



23, Avenue Chellah Apt N° 9 et 10  
Hassan - Rabat -Maroc-  
Tél : 0537 20 80 90  
Fax : 0537 72 91 11  
E-mail : [phenixa@phenixa.com](mailto:phenixa@phenixa.com)

E2644  
v2

# COMPLEXE SOLAIRE D' OUARZAZATE

## Maroc

**masen**  
Moroccan Agency  
for Solar Energy

Juillet 2011



MOROCCAN AGENCY FOR SOLAR ENERGY (MASEN)

Etude d'impact environnementale et sociale cadre du projet de complexe solaire d'Ouarzazate

OUARZAZATE  
MAROC

**Auteurs de l'étude :**

**BURGEAP-PHENIXA :** Khadija KOUZ, Cartographe, Phénixa  
Hinde CHERKAOUI DEKKAKI, Docteur Hydrogéologue, Phénixa  
Sarah CHEREL, Ingénieur de projets, Burgeap  
Bertrand MALJOURNAL, Chef de projets, Burgeap  
Christine LEGER, Directrice de PHENIXA

**EXPERTS INDEPENDANTS :** Etude paysagère : Bendaoud Attaous, Paysagiste  
Etude faune-flore : Fabrice CUZIN, Ecologue  
Etude socio-économique : Slimane AZIKI, Socio-économiste

**MAITRE D'OUVRAGE DELEGUE :** MASEN

# SOMMAIRE

<b>Avant-propos</b>	<b>8</b>
<b>Liste des abréviations</b>	<b>9</b>
<b>1 Résumé non-technique</b>	<b>10</b>
1.1 Préambule	10
1.2 Les raisons du choix	10
1.3 Les variantes du projet	12
1.3.1 Le photovoltaïque	14
1.3.2 Le solaire à concentration (CSP)	15
1.4 Equipements et utilités associés	16
1.4.1 Le stockage thermique	16
1.4.2 L'huile synthétique	16
1.4.3 Les besoins en combustible fossile	16
1.4.4 Les besoins et l'alimentation en eau	16
1.4.5 Le raccordement électrique	16
1.4.6 Autres infrastructures et génie civil	16
1.5 Montant d'investissement du projet et planning	17
1.6 Analyse de l'état initial de l'environnement	19
1.6.1 Milieu physique	19
1.6.2 Milieu naturel	22
1.6.3 Environnement socio-économique	25
1.7 Les impacts des différentes variantes	27
1.8 Synthèse : la solution la plus impactante	30
1.9 Conclusion sur les impacts du complexe solaire	31
1.10 Mesures d'atténuation et/ou de compensation, plan de gestion environnementale et sociale	31
<b>2 Le cadre juridique, administratif et réglementaire en vigueur</b>	<b>32</b>
2.1 Textes réglementaires	32
2.1.1 Loi 12-03 sur les Etudes d'impact et ses décrets d'application	32
2.1.2 Dahir n° 1-10-16 portant promulgation de la loi n° 13 - 09 relative aux énergies renouvelables	32
2.1.3 Loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement	32
2.1.4 Loi 13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air	33
2.1.5 Loi 10-95 sur l'eau et ses textes d'application	33
2.1.6 Loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination et ses décrets d'application	33
2.1.7 Dahir portant loi n°1-72-255 du 22 février 1973 sur l'importation, l'exportation, le raffinage, la reprise en raffinerie et en centre emplisseur, le stockage et la distribution des hydrocarbures, tel que modifié et complété par la loi n°4-95	34
2.1.8 Dahir du 25 août 1914 portant réglementation des établissements insalubres, incommodes ou dangereux	34
2.1.9 Loi 12-90 relative à l'urbanisme	34
2.1.10 Dahir n°1-60-063 du 30 Hijja 1379 (25 Juin 1960) relatif au développement des agglomérations rurales	34
2.1.11 Loi 78.00 portant sur la charte communale telle qu'elle a été modifiée et complétée en 2002 par la loi n° 01-03 et en 2009 par la loi n° 17-08	34
2.1.12 Dahir n° 1-08-153 du 22 safar 1430 (18 février 2009) portant promulgation de la loi n° 17 -08 modifiant et complétant la loi n° 78-00 portant charte communale, telle que modifiée et complétée	35
2.1.13 Loi n° 65-99 relative au Code du Travail	35
2.1.14 Autres textes concernant le projet	35

