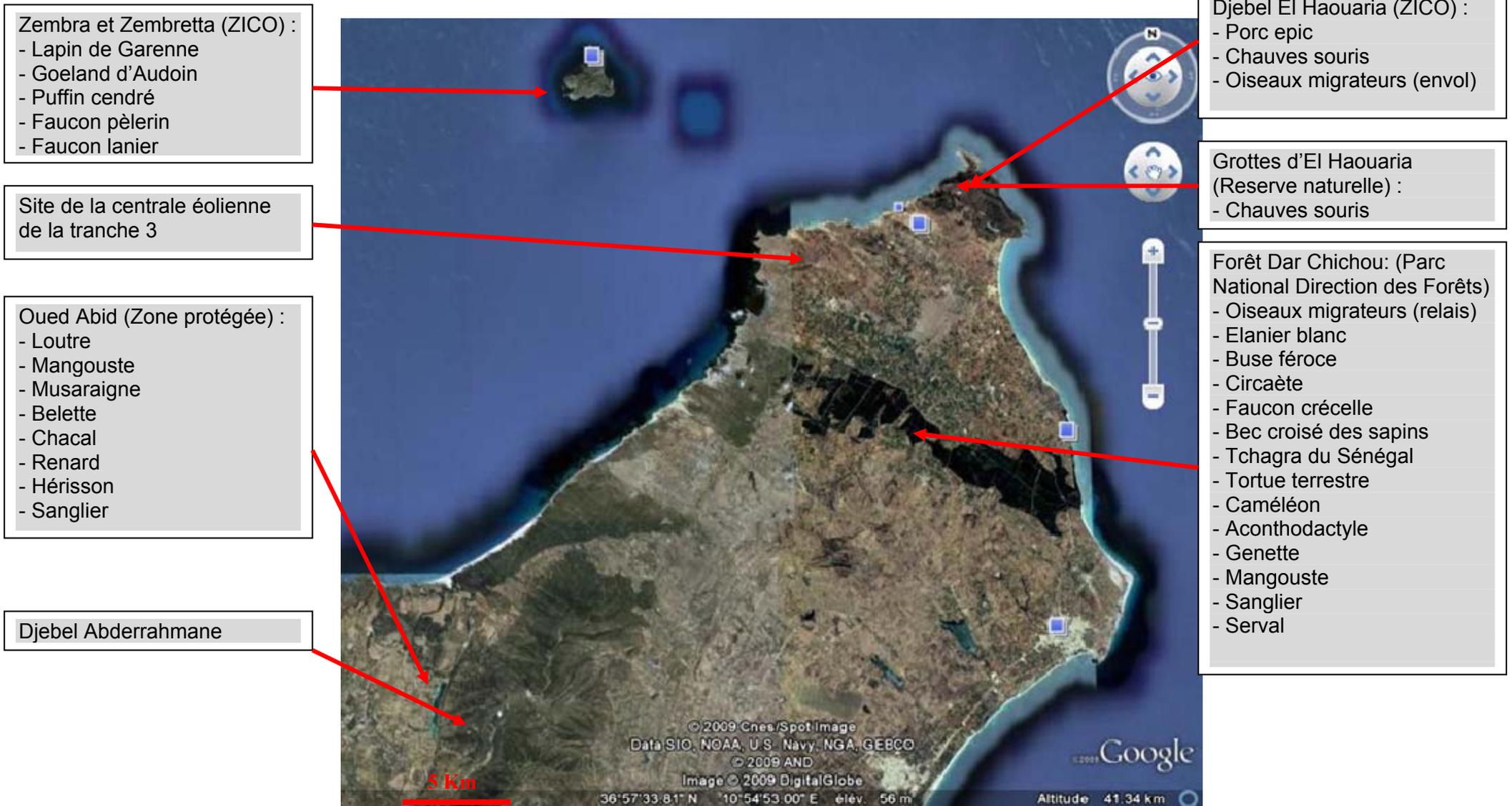
- **La Chasse**

La Chasse à l'arme à feu est peu pratiquée dans la région d'El Haouaria. Une pratique de chasse à l'épervier est réalisée périodiquement au printemps mais en dehors de la zone limitrophe à la centrale éolienne. Cette chasse qui consiste en la pause de filets pour piéger les éperviers se pratique traditionnellement aux environs de Djebel El Haouaria à environ 10 Km du site de la centrale.

- **Les zones protégées**

La figure 9 qui suit représente les principaux habitats naturels protégés avec les espèces remarquables associées aux alentours de la centrale éolienne de Sidi Daoud.

Figure 9 : Principaux habitats naturels protégés et espèces remarquables associées



- **Le parc national de Zembra et Zembretta**

En 1977, cet archipel est érigé Parc National Marin et Terrestre et Réserve pour la Biosphère. L'île de Zembra est située à environ 9 miles marins au nord du port de Sidi Daoud. Elle occupe une superficie de 389 hectares et 9 km de linéaire côtier. L'îlot de Zembretta se trouve au sud-est de Zembra, à une distance d'environ 2 miles marins. Sa superficie ne couvre que 2 hectares.

L'île principale est entourée de deux îlots: l'Antorcho au nord-est et la Cathédrale au sud-ouest. En général, les eaux de ce territoire sont caractérisées par la présence d'un très grand nombre d'espèces animales et végétales, parmi lesquelles certaines sont aujourd'hui menacées d'extinction ou devenues très rares. Ces dernières mériteraient donc de faire l'objet d'un programme adapté d'éducation et de sensibilisation. Jusque dans les années 60, l'archipel offrait encore un refuge au phoque moine qui a aujourd'hui pratiquement disparu dans le bassin méditerranéen. L'île, qui constitue encore un habitat idéal pour l'espèce, pourrait en être de nouveau peuplée, à condition que les phoques soient convenablement protégés, à travers notamment des campagnes d'éducation et d'information.

Du fait de ses courants riches en plancton, la zone dispose d'importants effectifs de sardines et de thons. Par ailleurs on y observe fréquemment la présence de dauphins et de tortues marines.

En ce qui concerne le milieu terrestre, l'aire protégée et les zones côtières limitrophes sont caractérisées par la présence de nombreuses espèces animales et arbustives, dont certaines sont devenues rares car menacées d'extinction ou endémiques. En ce qui concerne les mammifères terrestres, Zembra est la seule région d'Afrique où le lapin de garenne vit à l'état sauvage. On estime que celui-ci pourrait avoir été introduit sur l'île au temps des romains ou des phéniciens, comme réserve de nourriture.

L'une des ressources biologiques les plus précieuses de ces territoires est constituée par la présence d'une avifaune extrêmement riche, caractérisée par des espèces migratrices et nidificatrices.

L'archipel est une zone de nidification pour deux espèces aujourd'hui rares dans le bassin méditerranéen: le goéland d'Audouin, caractérisé par un bec rouge barré de noir, et le cormoran huppé. On estime que Zembra possède la plus grande colonie de puffins cendrés de toute la Méditerranée, avec plus de 10000 couples. L'intérieur des terres est lui aussi caractérisé par le passage et la présence de nombreux rapaces, tels que le faucon pèlerin ou le faucon lanier.

Sur l'île, la flore présente une extrême variété, les vents forts et les oiseaux migrateurs ayant favorisé la diffusion d'espèces originaires des pays limitrophes (Espagne, Sicile, Grèce, Tunisie, Orient). On retrouve une partie de ces espèces au Cap Bon également. La végétation de

Zembretta est principalement constituée d'espèces halophiles, le sommet de l'îlot étant recouvert de lentisque, d'oléastres et de palmiers nains.

En général, la présence de hautes falaises et de grottes naturelles, la proximité de « zones Humides » (barrages Mlaabi, Abdel Monem, garaet El Haouaria, lagunes de Soliman, barrage Bezirk) et la présence d'écosystèmes caractérisés par une forte diversité morphologique et biologique, contribuent à augmenter la valeur biologique et paysagère de ce territoire.

- **La réserve naturelle de la grotte d'El Haouaria**

La grotte d'El Haouaria située au niveau du Djebel El Haouaria est considérée comme une réserve naturelle protégée vu la rareté et la fragilité des espèces de chauves souris qui la colonisent.

Aucune étude scientifique concernant spécifiquement les chauves souris n'a été réalisée à ce jour.

- **Le projet de préservation des zones humides et des écosystèmes côtiers du bassin Méditerranéen**

Au niveau du Cap Bon ce projet de conservation englobe les lacs et sebkhas d'El Maamoura et Kélibia, les 2 forêts de Dar Chichou et Oued Abid, le Mont d'El Haouaria et les îles de Zembra et Zembretta.

Toutes ces zones sont considérées à vulnérabilité forte selon les indices de classement utilisés qui tiennent compte de la sensibilité du site et des risques qu'il encoure.

Ce projet entre dans le cadre des efforts régionaux déployés au profit de la protection de la diversité biologique en Méditerranée et vise à renforcer les capacités des pays concernés en vue de développer leurs mécanismes législatifs, institutionnels ainsi que l'effectif humain dans la gestion des zones naturelles. Du côté tunisien, c'est l'Agence de Protection et d'Aménagement du Littoral (APAL) relevant du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable (MEDD) qui prend en charge ledit projet qui touche, en plus de la Tunisie, le Maroc, l'Egypte, la Palestine, le Liban et l'Albanie, soit en tout six pays méditerranéens.

- **Les ZICO ou zones importantes pour la conservation des oiseaux**

Dans la région du Cap bon, la montagne d'El Haouaria, les îles de Zembra et Zembretta, la lagune de Korba et Bir Lebna sont considérées comme ZICO.

Les ZICO les plus proches du site de la centrale éolienne sont les îles de Zembra et Zembretta qui renferment la colonie de reproduction la plus importante de la méditerranée de *Calonectris*

diomedea, 10 couples de Falco peregrinus ainsi que 10 couples de Larus audouinii et 100 couples de Larus cachinnans.

Au niveau des hauteurs de Djebel El Haouaria qui constitue un lieu de concentration des oiseaux migrateurs qui ont hiverné en Afrique et qui rejoignent l'Europe pendant la saison printanière à travers la passe du détroit de la Sicile ce qui leur évite de longues traversées de la mer Méditerranée.

- **Les Réserves de chasse**

La chasse est réglementée par la loi n°2005-13 du 26 janvier 2005. Les réserves de chasse où toute activité de chasse est interdite sont fixées annuellement par arrêté du Ministre de l'Agriculture et des ressources hydrauliques. Les réserves de chasse les plus proches de la zone de la centrale de Sidi Daoud sont le Parc National de Zembra et Zembretta, la réserve naturelle des grottes des chauves souris d'El Haouaria, les grottes romaines d'El Haouaria et le Djebel Sidi Belbiadh d'El Haouaria.

- **Les couloirs migratoires au niveau du Cap Bon**

La péninsule du Cap Bon constitue un couloir migratoire aussi important que le détroit de Gibraltar et le Bosphore.

Annuellement entre mars et mai, 20 000 à 40 000 individus de 24 espèces de rapaces survolent le site. Il a aussi été observé un nombre significatif de Cigognes *Ciconia ciconia* et *Ciconia nigra* mais aussi des Grus grus, Asio otus, Asio flammeus, Otus scops, Coturnix coturnix et Oriolus oriolus.

Le couloir migratoire au niveau de toute la Tunisie est schématisé au niveau de la figure 10 dans la page qui suit :

Figure 10 : Schéma des couloirs migratoires principaux de l'Avifaune en Tunisie



Ainsi, le Cap Bon est un haut lieu pour les migrations des oiseaux et joue au printemps un rôle de tremplin pour les oiseaux européens qui regagnent leurs lieux de nidification.

Ceci va concerner essentiellement les oiseaux planeurs tels que les cigognes, les grues et les nombreux rapaces qui ne peuvent soutenir un vol battu pendant longtemps. Ces espèces utilisent les courants d'air chaud qui se forment au dessus des reliefs. Ce qui va leur permettre de prendre de l'altitude et de se laisser glisser en pente douce sans battre des ailes jusqu'à la destination finale en parcourant des distances considérables sans efforts.

Ces courants ascendants à airs chauds n'existent pas au dessus de la mer qui constitue ainsi un obstacle important aux déplacements migratoires des oiseaux.

La saison de migration des oiseaux au niveau du Cap Bon peut être divisée en 3 périodes distinctes :

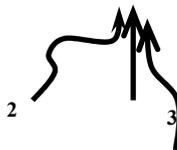
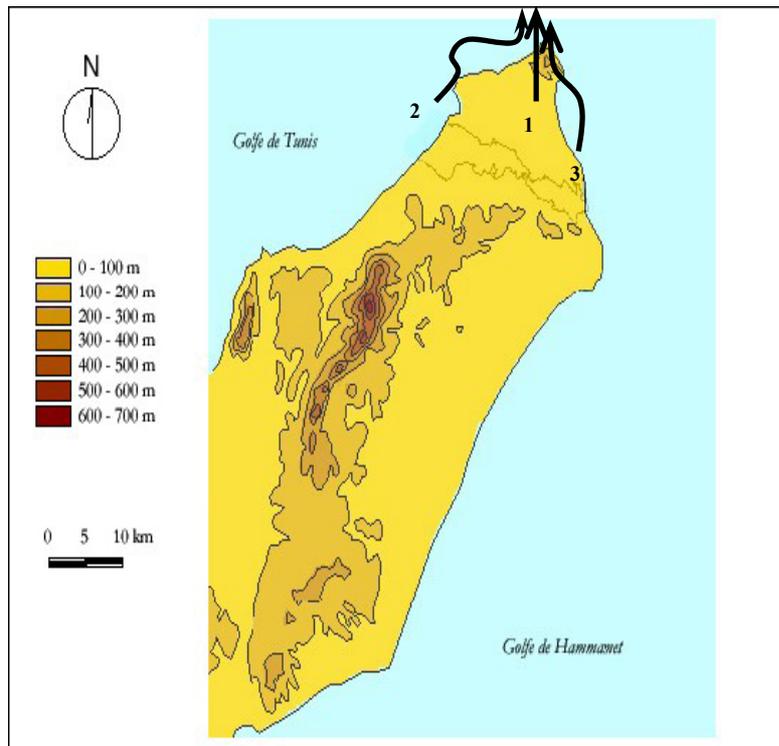
- La migration du printemps qui s'étend du mois de Mars au mois de Juin dans le sens Afrique-Europe. Cette migration est caractérisée par des vols en bandes comprenant un grand nombre d'individus. La migration du printemps est rapide comparativement à la migration de l'automne et les oiseaux qui remontent vers leurs lieux de nidification sont ainsi pressés de se reproduire.
- La migration de l'automne qui s'étend du mois de Septembre au mois de Novembre dans le sens Europe-Afrique. Les oiseaux qui migrent pendant cette période sont beaucoup plus dispersés que pendant la migration de printemps avec réalisation de plusieurs haltes en cours de chemin.
- La migration des oiseaux d'eau (canards, oies) qui commence en fin novembre pour le voyage Europe-Tunisie et en fin février pour le retour dans le sens Tunisie-Europe.

L'altitude de vol est très variable selon les espèces et s'étend de quelques dizaines à quelques centaines de mètres au dessus du sol. Certaines espèces volent très haut, notamment les oies et les grues qui ont été vues entre 3000 et 5000m d'altitude. Les rapaces qui passent au Cap Bon évoluent à quelques centaines de mètres de hauteur lorsque le vent n'est pas trop fort. Seulement quand celui-ci souffle en rafales, ils sont contraints de voler au ras des pentes pour progresser.

Les rapaces, cigognes, grues, hirondelles, martinets et de nombreux granivores sont des migrateurs diurnes alors que de nombreux oiseaux d'eau sont des migrateurs nocturnes.

Selon les divers camps d'observations de la migration des oiseaux au niveau de la pointe du Cap Bon, les couloirs migratoires des oiseaux au niveau de la pointe du Cap bon varient souvent avec la direction des vents dominants. Il n'y a pas ainsi de couloir migratoire préférentiel.

Les voies les plus suivies qui ont été observées à partir de Djebel El Haouaria sont représentées au niveau de la figure 11 qui suit :



La voie la plus suivie est la voie directe n°1, soit direction Nord en prenant de la hauteur grâce aux courants ascendant créés par le Djebel Haouaria.

Les voies 2 et 3 ont aussi été observées en cas de prédominance de vents de direction plutôt Ouest ou Est. Rappelons que la direction des vents dominants les plus forts dans la zone est Nord Nord-Ouest.