2.1.15	Charte Nationale Globale de l'Environnement et du Développement Durable	35
2.1.16	Protection de la biodiversité	35
2.2	Présentation des procédures environnementales de la Banque Mondiale, bailleur de fonds	36
2.3	Cadre institutionnel de la gestion de l'environnement	37
2.3.1	Le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement	37
2.3.2	Les Agences de Bassins Hydrauliques	37
2.3.3	Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD)	38
2.3.4	Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes (MADRPM)	38
2.3.5	Ministère de l'Équipement et du Transport	38
2.3.6	Ministère de l'Intérieur	38
2.3.7	Ministère de la Santé	38
2.4	Cadre institutionnel marocain de la gestion de l'énergie	39
2.4.1	Département de l'Energie et des Mines au sein du MEMEE	39
2.4.2	Office National de l'Electricité	39
2.4.3	Moroccan Agency for Solar Energy	39

## 3 Présentation et justification du projet 40

3.1	Les raisons du choix	40
3.1.1	Le choix du solaire	40
3.1.2	Un contexte international favorable : Le Plan Solaire Méditerranéen	40
3.1.3	Les objectifs nationaux : le Plan Solaire Marocain	41
3.1.4	Bénéfices locaux et nationaux	41
3.1.5	Justification du choix du site	44
3.2	Les variantes du projet	44
3.2.1	Deux grands types de technologies solaires	44
3.2.2	Le photovoltaïque	48
3.3	Equipements et utilités associés	54
3.3.1	Le stockage thermique	54
3.3.2	L'huile synthétique	54
3.3.3	Les besoins en combustible fossile	54
3.3.4	Les besoins et l'alimentation en eau	55
3.3.5	Le raccordement électrique	55
3.3.6	Autres infrastructures et génie civil	56
3.4	Montant investissement	56
3.5	Planning de réalisation	56

## 4 Analyse de l'état initial de l'environnement 57

4.1	Aire d'étude	57
4.2	Situation géographique	59
4.3	Situation hydrographique	59
4.4	Accès	59
4.5	Occupation des sols	59
4.6	Milieu physique	63
4.6.1	Morphologie et topographie	63
4.6.2	Géophysique	66
4.6.3	Pédologie	69
4.6.4	Erosion du sol	70
4.6.5	Climatologie	73
4.6.6	Hydrologie	76
4.6.7	Hydrogéologie	78
4.6.8	Mobilisation des ressources en eaux souterraines et superficielles	79
4.6.9	Air	80
4.6.10	Ambiance sonore et vibration	80
4.6.11	Les risques naturels	80
4.7	Milieu biologique	85
4.7.1	Méthodologie de travail	85