9-5 Analyse des conséquences prévisibles directes et indirectes de la 3^{ème} tranche de la Centrale éolienne sur l'Avifaune

Cette partie se focalisera sur l'identification et à l'évaluation des effets directs et indirects de l'exploitation de la Centrale éolienne de Sidi Daoud sur l'Avifaune de la zone.

Les impacts seront évalués essentiellement selon leur amplitude, c'est à dire leurs gravités et leurs effets sur l'Avifaune.

9-5-1 Approche méthodologique

L'analyse des effets sur l'Avifaune des installations en fonctionnement normal est basée sur une méthode faisant un état des lieux exhaustif de l'environnement naturel du site retenu, d'identifier les éventuelles nuisances apportées par l'exploitation des installations et de vérifier qu'elles ne présentent pas d'impacts particuliers sur l'environnement.

Cette méthode tient compte de toute modification négative ou positive résultant totalement ou partiellement des aspects environnementaux des aérogénérateurs de la Centrale éolienne de Sidi Daoud.

L'évaluation des conséquences de l'exploitation des éoliennes sur l'Avifaune concernera l'analyse des résultats d'un enquête réalisée pendant la journée du 9/07/2009 auprès des personnes qui fréquentent le plus le site en question et une extrapolation de la synthèse bibliographique sur les impacts potentiels des éoliennes sur l'Avifaune aux conditions particulières de la tranche 3 de la Centrale éolienne de Sidi Daoud.

9-5-2 Enquête menée sur site

Avant le début d'exploitation de la troisième tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud, 2 tranches étaient déjà en exploitation depuis 9 ans en ce qui concerne la première tranche et 6 ans en ce qui concerne la deuxième tranche.

Une enquête de voisinage menée auprès des exploitants de la STEG, des agents de maintenance de la Société MADE, des riverains, des exploitants agricoles, des fermiers et des visiteurs occasionnels a été réalisée en vue de cerner un tant soit peu les impacts directs des éoliennes sur l'Avifaune de la zone.

Pour ce faire, un questionnaire ou fiche d'enquête sur l'Avifaune a été élaboré pour mener l'entretien avec les personnes concernées. Ce questionnaire est présenté sur le tableau 9 qui suit :

Tableau 9 : Formulaire fiche d'enquête sur l'Avifaune

Identité de la personne	
Qualité	Voisin exploitant maintenancier fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	
Expérience avec l'Avifaune	
Constat d'oiseaux morts	Oui Non
Période du constat	
Espèce (s) touchée (s)	
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	
Présence de prédateurs sur la zone	Oui Non
Type de prédateur	
Autres remarques	

Les fiches d'enquêtes qui ont pu être renseignées (environ une quinzaine de personnes interviewées) sont jointes en annexe 1 à ce présent rapport.

Ces fiches vont ainsi nous permettre de donner une idée approximative préliminaire des impacts potentiels des éoliennes sur la mortalité et la fréquentation de l'Avifaune dans la zone directe d'étude.

Elles vont ainsi nous renseigner s'il y'a eu des constats directs d'oiseaux morts sous les éoliennes et de la pertinence de ces observations par la présence de prédateurs dans les environs qui risquent d'enlever les cadavres potentiels.

Les résultats synthétisés de cette enquête sont représentés sur le tableau 10 qui suit :

Tableau 10 : Résultats synthétisés de l'enquête

Personnes interviewées	6 exploitants de la Centrale éolienne, 2 agents de la société de maintenance des éoliennes, 5 agriculteurs exploitant les terrains en dessous des éoliennes et 2 voisins aux éoliennes
Fréquence des visites aux éoliennes	La majorité des personnes interviewées (11 sur 15) passent au voisinage des éoliennes tous les jours, une personne 1 fois tous les 2 jours, une personne 1 fois par semaine, une autre 2 fois par semaine et une autre 3 à 4 fois par semaine
Expérience avec l'Avifaune	5 personnes se sont déclarées connaisseurs de l'Avifaune de la zone, 6 ont une toute petite connaissance et le reste aucune idée.
Constat d'oiseaux morts	8 personnes ont fait un constat d'oiseaux morts sous les éoliennes pendant toutes les saisons
Espèces touchées	La majorité des espèces touchées concerne la mouette (fréquence d'observation jusqu'à 1 fois par mois selon un agriculteur). Un autre agriculteur a aperçu une fois un rapace touché, d'autres parlent de merles et de quelques passereaux
Présence de prédateurs	Toutes les personnes interviewées indiquent la présence de chiens de fermiers et de chiens errants dans la zone. Certains parlent de la fréquentation de la zone par les renards.

Ainsi, l'espèce la plus touchée par les éoliennes est la mouette qui est une espèce endémique à la côte et qui était très présente dans les environs il y'a une année de cela, vu la présence dans le voisinage d'une décharge sauvage de déchets de l'usine de conserves alimentaires, décharge qui est fermée actuellement et déplacée vers la décharge contrôlée d'El Haouaria.

La présence d'un certain nombre de chiens qui appartiennent surtout aux exploitants agricoles de la zone et qui constituent une population de prédateurs potentiels qui peuvent éventuellement ramasser les cadavres de volatiles tués ou oiseaux blessés touchés par les éoliennes est un facteur qui doit être pris en considération dans le comptage du nombre des cadavres observés par les personnes interviewées.

10 - Matrice d'évaluation des impacts environnementaux de la 3^{ème} tranche éolienne

10- 1 Impacts de la 3^{ème} tranche éolienne sur le milieu naturel et socio économique

L'évaluation des impacts potentiels de la 3^{ème} tranche de la centrale éolienne de Sidi Daoud sur l'Avifaune sédentaire et migratrice et sur les chauves-souris de la zone d'étude va tenir compte de l'importance de l'impact des divers facteurs d'influence en jeu.

La matrice des impacts sur l'Avifaune est présentée sur le tableau 12 qui suit :

Tableau 12 : Matrice des impacts sur l'Avifaune

Facteur d'influence	Impacts de la troisième tranche sur l'Avifaune	Commentaires/Explications
Présence d'autres infrastructures linéaires	Faible	Ligne HT de direction Nord-Sud (parallèle au sens de migration de l'Avifaune)
Présence d'autres parcs éoliens	Fort	2 anciennes tranches de la centrale éolienne qui sont situées sur les hauteurs des collines avoisinantes
Présence de Forêts, de haies, de falaises, de grottes	Moyen	Présence de la forêt de Dar Chichou à 7 Km, du Djebel El Haouaria et des grottes d'El Haouaria à 10 Km
Présence d'une décharge à ciel ouvert	Faible	La décharge d'El Haouaria la plus proche est à 10 Km
Présence d'un plan d'eau	Faible	Le plan d'eau le plus proche est à 10 Km
Présence de zones protégées	Moyen	Présence du parc national de Zembra et Zembretta, de Djebel Haouaria et des grottes du Djebel Haouaria à une dizaine de Km de la centrale
Présence d'un couloir migratoire	Moyen	La région constitue un couloir migratoire d'importance, la troisième tranche est située en contrebas de deux collines ce qui diminue les risques de collision avec les pâles des aérogénérateurs

10- 2 Matrice des impacts cumulatifs de la 3^{ème} tranche éolienne sur l'environnement

Le résumé des résultats de l'analyse environnementale des effets prévisionnels sur le milieu naturel, socio-économiques et humains sont présentés dans la « Matrice de Léopold » présentée par le tableau 11 de la page qui suit.

Tableau 11 :
Matrice d'évaluation des impacts

			Activité / Aspect Environnemental					
			Phase construction			Phase exploitation		
			Excavation et terrassement	Transport et circulation	Déboisement	Emissions sonores	Production de l'électricité	Situations accidentelles
Paramètre environnemental	Milieu Biophysique Et Ecologique	Qualité du sol et de l'eau	-2		-1		+5	-1
			-2		-2		+10	-3
		Qualité de l'air	-1	-1	-2		+10	
			-1	-2	-2		+10	
	Faune et flore		-2	-2	-1	-1		
			-3	-2	-3	-3		
Paysage et patrimoine	-1		-1		+3			
		-2	-2		+3			
Milieu Humain et Social	Santé humaine		-1	-1	-2	+5	-1	
			-2	-1	-3	+5	-3	
Economie nationale	+5	+3	+1		+10	-3		
		+3	+3	+1		+10	-3	

Impact négatif majeur
 Impact négatif mineur
 Impact positif mineur
 Impact positif majeur

11 - Mesures d'accompagnement

11-1 Mesures d'accompagnement de la phase construction

Comme le montre la matrice des impacts, la majorité des effets négatifs du projet d'extension de la centrale de Sidi Daoud sur l'environnement sont perçus lors de la phase chantier (qui s'étale dans les conditions normales sur 18 à 20 mois), il est commode alors d'élaborer des mesures d'accompagnement adéquates afin d'atténuer ces effets sur l'homme et le milieu naturel.