4.7.2	Etat initial	85
4.7.3	Hierarchisation des unités de milieu	87
4.7.4	Aires protégées	88
4.8	Milieu humain	91
4.8.1	Organisation administrative	91
4.8.2	Statut foncier du site et situation urbanistique	91
4.8.3	Analyse démographique et socio-économique	91
4.8.4	Aménagement du territoire, maîtrise foncière et occupation des sols	93
4.8.5	Contexte culturel et patrimonial	93
4.8.6	Les infrastructures et servitudes	93
4.8.7	Principaux projets	96
4.8.8	Le paysage	97
4.9	Synthèse de l'état initial	103
4.9.1	Milieu physique	103
4.9.2	Milieu naturel	105
4.9.3	Environnement socio-économique	107
<b>5</b>	<b>Les impacts de l'installation sur l'environnement et les mesures compensatoires associées</b>	<b>108</b>
5.1	Méthodologie	108
5.2	Milieu physique	108
5.2.1	Géologie et sols	108
5.2.2	Eaux souterraines	111
5.2.3	Eaux superficielles	112
5.2.4	Air 115	
5.2.5	Climat	116
5.2.6	Risques naturels	116
5.3	Milieu naturel	117
5.3.1	Impacts	117
5.3.2	Mesures d'atténuation	118
5.3.3	Mesures d'accompagnement	118
5.4	Intégration paysagère	120
5.4.1	Impacts	120
5.4.2	Mesures d'atténuation	120
5.5	Environnement socio-économique	120
5.5.1	L'emploi et l'activité économique	121
5.5.2	La population locale	121
5.5.3	Le foncier et l'occupation des sols	122
5.5.4	Activités agropastorales	122
5.5.5	Le tourisme	122
5.5.6	Bruits et vibrations	122
5.5.7	La santé humaine	124
5.5.8	Les risques technologiques	125
5.6	Remise en état du site en fin d'exploitation	125
5.7	Synthèse comparative des impacts des différentes variantes	126
5.8	Synthèse : la solution la plus impactante	129
5.9	Conclusion sur les impacts du complexe solaire	130
<b>6</b>	<b>Programme de surveillance et de suivi environnemental</b>	<b>131</b>
6.1	Contenu du programme de surveillance environnementale	131
6.2	Programme de suivi environnemental	133
<b>7</b>	<b>Plan de gestion environnementale et sociale</b>	<b>135</b>
7.1	Introduction	135
7.2	Organisation de MASEN pour le suivi environnemental	135
7.3	Mesures pour la réalisation de l'aménagement et des infrastructures du site	136
7.4	Plan de gestion environnementale et sociale pour le solaire à concentration	137
7.4.1	En phase conception et travaux	137

7.4.2	En phase exploitation	141
7.5	Plan de gestion environnementale et sociale pour le photovoltaïque	142
7.5.1	En phase conception et travaux	142
7.5.2	En phase exploitation	145
7.6	Plan de surveillance et de suivi environnemental	146
<b>8</b>	<b>Note de synthèse</b>	<b>147</b>
<b>9</b>	<b>Analyse des méthodes et des difficultés rencontrées, bibliographie</b>	<b>148</b>
9.1	Project Rationale	177
9.2	The variants of the project	179
9.2.1	PV 181	
9.2.2	CSP	182
9.3	Equipments and related utilities	183
9.3.1	Thermal storage	183
9.3.2	Synthetic oil	183
9.3.3	Fossil fuel needs	183
9.3.4	Water needs	183
9.3.5	Electrical connection	183
9.3.6	Other infrastructure and civil engineering	183
9.4	Projet investment and planning	183
9.5	Environmental baseline	185
9.5.1	Physical environment	185
9.5.2	Natural Environment	188
9.5.3	Socio-economic environment	191
9.6	Impacts of the different variants	193
9.7	Synthesis: the most impactful solution	196
9.8	Conclusion on the solar project impacts	198
9.9	Mitigation and/or compensation measures, environmental and social management plan	198

## ANNEXES

## TABLEAUX

Tableau 1 : Les différences majeures entre le PV et le CSP	12
Tableau 2 : Comparaison des avantages et inconvénients majeurs du PV et du CSP	13
Tableau 3 : Comparatif des technologies avec et sans trackers	14
Tableau 4 : Avantages et inconvénients des tours solaires et des capteurs cylindro-paraboliques	15
Tableau 5 : Synthèse générale de l'état initial – milieu physique	19
Tableau 6 : Synthèse générale de l'état initial – milieu naturel	22
Tableau 7 : Synthèse générale de l'état initial – environnement socio-économique	25
Tableau 8 : Synthèse comparative des impacts des différentes technologies	27
Tableau 9 : Solution la plus impactante	30
Tableau 10 : Directives de la Banque Mondiale spécifiant les principes de protection des aspects sociaux et environnementaux et champ d'application	