11-1-1 Atténuation des impacts sur la qualité de l'air

Afin de réduire les émissions de poussières émises par les travaux de terrassement des pistes et de construction des massifs supports et celles provenant par la circulation des véhicules, il faut veiller à l'arrosage des sols et des terres surtout en période d'été.

Les émissions de gaz d'échappement polluant des véhicules de chantier peuvent être limitées en optimisant les itinéraires de passage des engins et réduisant leurs usages qu'au besoin ce qui permettra aussi d'économiser les carburants consommés.

11-1-2 Atténuation des impacts sur la qualité du sol

Les travaux de terrassement des pistes et de construction des massifs supports ainsi que le désherbage et le transport des remblais engendrent des déchets solides sur site (bois, ciments, pierres...), ces déchets doivent être collectés dans un emplacement spécifique et transportés par le soin des entreprises de chantier périodiquement vers la décharge contrôlée d'El Haouaria.

11-1-3 Atténuation des impacts sur les eaux de surface et souterraines

L'éventuelle contamination des sols et d'eau de surface ou souterraine doit être évitée en contrôlant toute sorte de fuites et par la collecte des huiles usagées de vidange et de drainage dans des fûts spécifiques et leur livraison à la société de recyclage des huiles SOTULUB.

Les eaux usées doivent être collectées dans la fosse septique du site et il convient de veiller à sa vidange périodique par la STEG en faisant recours aux moyens de l'ONAS (Office national d'assainissement)..

11-1-4 Atténuation des impacts sur la faune et la flore

La perturbation de la qualité de vie de la faune locale peut être minimisée en réduisant le déplacement des engins de chantier dans la zone et en évitant les aires de pâturage et les habitats naturels potentiels des animaux et des oiseaux de la zone.

La flore locale doit être protégée en minimisant la superficie destinée à la circulation et à l'emprise des véhicules et des auxiliaires de chantier. Les entreprises contractantes doivent éviter le recours à la coupe d'arbres et des plantations cultivées par les agriculteurs locaux.

11-1-5 Atténuation des impacts sur le niveau sonométrique

Le bruit généré par les moteurs des engins lourds et légers peut être limité en faisant recours à des véhicules moins bruyants et bien entretenus.

L'optimisation des nombres d'heures d'usage de ces équipements et de leurs voies de circulation permet entre autre de réduire les effets du bruit sur les opérateurs de chantier et sur le voisinage.

11-1-6 Atténuation des impacts sur le paysage et le patrimoine

Les effets du projet sur le paysage naturel initial sont temporaires et localisés. Toutefois la conservation de la végétation et de l'habitat naturel existant est une responsabilité des entreprises de travaux qui doivent veiller à la préservation de l'environnement de leur zone de travail (limitation des aires d'accès, éviter la coupe des arbres et arbustes, nettoyer les surfaces polluées après fin des travaux...).

11-1-7 Prévention des risques accidentels

Pendant la phase construction les accidents de travail et leurs effets sur la santé de la main d'oeuvre doivent être évités en préparant des procédures standard et par la coordination entre toutes les entreprises intervenant en matière de prévention et de sécurité de chantier.

Un responsable de sécurité chantier doit être désigné par la STEG et des équipements de protection individuels et du matériel de sécurité doit être mis à disposition au personnel par les entreprises intervenants sur site.

11-2 Mesures d'accompagnement de la phase exploitation :

Cette partie vise à définir les mesures d'accompagnement pour supprimer, réduire et si le cas se présente compenser les conséquences dommageables sur l'environnement de l'exploitation du projet d'extension de la centrale de Sidi Daoud.

11-2-1 Atténuation des impacts sur le sol

Les déchets solides existants (bureautiques, ordures ménagères et déchets d'entretien des machines) doivent être collectés et transportés périodiquement par le soin de la STEG vers la décharge contrôlée d'El Haouaria.

11-2-2 Atténuation des impacts sur les eaux de surfaces et souterrains

Les eaux usées sanitaires seront drainées dans une fosse septique du site. La STEG doit veiller à sa vidange périodique en faisant recours à un camion de l'ONAS (Office National d'Assainissement).

11-2-3 Atténuation des impacts du projet sur le niveau sonométrique

D'une manière générale, le matériel utilisé est étudié de manière à réduire, à la source, les bruits et les vibrations. Cette atténuation est assurée pour la majeure partie par la conception même de l'appareillage.

La centrale est située loin de la zone d'aménagement urbaine, lors de la période d'exploitation et pour éviter tout risque d'émergence au niveau sonométrique dans cette région, il n'est pas autorisé de construire des logements tout près de la zone d'implantation des aérogénérateurs.

Actuellement, il existe un seul cas particulier d'un seul logement isolé situé à environ 25 m d'un aérogénérateur, le propriétaire de ce logement (installé avant la construction même de la centrale en 2000) a affirmé accepter de rester sur place et de supporter tous risques sonores ou d'incidents potentiels due à la présence d'un aérogénérateur à sa proximité.

Tous les autres logements sont situés à une distance de plus d'un kilomètre du champ éolien et l'émergence sonore pour ces résidents est atténuée à un niveau acceptable.

11-2-4 Prévention des risques accidentels et technologiques

Quelques incidents qui présentent des risques sur le milieu biologique et humain sont à éviter :

- Le déclenchement d'un incendie dans le bâtiment principal ou sur l'un des aérogénérateurs, la centrale est équipée de tous les moyens, humains, matériels de détection et d'intervention rapide pour remédier rapidement à ce genre d'accident.
- Des fuites accidentelles d'huiles de lubrification lors des opérations de maintenance ou suite à la chute d'un aérogénérateur, la centrale a mis en place des procédures pour remédier à ce genre d'accident.
- Chute d'un aérogénérateur (en cas de vent violent) ; la zone est normalement non occupée par des personnes tout près des tours, même le personnel exploitant n'est pas autorisé de se rapprocher des supports des éoliennes ou des aires de chutes probables ainsi les passagers seront alertés et interdits de circuler dans le champ éolien.

Ainsi, pour réduire les risques accidentels à un niveau admissible et du coup réduire leurs impacts sur l'environnement et sur la santé humaine, la STEG a prévu tous les moyens matériels et humains pour faire face aux situations critiques. La station dispose ainsi d'un Service de Sécurité et de plusieurs équipements de détection et de lutte contre les incendies.

Aussi bien le bâtiment électrique que la salle de commande est équipée de détecteurs de fumées, et tous les locaux administratifs, techniques, de transformations, ainsi que les machines éoliennes à plusieurs niveaux, tous sont équipés d'extincteurs adéquats.

Le Service de Sécurité

Une équipe sur site est chargée de la sécurité du personnel et des installations, entre autres ses prérogatives sont les suivantes :

- l'organisation d'un cycle de formation périodique des exploitants,
- l'établissement des procédures de travail afin de localiser tous les opérateurs devant exécuter des travaux sur site,
- la mise à disposition des équipements de protection individuelle pour les employés de la centrale,
- le contrôle et l'entretien systématique des équipements de sécurité,
- la réalisation des essais périodiques de simulation d'incendie par déclenchement de sirène et enregistrement des ouvriers faisant appel à l'alarme incendie.

Moyens matériels de protection contre les incendies :

Les locaux administratifs, techniques, de transformations, et les machines éoliennes sont équipés des extincteurs conformes en qualité et capacité de protection aux zones correspondantes à leurs emplacements.