au projet	37
Tableau 11 : Les différences majeures entre le PV et le CSP	45
Tableau 12 : Comparaison des avantages et inconvénients majeurs du PV et du CSP	45
Tableau 13 : Tableau comparatif des différents types de cellules photovoltaïques	51
Tableau 14 : Comparatif des technologies avec et sans trackers	52
Tableau 15 : Avantages et inconvénients des tours solaires et des capteurs cylindro-paraboliques	53
Tableau 16 : Volumes de sels fondus nécessaire au projet	54
Tableau 17 : Consommation moyenne annuelle en eau des différentes technologies pour 500 MW	55
Tableau 18 : Coupe lithologique synthèse du site du complexe solaire d'Ouarzazate	66
Tableau 19 : Coordonnées des stations Tinouar, Tiflité et Mansour Ed Dahbi	73
Tableau 20 : Degré d'aridité du climat au niveau du Haut Draa	76
Tableau 21 : Caractérisation du climat de la zone d'étude d'après les indices (I) et (IM)	76
Tableau 22 : Débits caractéristiques au niveau de la zone d'étude	77
Tableau 23 : Situation et caractéristiques des puits prospectés au niveau de la zone d'étude	78
Tableau 24 : Coupe lithologique du forage pétrolier 738/63	79
Tableau 25 : Caractéristiques des chaâbas	81
Tableau 26 : Coefficient d'accélération au niveau des zones sismiques du Maroc	82
Tableau 27 : Caractéristiques des derniers séismes déclenchés au voisinage du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate	82
Tableau 28 : Occupation du sol au niveau du site du projet du complexe solaire et son périmètre rapproché	86
Tableau 29 : Classement des éléments du milieu naturel au niveau du site du projet du complexe solaire et son périmètre rapproché	87
Tableau 30 : Pourcentage des éléments du milieu naturel en fonction de leur intérêt patrimonial	88
Tableau 31 : Principales caractéristiques démographiques des douars relevant de la zone d'étude	91
Tableau 32 : Recensement animalier au niveau de la zone d'étude - Etat de décembre 2009	92
Tableau 33 : Situation de l'eau potable par douar	93
Tableau 34 : Réseau routier de la commune de Ghassate	94
Tableau 35 : Accès des douars de la zone d'étude par rapport au siège de la province d'Ouarzazate	95
Tableau 36 : Projets d'investissement de la commune Ghassate programmés en 2009	96
Tableau 37 : Synthèse générale de l'état initial – milieu physique	103
Tableau 38 : Synthèse générale de l'état initial – milieu naturel	105
Tableau 39 : Synthèse générale de l'état initial – environnement socio-économique	107
Tableau 40 : Impacts liés à l'imperméabilisation du sol	109

Tableau 41 : Impacts liés à une pollution accidentelle	110
Tableau 42 : Impacts sur les eaux superficielles	114
Tableau 43 : Synthèse des impacts par unité du milieu	117
Tableau 44 : Potentiels impacts paysagers en fonction des technologies et types d'installations proposés	120
Tableau 45 : Principales mesures d'atténuation des impacts paysagers en fonction des technologies et types d'installations proposés	120
<b>Tableau 46 : Impacts sonores et vibratoires</b>	123
Tableau 47 : Mesures de réduction du niveau acoustique	124
Tableau 48 : Synthèse comparative des impacts des différentes technologies	126
Tableau 49 : Solution la plus impactante	129
Tableau 50 : Analyse des méthodes	148
Table 51: The major differences between PV and CSP	179
Table 52 : Comparison of the main advantages and inconveniences of PV and CSP	180
Table 53 : Comparison of fixed / tracker PV plants	181
Table 54 : Advantages and inconveniences of trough and tower CSP technologies	182
Table 55 : General synthesis of the baseline – physical environment	185
Table 56 : General synthesis of the initial state – natural environment	188
Table 57 : General synthesis of the initial state – socio-economic environment	191
Table 58 : Comparative impact synthesis of the different technologies	193
Table 59 : Most impactful solution	196

## FIGURES

Figure 1 : Situation géographique du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate	11
Figure 2 : Schéma de principe d'une installation photovoltaïque	14
Figure 3 : Schémas de fonctionnement des 2 technologies CSP retenues	15
Figure 4 : Vue aérienne de la zone d'étude	18
Figure 5 : Inventaire du milieu physique	21
Figure 7 : Valeur patrimoniale relative des unités de milieu	24
Figure 8 : Inventaire du milieu humain	26
Figure 9 : Vue de la centrale d'Ain Beni Mathar (photo en cours de construction)	42
Figure 10 : Situation géographique du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate	43
Figure 11 : Vues du site : photos en haut : partie centrale du site	44
Figure 12 : Schéma de principe d'une installation photovoltaïque	48
Figure 13 : Module utilisant des cellules monocristallines	48