11-3 Mesures d'accompagnement et d'atténuation des impacts sur l'Avifaune

Afin de limiter les impacts des éoliennes de la troisième tranche de la Centrale de Sidi Daoud sur l'Avifaune sédentaire et migratrice, les mesures de réduction et compensatoires déjà réalisés sont :

- Les mâts des aérogénérateurs sont de type pylône et non en treillis ;
- La hauteur totale de l'aérogénérateur de 90 m diminue les risques de collision des oiseaux nidificateurs qui vivent au niveau des terrains qui sont surplombés par les éoliennes.
- Les éoliennes de la troisième tranche sont positionnées sur 3 lignes parallèles de direction Nord-Est Sud Ouest de telle manière qu'elles font face aux vents dominants du Nord Ouest. Ceci ne constitue pas une barrière à la voie de migration la plus importante Nord-Sud.
- Du fait de leur hauteur, ces aérogénérateurs sont en dessous du niveau des collines avoisinantes de Djebel Ghormane et Dj Hammame dont la hauteur dépasse les 100 m dépassant donc la hauteur totale des aérogénérateurs de la troisième tranche.
- Les éoliennes ne sont pas éclairées la nuit, donc elles n'attirent pas les insectes proies des oiseaux et des chauves-souris.

12- Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES)

12-1 Plan de Gestion Environnemental de la 3^{ème} tranche éolienne relatif aux impacts du projet sur le milieu naturel et socio économique

La pratique d'une gestion environnementale adéquate et le respect des normes en vigueur sont les facteurs qui contribuent au succès des opérations projetées.

Avant de mener tous nouveau projet de catégorie 1 et 2, la STEG prépare une étude d'impact sur l'environnement, réalisée par le soin de l'équipe du projet environnement (Direction des Affaires Générales). Si l'étude nécessite des compétences spécifiques ou pour les grands projets pour lesquels l'étude d'impact exige des outils de calcul et de modélisation perfectionnées, la STEG fait recours à des bureaux d'études spécialisées après la préparation des procédures de cahier des charges réglementaires.

Le plan de gestion environnemental et social (PGES) de la STEG relatif à la construction et l'exploitation de la troisième tranche de la centrale éolienne concerne :

- l'évaluation des impacts environnementaux potentiels relatives à la phase construction et la phase exploitation et celle de la phase de démantèlement ;
- l'évaluation de la politique et des procédures sécurité/environnement de ses contractants (entreprises sous traitante, constructeur, fournisseurs, entreprises de service) ;
- l'insertion de clauses engageant la responsabilité des contractants dans l'application des mesures de protection de l'environnement définies dans l'étude d'impact ;
- le suivi et le contrôle des contractants quant à leur respect des normes et exigences de sécurité /environnement ;
- les Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires (EHS) du groupe Banque Mondiale sont applicables au projet de l'extension du parc éolien de Sidi Daoud et en particulier les « Directives environnementales, sanitaires et sécuritaires générales » .
- la prise en compte du facteur économique estimé à chaque alternative qui concerne les actions d'atténuation et de suivi des impacts potentiels du projet sur l'environnement.

Ainsi le plan de gestion environnemental et social (PGES) relatif au projet d'extension de la centrale éolienne de Sidi Daoud est résumé dans le tableau 13 suivant :

Tableau 13 : Plan de Gestion Environnemental et Social (PGES) du Projet d'extension de la centrale électrique Éolienne de Sidi Daoud (3^{ème} tranche, 34 MW, 36 aérogénérateurs)

Phase du projet	Impact potentiel	Mesure d'atténuation proposée	Responsables chargés	Coût estimatif (M.dinar tunisien)	Commentaires
I- Phase de construction	Emissions atmosphériques (CO ₂ , Poussières, NO _x , COV...)	- arrosage périodique des sols - optimisation de chemin et de durée d'usage des engins (économie du combustible consommé)	Entreprises de travaux	10 MDT	Estimation sur toute la Période de chantier
	Déchets solides polluant le sol et la nappe	- Collecte des déchets dans une zone Isolée et veiller à la propreté des sites - Transport périodique des déchets vers la décharge contrôlée d'El haouaria	Entreprises de travaux STEG	20 MDT	
	Rejets hydriques provoquant la contamination de l'eau de surface et la nappe phréatique	- Collecte des eaux usées dans la fosse septique de la Centrale - Contrôle et réparation des sources de fuites - Collecte des huiles et liquides usagées - Transport des fluides usagés vers SOTULUB	Entreprises de travaux STEG	20 MDT	
	- Dégradation de la flore et de la vie de la faune locale - Risque de dommage à l'avifaune	- Eviter d'occuper les aires de pâturage - Eviter la dégradation de la végétation et de toute coupe d'arbres - Réduire le temps de circulation des engins	Entreprises de travaux		
	Bruit et nuisances au voisinage	- Bon état et entretien des engins et des Equipements broyant (silencieux efficace, montage de capotage anti-bruit...) - Optimisation des heures de marche	Entreprises de travaux	40 MDT	
	Risques accidentels et technologiques	- Préparation des procédures standard de sécurité chantier (balisage, signalisation...) - Appliquer les règles SST (Santé Sécurité) - Doter des équipements de protection individuels et collectifs (EPI/EPC) - Eviter le risque d'érosion du sol en période tempérée	STEG Entreprises de travaux	40 MDT	

Phase du projet	Impact potentiel	Mesure d'atténuation proposée	Responsables chargés	Coût estimatif (M. dinar tunisien)	Commentaires
II- Phase d'exploitation	Pollution du sol par les déchets Solides banals	- Collecte sélective des déchets dans des poubelles spécifiques - transport périodique des déchets banals (bureautiques, d'entretien) vers la décharge contrôlée d'El haouaria	STEG (personnel en régie)	90 MDT	Frais estimés sur toute la durée de vie du projet (30 ans)
	Rejet d'eau usée polluant la nappe	- Drainage des eaux usées sanitaires dans la fosse septique de la centrale - Vidange périodique vers la station ONAS - Collecte des huiles usagées (SOTULUB)	STEG	60 MDT	
	Nuisances sonores au voisinage	- Choix préalables des équipements aux normes - Entretien systématique des nacelles - Mesures et analyse périodique de bruit - interdire de bâtir des nouveaux logements proches	STEG Municipalité locale	80 MDT	
	Risques technologiques (chute aérogénérateur, fuite huile...)	- Mise en place de procédures pratiques de réponse aux situations d'urgence - Sensibilisation du personnel, des visiteurs et des riverains (agriculteurs, habitants...)	STEG	50 MDT	
	Protection du risque incendie	- Equipement de la centrale et des machines par les moyens de protection incendie - Formation et sensibilisation du personnel - Essai et simulations périodiques	STEG	320 MDT 30 MDT	
	Prévention et sécurité contre les Accidents de travail/ tiers	- Formation d'une équipe sécurité centrale - Mise à disposition du personnel des EPI/ EPC - Essai et simulation périodique de scénario.	STEG	130 MDT	
III- Phase de démantèlement	Atteinte esthétique au paysage et de la qualité du sol (dégradation, érosion) et du la nappe sous sol (prolifération des effluents)	- Nettoyage de la zone démantelée - Gestion des effluents hydriques (huiles, eau usée) - Collecte et transport systématique des déchets générés (démolition, métalliques, bois...) - Terrassement et reboisement des surfaces d'emprise des aérogénérateurs	STEG Entreprises de travaux	5000 MDT	

12-2 Plan de Gestion Environnemental de la 3^{ème} tranche éolienne relatif aux Impacts sur l'Avifaune

Afin de vérifier les principales conclusions de cette étude d'impact de la troisième tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud sur l'Avifaune, un suivi de la migration de l'avifaune, des collisions éventuelles et des comportements des oiseaux à l'approche des éoliennes devrait être réalisé en collaboration étroite avec les ornithologues de l'Association des Amis des Oiseaux.

Ce suivi devrait s'étaler au minimum sur toute une année (cycle biologique complet de migration) et concernera particulièrement :

- La quantification et la détermination de la nature des oiseaux qui passent au moment des périodes de migration au niveau de la centrale éolienne de Sidi Daoud. Détermination du pourcentage des oiseaux qui empruntent cette voie par rapport à la voie directe du Djebel Haouaria.
- La détermination de la nature des espèces d'oiseaux sédentaires nidificateurs qui vivent dans l'enceinte de la centrale éolienne et de l'impact des aménagements de la centrale éolienne a posteriori sur leur milieu de vie.
- Le suivi de la mortalité aviaire (migratrice et sédentaire) dues aux collisions avec les aérogénérateurs.
- Le suivi de la fréquentation possible du site par les chauves souris et de l'impact éventuel des aérogénérateurs sur leur mortalité.
- La proposition d'autres mesures de réduction et/ou compensatoires si nécessaire.

13- Coût des mesures de protection de l'Environnement

Les coûts des mesures prises par les opérateurs du champ éolien de Sidi Daoud (exploitant et entreprises contractantes) pour préserver l'environnement et d'après le Plan de Gestion Environnementale et Social et l'étude descriptif des impacts du projet sur l'Avifaune couvrent :

I - Phase de chantier :

- Atténuation des émissions atmosphériques : 10 MDT
- Gestion des déchets solides : 20 MDT
- Protection de la nappe d'eau : 20 MDT
- Bruit et nuisances divers au voisinage : 40 MDT
- Risques accidentels des travaux de chantier : 40 MDT

Sous total : 130 MDT

II - Phase d'exploitation

- Gestion des déchets solides : 90 MDT
- Gestion des eaux usées sanitaires, huiles et lubrifiants : 60 MDT
- Bruit et nuisances divers au voisinage : 80 MDT
- Protection du risque incendie : 350 MDT
- Prévention sécurité : 180 MDT

Sous total : 780 MDT

III - Phase de démantèlement

Remise en état des terrains (enterrement des emprises des groupes et des câbles, nettoyage de la zone, gestion des déchets solides et hydriques, reboisement...) : **5000 MDT**

VI - Frais institutionnels et aspect social

- Réalisation de l'étude d'impact sur l'environnement (en 2 versions) : 10 MDT
- Consultation du public (organisation séminaires, correspondances...) : 20 MDT
- Formation continue du personnel dans le domaine environnement : 30 MDT
- Campagnes de sensibilisation et d'information du public et des visiteurs : 10 MDT

Sous total : 100 MDT

V - Frais de suivi des impacts du projet sur l'Avifaune

- Réalisation de l'étude d'impact sur l'Avifaune : 10 MDT
- Convention avec l'Association des Amies des Oiseaux (programmée) : 20 MDT

Sous total : 30 MDT

Ainsi, le coût global des mesures visées pour la protection de l'environnement relatif au projet de la 3^{ème} extension de la centrale électrique éolienne de Sidi Daoud est estimé à **6020 MDT**

14- Concertation et information du publique

14-1 La concertation préalable du publique

La Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz (STEG) qui est le promoteur et l'exploitant du parc éolien de Sidi Daoud est une entreprise à caractère industriel et commercial agissant sous l'autorité du Ministère de l'Industrie, de l'Energie et des Petites et Moyenne Entreprises (MIEPME).

Le Décret- Loi n° 62 – 08 du 3 avril 1962 relatif à la création de la STEG réglemente l'activité de fourniture de l'énergie électrique sur le territoire de la république tunisienne.

Les démarches de consultation publiques et administratives, y compris les avis des autres ministères et agences territoriales, nécessaires à la réalisation des nouveaux projets STEG sont traitées sous l'égide du MIEPME – Direction Générale de L'Energie (DGE).

Ce projet a été programmé dans le cadre de la décision présidentielle relative à la promotion des projets d'énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique qui se traduit par la réalisation d'une première centrale éolienne dans la région du Cap Bpn sur le site de Sidi Daoud.

La STEG a ainsi été chargée de l'étude, de l'exécution et de l'exploitation des ouvrages qui seront construites dans le cadre de ce projet (parc éolien, postes et lignes de transport et de distribution de l'énergie produite).

En raison de son intérêt pour l'économie régionale et nationale, de son emplacement dans une zones isolée favorable à de tels équipements avec une incidence environnementale limitée, l'enquête publique organisée pour ce ce projet et particulièrement pour la 3^{ème} extension n'a pas entraîné de requêtes ou de commentaires de la part de la population locale ou des organismes et agences consultés.

Pour informer et consulterle public avant le début des travaux de la 3^{ème} extension, plusieurs rencontres ont été organisées avec les autorités locales, les propriétaires des terrains et les ONG.

Differentes mesures ont été prises par la STEG pour résoudre les conflits et les problèmes fonciers avec les propriétaires locaux, notamment :

- le recours au dédommagement financier pour les biens affectés (pertes de récolte des cultures lors de la phase chantier...);
- la location des parcelles de terrains occupées par les aires de fondation des aérogénérateurs et des chemins et pistes d'accès sur une période d'exploitation de 30 ans ;

la préférence donnée au personnel qualifié originaire de la région du Cap Bon lors du recrutement des ouvriers de chantier, du personnel exploitant STEG et de la société de maintenance contractée.

Les correspondances parvenues de la part des Agences, des ONG et des particulières avant la réalisation de la 3^{ème} tranche sont suivies et résolues par la STEG avec la participation des autorités locales (commune Sidi daoud, municipalité d'El haouaria et gouvernorat de Nabeul)

L'extension de la centrale éolienne a été objet d'un accord positif de la part de l'Agence Nationale de Protection de l'Environnement (ANPE) relatif à l'Etude d'Impact sur l'Environnement de ce projet (Version 2006) réalisée par la STEG et finalisée en mai 2006.



Photo 12 : Tableau de présentation du projet de la 3^{ème} tranche implantée à l'entrée du site

14-2 La concertation publique avant mise en service

Avant et lors de la mise en service effective de la 3^{ème} tranche de la centrale, la STEG a organisé des séances d'information et de sensibilisation sur les aspects environnementaux, économiques et sociaux du projet à destination des populations locales, des ONG et des agences locales.

Les principales actions planifiées sont :

- Une journée de consultation publique au siège social de la STEG à Tunis en date du 17 mars 2009 au cours de laquelle toutes les parties prenantes du projet ont été informées. Cette journée entre dans le cadre de la préparation du projet MDP développé par la STEG pour cette 3^{ème} tranche du champ éolien (voir PV en annexe I)
- Participation des responsables de la STEG aux réunions périodique organisée à la municipalité d'El Haouaria avec les représentants locaux et les ONG.

Autres moyens d'information du public

- Avant le début d'exploitation de cette 3^{ème} tranche et la mise de la nouvelle ligne HT sous tension, la STEG a procédé à informer le public et les autorités locales en diffusant l'information et les avis nécessaires par les moyens de presses.

- Le site aménagé est ouvert au public pour des visites d'études (universitaires, étudiants, chercheurs...) ou des amateurs environnementalistes (touristes, ONG, particuliers...).

Les visites qui sont organisées au préalable avec la STEG sont guidées par les agents de la centrale.

- Dans le cadre de l'information du grand public des composantes de ce projet pilote et de ces avantages à l'échelle régionale en termes de Développement Durable pour le pays, plusieurs moyens de Multi Média (TV, Journaux, revues scientifiques...) ont présenté ce projet d'énergie renouvelable et ses avantages sur le plan environnemental.

15- Le bilan environnemental

Le bilan environnemental présenté par le tableau qui suit synthétise les impacts potentiels majeurs qui peuvent être générés par l'exploitation de la 3^{ème} tranche de la centrale éolienne de Sidi Daoud et les mesures mises en oeuvre pour atténuer ces impacts :

Tableau 13 : Bilan environnemental des impacts sur le milieu naturel, physique et social

Domaine concerné	Impact potentiel	Importance de l'impact	Mesures de réduction des impacts négatifs
Qualité des sols	Pollution locale	(-) Très faible	Collecte et transport des déchets vers décharge contrôlée
Qualité des eaux	Pollution de la nappe	(-) Très faible	- Drainage des eaux usées dans la fosse septique - Collecte des liquides usagés
La faune et la flore	- Dérangements lors du pâturage - Risques d'incidents	(-) Faible	- Limiter la circulation des engins à proximité des fermes - Sensibiliser les riverains
Bruit et nuisances de voisinage	Nuisances sonores pour les riverains	(-) Moyen	- Choix des équipements au norme - Entretien périodique des aérogénérateurs - Compagnes de mesure
Fourniture de l'énergie	Disponibilité et fiabilité de la fourniture d'électricité en haute tension au réseau	(+) Fort	
Impacts socio-économiques	- Création des postes d'emploi - Economie régional	(+) Moyen	- Favoriser l'emploi local - Participer les riverains dans les activités annexes
Impacts accidentels et risques technologiques	- Chute de nacelle - Risques d'incendies ou accidents tiers	(-) Très faible	- Prépare et suivre le plan d'urgence - Création de service sécurité centrale - Equipement protection incendie - Equipement protection individuel