Figure 14 : Module utilisant des cellules polycristallines	49
Figure 15 : Module utilisant des cellules amorphes	49
Figure 16 : Module couche mince utilisant du tellure de cadmium	49
Figure 17 : Module à couche mince CIGS	50
Figure 18 : panneaux photovoltaïques fixes	52
Figure 19 : Tracker 1 axe (à gauche) et 2 axes (à droite)	52
Figure 20 : Schémas de fonctionnement des 2 technologies CSP retenues	53
Figures 21 : Exemples de centrales à tour solaire : Sierra SunTower, Lancaster – Etats-Unis (à gauche) et PS10 – Espagne (à droite)	53
Figures 22 : Exemple de centrales à capteurs cylindro-paraboliques : Andasol 1 – Espagne (à gauche) et Solar Electric Generating Station VI – Etats-Unis (à droite)	54
Figure 23 : Localisation du futur poste ONE 225kV au niveau du site et projection du couloir de la ligne de rabatement	56
Figure 24 : Représentation des différentes aires de la zone d'étude et superficie correspondante	57
Figure 25 : Délimitation des périmètres d'étude	58
Figure 26 : Situation hydrographique	61
Figure 27 : Vue aérienne de la zone d'étude	62
Figure 28 : Répartition spatiale de l'altitude	64
Figure 29 : Répartition spatiale de la pente topographique	65
Figure 30 : Répartition spatiale des couches géologiques	67
Figure 31 : Secteur néotectonique du projet, en bordure Sud du Haut Atlas	68
Figure 32 : Carte séismotectonique du Haut Atlas	68
Figure 33 : Carte schématique des failles actives du bassin d'Ouarzazate	69
Figure 34 : Carte des principales failles à potentiel sismique dans la région d'Ouarzazate	69
Figure 35 : Coupe schématique de la bordure Sud du Haut Atlas	69
Figure 36 : Erosion du sol - Source : Etude IMPETUS Atlas du Maroc établi en 2007	71
Figure 37 : Répartition spatiale des couches pédologiques	72
Figure 38 : Pluviométrie moyenne mensuelle - Période : 1975/76 - 2008/09	73
Figure 39 : Pluviométrie moyenne interannuelle (MIA) - 1975/76-2008/09 - Station Tinouar	73
Figure 40 : Pluviométrie moyenne interannuelle - 1975/76-2008/09 - Station Tiflité	73
Figure 41 : Pluviométrie moyenne interannuelle - 1975/76-2008/09 - Station Mansour Ed Dahbi	73
Figure 42 : Nombre de jours avec orages - Station Ouarzazate - Période : 2000 - 2009	74
Figure 43 : Nombre de jours avec grêle - Station Ouarzazate - Période : 2000 - 2009	74
Figure 44 : Nombre de jours avec température < 0°C - Station Ouarzazate -	

Période : 2000 - 2009	74
Figure 45 : Température moyenne mensuelle (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi	74
Figure 46 : Température moyenne interannuelle (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi	75
Figure 47 : Température minimale absolue (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi	75
Figure 48 : Diagramme ombrothermique - Station : Mansour Ed Dahbi - Période : 1980 - 2009	75
Figure 49 : Température moyenne interannuelle et hygrométrie de l'air	75
Figure 50 : Durée d'insolation moyenne mensuelle - Station : Ouarzazate - Période : 2000 - 2009	76
Figure 51 : Rose des Vents à base de données Tri-Horaires	76
Figure 52 : ETP moyenne mensuelle au bac Colorado (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi	76
Figure 53 : Apports moyens mensuels du Haut Draa - Station Tinouar	77
Figure 54 : Inventaire du milieu physique	84
Figure 55 : Unités de milieu au sein de l'aire d'investigation faune - flore	86
Figure 56 : Valeur patrimoniale relative des unités de milieu	88
Figure 57 : Localisation des aires protégées dans la région	89
Figure 58 : Situation du zonage de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain	90
Figure 59 : Recensement animalier - Commune rurale de Ghassate - Etat de décembre 2009	92
Figure 60 : Inventaire du milieu humain	97
Figure 61 : Proposition de réserve (en hachuré) sur la marge sud-est du site du complexe solaire d'Ouarzazate	119
Figure 62 : Geographical position of the Ouarzazate solar project site	178
Figure 63 : PV installation diagram	181
Figure 64 : Operation patterns of the two selected CSP technologies	182
Figure 65 : Aerial view of study zone	184
Figure 66 : Inventory of the physical environment	187
Figure 68 : Relative patrimonial value of the environmental units	190
Figure 69 : Inventory of the human environment	192

## LISTE DES ANNEXES

- ANNEXE 1 : PVs de réunions liées au projet de la centrale solaire d'Ouarzazate et Autorisations acquises et requises
- ANNEXE 2 : Compléments concernant l'analyse de l'état initial de l'environnement
- ANNEXE 3 : Note relative à la procédure d'acquisition du foncier du Complexe d'énergie solaire d'Ouarzazate
- ANNEXE 4 : Compte-rendu d'entretien avec les représentants de la collectivité ethnique des Aït Ougrour.
- ANNEXE 5 : Traduction en anglais du résumé



## Avant-propos

Le présent document est une **étude d'impact cadre** relative au projet de complexe solaire d'Ouarzazate - Maroc de 500 MW. Elle est faite conformément aux directives des institutions financières internationales et notamment l'Agence Française de Développement, la Banque Africaine de Développement, la Banque Européenne d'Investissement, la Banque Mondiale et la KfW Bankengruppe.

Elle résulte d'échanges effectués avec ces dernières à partir d'une étude d'impact environnemental et social sommaire établie au mois de juillet 2010 et complétée d'études techniques réalisées et d'une réunion publique tenue le 3 novembre 2010, à Ouarzazate.

Cette étude d'impact environnemental cadre servira de base pour le process d'acceptabilité environnementale que compte mener Masen pour ce complexe dans ses différentes composantes. Le Plan de Gestion Environnemental et Social qui en ressortira devra être respecté par l'ensemble des développeurs potentiels dudit Complexe. En outre, si le projet final d'un développeur présente des déviations par rapport au contenu de la présente étude, il devra faire adapter et valider le PGES en conséquence. L'étude sera mise à disposition des développeurs dans le cadre des différents appels d'offres que lancera Masen pour le développement du complexe solaire d'Ouarzazate.

De plus, cette étude d'impact environnemental et social cadre devra être complétée par une étude d'impact environnemental et social "spécifique" qui permettra de prendre en compte les spécificités de la centrale et des installations connexes qui seront nécessaires. Cette étude "spécifique" sera également conforme aux exigences des institutions financières internationales.

L'étude présentée dans ce rapport contient les chapitres suivants :

Le **cadre juridique, administratif et réglementaire** en vigueur,

La **justification du projet** et la **présentation des différentes variantes** du projet (technologies photovoltaïques et thermiques)

**Un état initial du site et de son environnement**, portant notamment sur les richesses naturelles et les espaces naturels agricoles, forestiers ou de loisirs, affectés par les aménagements ou ouvrages ;

**Une analyse des effets directs et indirects, temporaires et permanents des différentes variantes du projet sur l'environnement**, et en particulier sur la faune et la flore, les sites et paysages, le sol, l'eau, l'air, le climat, les milieux naturels et les équilibres biologiques, sur la protection des biens et du patrimoine culturel et, le cas échéant, sur la commodité du voisinage (bruits, vibrations, odeurs, émissions lumineuses) ou sur l'hygiène, la santé, la sécurité et la salubrité publique ;

Les **mesures envisagées** pour supprimer, réduire et, si possible, compenser les conséquences dommageables du projet (pour chaque variante du projet) sur l'environnement et la santé, ainsi que l'estimation des dépenses correspondantes ;

**Le programme de surveillance et de suivi environnemental**

**Le plan de gestion environnemental et social ;**

**L'analyse des méthodes et des difficultés rencontrées.**

Une **note de synthèse** et un **résumé non-technique** sont également joints à l'étude d'impact.