Tableau 14 : Bilan environnemental des impacts sur l'Avifaune

Avifaune concernée	Impact potentiel	Importance de l'impact	Mesures de réduction
Oiseaux nidificateurs	Collision	(-) Faible	Hauteur des pâles à 60 m du sol
Oiseaux migrateurs	Collision et effet barrière	(-) Moyen	Structure en pylône et la disposition des aérogénérateurs ne coupe pas la voie principale de migration Nord-Sud
Chauves souris	Mortalité	(-) Faible	Aérogénérateurs non éclairés

16- Conclusion générale relative à l'Etude d'Impact sur l'Environnement du Projet Eolien de Sidi Daoud

En conclusion, le projet d'extension de la Centrale électrique éolienne de Sidi Daoud (3^{ème} extension, 34,32 MW, 26 aérogénérateurs) présente en majorité des impacts environnementaux, sociaux et économiques positifs à l'échelle régionale et nationale, notamment :

1. la production d'électricité propre avec une économie importante en ressources primaires dont le stock est en régression (gaz naturel, fuel, eau brute...);
2. la fourniture d'électricité au réseau de transport régional en haute tension 90 KV permettant la stabilisation du niveau de tension livrée aux consommateurs industriels, résidentiels et agricoles ;
3. une intégration harmonieuse des aérogénérateurs avec le milieu paysager naturel du site d'implantation ;
4. la création des postes d'emplois permanents, particulièrement pour les habitants de la région ;
5. la promotion de la politique de Développement Durable et la perspective de pouvoir bénéficier de l'incitation financière associée aux projets de Mécanisme de Développement Propre (MDP).

Les impacts négatifs perceptibles, bien qu'ils soient minimes, méritent une attention particulière au moment de la réalisation et tout au long de la période d'exploitation des ouvrages projetés. A cet effet la mise à œuvre et le suivi rigoureux des **Plans de Gestion Environnemental et Social (PGES)** relatif aux composantes du projet revêt une importance capitale au titre de la démarche suivie par la STEG de protection de l'environnement dans les zones occupées par les équipements installés.

Les impacts potentiels du projet de la 3^{ème} tranche éolienne sur l'Avifaune sont considérés comme non significatifs durant l'exploitation du parc éolien de Sidi Daoud. Toutefois un suivi annuel rigoureux du cycle annuel biologique aviaire (surtout de la migration de l'avifaune), des collisions éventuelles et des comportements des oiseaux à l'approche des éoliennes est recommandée.

Enfin, le coût des mesures de protection de l'environnement est estimé pour la 3^{ème} tranche de la Centrale éolienne de Sidi Daoud à 1070 MDT.

Annexe

- 1 - Conformité aux Politiques de Sauvegarde de la Banque Mondiale**

- 2 - Fiches d'enquêtes sur l'Avifaune remplies**

- 3 - Présentation des auteurs de l'Etude d'Impact**

- 4 - Bibliographie**

Annexe 1

Conformité aux politiques de sauvegarde de la Banque Mondiale

Les composantes du projet de la STEG relative à l'extension de la Centrale électrique éolienne de Sidi Daoud (34.32 MW, 26 aérogénérateurs) et la construction d'une nouvelle ligne aérienne de transport d'électricité (haute tension 90KV, 22.5 Km) reliant le poste Sidi Daoud au poste Menzel Temime ont fait l'objet d'une vérification de leur conformité avec les exigences des politiques de sauvegarde (Safegurd Policies) et aux directive HSE de la Banque Mondiale en matière de protection de l'environnement dont particulièrement la **Politique Opérationnelle (OP 4. 01** : Evaluation environnementale).

Ainsi, les actions d'atténuation des impacts environnementales des différentes activités relatives aux étapes de réalisation et d'exploitation des ouvrages projetés prouvent que le projet est en accord avec les directives de la Banque Mondiale relatives au suivi environnemental et social des projets industriels et d'infrastructures classés dans la Catégorie B (projets d'énergie renouvelable et de ligne de transport d'énergie électrique).

L'unique volet nécessitant une attention particulière durant la phase d'exploitation du parc éolien et de la ligne électrique est celui relatif aux mesures d'analyse et d'atténuation des effets sur l'Avifaune; cet aspect sera détaillé et interprétée dans une étude future approfondie vu qu'une évaluation rigoureuse de l'Avifaune de la zone, en absence des études similaires récentes, devra s'étaler sur un cycle biologique annuel nécessaire pour le recensement des tous les races des oiseaux sédentaires et migrateurs occupant ou parcourant la région.

Les autres impacts environnementaux potentiels des deux ouvrages projetés ainsi que les mesures d'atténuation envisagées et leurs coûts sont analysées et résumées dans le Plan de Gestion Environnemental et Social respectif.

Une section est réservée pour chaque étape du projet éolien et celui de la ligne électrique à la présentation des modalités et des démarches institutionnelles et juridiques suivies par la STEG relatives à la consultation et l'information du publique (riverains, voisinages, autorités, ONG...) interprétant les problématiques environnementales, économiques et sociales conformément à la Réglementation Tunisienne en vigueur et les procédures opérationnelles de la Banque Mondiale.

Annexe 2

Fiches d'enquêtes sur l'Avifaune remplies

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 1

Identité de la personne	Agout MADE
Qualité	Voisin exploitant <u>maintenancier</u> fermier visiteur Socuti MADE
Périodicité des visites sur terrain	Journalier visite de machines + révision semestrielle
Expérience avec l'Avifaune	oui une petite expérience
Constat d'oiseaux morts	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Période du constat	Décembre - Janvier
Espèce (s) touchée (s)	2 Albatros en 2008 ou Moutons
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	oiseaux nidificateurs
Présence de prédateurs sur la zone	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non chiens des fermiers
Type de prédateur	_____
Autres remarques	_____

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 2

Identité de la personne	Ben Saleh Barhem
Qualité	Voisin <u>exploitant</u> maintenancier fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	1 fois / 2 jours
Expérience avec l'Avifaune	Neant
Constat d'oiseaux morts	Oui <u>Non</u>
Période du constat	
Espèce (s) touchée (s)	
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	oiseaux nicheurs
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> Non
Type de prédateur	Chiens
Autres remarques	

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 3

Identité de la personne	/
Qualité	Voisin <u>exploitant</u> maintenancier fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	1 fois / jour
Expérience avec l'Avifaune	un tout petit peu
Constat d'oiseaux morts	Oui <u>Non</u>
Période du constat	/
Espèce (s) touchée (s)	/
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	oiseaux modifiés
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> Non
Type de prédateur	chats chiens
Autres remarques	/

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 4

Identité de la personne	Abbes Mladi
Qualité	Voisin <u>exploitant</u> maintenancier fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	Tous les jours
Expérience avec l'Avifaune	une petite expérience
Constat d'oiseaux morts	Oui <u>Non</u>
Période du constat	/
Espèce (s) touchée (s)	/
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	proprement + modifications
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> Non
Type de prédateur	Chiens errants
Autres remarques	/

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 5

Identité de la personne	Amor Ben Brahim
Qualité	Voisin <u>exploitant</u> maintenancier fermier visiteur agent de nettoyage
Périodicité des visites sur terrain	1 fois / semaine
Expérience avec l'Avifaune	un tout petit peu
Constat d'oiseaux morts	<u>Oui</u> Non
Période du constat	période hivernale
Espèce (s) touchée (s)	1 mouette
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	parfois, 5 fois
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> Non
Type de prédateur	présence de chacal 4-5 à chiens errants
Autres remarques	

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 6

Identité de la personne	<hr/>
Qualité	Voisin <u>exploitant</u> maintenancier fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	1 fois / jour
Expérience avec l'Avifaune	Avec expérience
Constat d'oiseaux morts	Oui <input type="radio"/> <u>Non</u> <input checked="" type="radio"/>
Période du constat	<hr/>
Espèce (s) touchée (s)	<hr/>
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	<hr/>
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> <input checked="" type="radio"/> Non <input type="radio"/>
Type de prédateur	Chats
Autres remarques	<hr/>

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 7

Identité de la personne	/
Qualité	Voisin exploitant <u>maintenancier</u> fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	Toute la journée
Expérience avec l'Avifaune	Neant
Constat d'oiseaux morts	Oui <u>Non</u>
Période du constat	/
Espèce (s) touchée (s)	/
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	oiseaux farouches
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> Non
Type de prédateur	chats
Autres remarques	/

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 8

Identité de la personne	
Qualité	Voisin <u>exploitant</u> maintenancier fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	2 fois / semaine.
Expérience avec l'Avifaune	un tout petit peu
Constat d'oiseaux morts	Oui <u>Non</u>
Période du constat	
Espèce (s) touchée (s)	
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	parcours
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> Non
Type de prédateur	chiens
Autres remarques	

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 9

Identité de la personne	Sidi Daoud Ferjani
Qualité	Voisin exploitant maintenancier <u>fermier</u> visiteur
Périodicité des visites sur terrain	vis sur place
Expérience avec l'Avifaune	un peu
Constat d'oiseaux morts	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Période du constat	Mai-Juin
Espèce (s) touchée (s)	Alouette, Faucon.
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	Merle, plus
Présence de prédateurs sur la zone	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Type de prédateur	Renard, Oies égarés en basse
Autres remarques	

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N°

10

Identité de la personne	Jamel Belkaf
Qualité	Voisin exploitant maintenancier <u>fermier</u> visiteur
Périodicité des visites sur terrain	Toujours sur terrain
Expérience avec l'Avifaune	connaisseur
Constat d'oiseaux morts	^{fréquent} <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Période du constat	Toute l'année surtout au lever du soleil
Espèce (s) touchée (s)	Mouettes, Zib, Gbj <u>(Mojoribi)</u> / <u>موجوريب</u>
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	mouette & nous
Présence de prédateurs sur la zone	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Type de prédateur	Renard, chiens
Autres remarques	surtout le matin

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 11

Identité de la personne	Sobhan Bari
Qualité	Voisin exploitant maintenancier fermier visiteur Agriculteur
Périodicité des visites sur terrain	Vis sur place
Expérience avec l'Avifaune	Bonne expérience
Constat d'oiseaux morts	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Période du constat	Printemps à printemps 1 fois / mois plus fréquent
Espèce(s) touchée(s)	Mouette, corbeille, pommier et fréquent
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	grande fréquentation des oiseaux
Présence de prédateurs sur la zone	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Type de prédateur	Almad, surtout chiens المدى، الكلب، porc épic
Autres remarques	/

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 12

Identité de la personne	Waddouh Bat
Qualité	Voisin exploitant maintenancier <u>fermier</u> visiteur
Périodicité des visites sur terrain	Visite terrain
Expérience avec l'Avifaune	connaissances
Constat d'oiseaux morts	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Période du constat	Mouettes printemps printemps
Espèce(s) touchée(s)	Mouettes 1 fois / mois
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	/
Présence de prédateurs sur la zone	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Type de prédateur	Renard + Chèvres
Autres remarques	

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 13

Identité de la personne	Abdelhader Salthi
Qualité	<u>Voisin</u> exploitant maintenancier fermier visiteur Borg Salthi
Périodicité des visites sur terrain	3 à 4 fois / semaine
Expérience avec l'Avifaune	Connaisseur
Constat d'oiseaux morts	<u>Oui</u> Non
Période du constat	<u>Moquette</u> 1 fois il y a 6 mois
Espèce(s) touchée(s)	(présence de grand aigle بوجزارة التوتى البرهان)
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	
Présence de prédateurs sur la zone	<u>Oui</u> Non
Type de prédateur	Arnaque, Choucas écaillé
Autres remarques	

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 14

Identité de la personne	Mamed Jelbi
Qualité	Voisin exploitant maintenancier fermier visiteur
Périodicité des visites sur terrain	Tous les jours
Expérience avec l'Avifaune	/
Constat d'oiseaux morts	Oui <input type="radio"/> Non <input checked="" type="radio"/>
Période du constat	7
Espèce (s) touchée (s)	
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	
Présence de prédateurs sur la zone	Oui <input checked="" type="radio"/> Non <input type="radio"/>
Type de prédateur	Choucas
Autres remarques	/

Enviserv Consult

Enquête de voisinage / impact du parc éolien de Sidi Daoud sur l'Avifaune

Fiche enquête N° 15

Identité de la personne	omar salbi
Qualité	Voisin exploitant maintenancier <u>fermier</u> visiteur
Périodicité des visites sur terrain	sur terrain
Expérience avec l'Avifaune	Connaissances ±
Constat d'oiseaux morts	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Période du constat	sur terrain l'été
Espèce (s) touchée (s)	2 Moutons d'été 2 Jons
Remarques sur la fréquentation des oiseaux	
Présence de prédateurs sur la zone	<input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non
Type de prédateur	Chien errant
Autres remarques	

Enviserv Consult

Annexe 3

Présentation des auteurs de l'Etude d'Impact

A / Etude d'Impact sur l'Environnement du Projet éolien de Sidi Daoud

- Raison sociale	Société Tunisienne de l'Electricité et du Gaz « STEG »
- PDG de la Société	Monsieur Othman BEN ARFA
- Adresse du siège	38, Rue Kamel Ataturk -Tunis
- Téléphone	00 216 71 341 311
- web	www.steg.com.tn
- Activité	Production et Transport de l'électricité et du gaz
- Unité chargée de l'étude	Projet Environnement
- Personne chargée de préparer l'étude	Monsieur Mourad AYED

B / Bureau d'études externe chargé de l'Etude d'Impact sur l'Avifaune

- Bureau d'études	Enviserv Consult SARL
- Vocation	Bureau d'études en Environnement
- Représentant	Monsieur Mohamed Adnan BEZZAOUIA
- Adresse	6 Rue Tanit- 1082 Tunis- Belvédère
- Téléphone/fax	+ 216 71 288 664
- E-mail	a.bezzaouia@topnet.tn

Annexe 5 : Bibliographie

- Guide de l'Etude d'Impact sur l'Environnement des parcs éoliens
Ministère Français de l'Ecologie et du Développement Durable, Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie ;
- Conservation des Zones Humides Littorales et des Ecosystèmes côtiers du Cap Bon
Rapport du MedWetCost – MEDD- APAL – Juillet 2001
- Langston R.H.W. & Pullan J.D., 2003. Windfarms and birds: An analysis of the effects of windfarms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues. Report by Birdlife International on behalf of the Bern Convention. Council of Europe T-PVS/Inf (2003) 12.
- Relations entre l'éolien et l'Avifaune; Synthèse des enjeux ornithologique en Lorraine, Conseils méthodologiques à l'attention des porteurs de projets ; DIREN Lorraine Aout 2007.
- Madders, M. & Whitfield, D.P. (2006). Upland raptors and the assessment of wind farm impacts. Ibis, 148 : 43 – 56.
- Projets éoliens et avifaune en région Provence – Alpes – Côte d'Azur- Mise en place d'un protocole de suivi ornithologique, Mai 2005.
- Guide de l'étude d'impact sur l'environnement des parcs éoliens, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, Agence de l'Environnement et de la maîtrise de l'énergie.
- De l'Erg à la forêt, Dynamique des unités paysagères d'un boisement en région littorale. Forêts des dunes de Menzel Belgacem, Cap bon Tunisie, Thèse Stéphane Brun, Juin 2007.
- Itinéraire ornithologique Tunisien, Printemps 2004, P.Lafont et col. Mai 2004.
- Rapport du camp international de Migration 2003, El Haouaria du 12/04 au 5/05, Issam Miladi, Nidhal Ben Abdelhamid Association des Amis des Oiseaux.
- Etude de l'Environnement socio-économique de la zone côtière du parc national de Zembra et zembretta, Skander ben Salem, Projet Med MPA, Novembre 2003
- Plan de gestion des sites d'Oued Laâbid et de Dar Chichou, Analyse des potentialités et des contraintes et proposition de scénarios de gestion GEOIDD, Février 2003
- Oiseaux de Tunisie, Paul Isenmann et col. Editions SEOF
- Observation de la Migration et de l'avifaune nicheuse au jbel El Haouaria du 19 au 23 mars 1995, Hichem Azafzaf, Association des Amis des Oiseaux
- Fishpool LDC and al., Important Bird Areas in Africa and Associated islands: Priority sites for conservation. Newbury and Cambridge UK (Bird life conservation series n°11)