## Liste des abréviations

ABH	Agence du Bassin Hydraulique
AGCE	Autorité Gouvernementale Chargées de l'Environnement
AEP	Alimentation en Eau Potable
CE	Conductivité Electrique
CGE	Comité de Gestion des Doléances
CNRST	Centre National de Recherches Scientifique et Technologique
CNEIE	Comité National des Etude d'Impact sur l'Environnement
CREIE	Comité Régional des Etude d'Impact sur l'Environnement
CRI	Centre Régional d'Investissement
CSP	<i>Concentrated Solar Power</i> ou Solaire à Concentration
DAO	Dossier d'Appels d'Offres
DPH	Domaine Public Hydraulique
HCEFLCD	Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification
HCB	Hexachlorobenzène
PCB	Polychlorobiphényles
MADRPM	Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes
MASEN	<i>Moroccan Agency for Solar Energy</i>
MEMEE	Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement
ONE	Office National de l'Electricité
ONEP	Office National de l'Eau Potable
ORMVAO	Office Régional de Mise en Valeur Agricole d'Ouarzazate
PCR	Poste de Coordination Régionale
PDAIRE	Plan Directeur d'Aménagement Intégré des Ressources en Eaux
PDAR	Plan de Développement des Agglomérations Rurales
PGE	Plan de Gestion Environnementale
PMH	Petite et Moyenne Hydraulique
POP	Polluants Organiques Persistants
PPE	Profondeur du Plan d'Eau
PV	Photovoltaïque
RN	Route Nationale
RP	Route Provinciale
RR	Route Régionale
SDAU	Schéma Directeur d'Aménagement Urbain
SEEE	Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement
SAU	Surface Agricole Utile
UGE	Unité de Gestion de l'Environnement

## **1 Résumé non-technique**

### **1.1 Préambule**

La présente étude concerne le projet du complexe solaire d'Ouarzazate. D'une puissance de 500 MW et d'un productible estimé à 1 150 GWh/an (en cas d'utilisation de la technologie thermosolaire), ce projet est le premier de la série de 5 complexes solaires qui totaliseront une puissance de 2 000 MW à l'horizon 2020.

A cet effet, une superficie de 2 500 ha a été choisie sur le site de Tamzaghten Izerki, appartenant à la collectivité ethnique Ait Oukrou Toundout, sis commune rurale Ghesat. Le site se trouve à environ 10 km de la ville d'Ouarzazate sur la route nationale allant vers la ville d'Errachidia.

La première phase du projet sera réalisée par la société ou le consortium choisi à l'issue d'un appel d'offres international qui sera lancé au deuxième trimestre 2011.

Cette étude constitue une étude d'impact sur l'environnement cadre qui sera complétée par une étude d'évaluation environnementale et sociale spécifique qui permettra de prendre en compte les spécificités de la centrale et des installations connexes qui seront nécessaires. Cette étude "spécifique" sera également conforme aux exigences des institutions financières internationales.

### **1.2 Les raisons du choix**

Ce projet permettra de :

- Réduire la dépendance énergétique du Royaume (actuellement le Maroc dépend à 95% du pétrole pour ses besoins énergétiques),
- Valoriser une ressource nationale : le Maroc bénéficie d'un taux d'ensoleillement très important, le projet permettra d'assurer que la valorisation de la ressource solaire sera maîtrisée au niveau national et ainsi de faire bénéficier les populations des retombées économiques,

- Créer un avantage compétitif énergétique sur le long terme,
- Réduire les gaz à effet de serre : le Plan Solaire Marocain permettra d'éviter l'émission de 3,7 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>.

Le site de Ghesat a été retenu pour les raisons suivantes :

- Avec un DNI (Direct Normal Irradiation) d'environ 2 420 kWh/m<sup>2</sup>/an, le site d'Ouarzazate jouit d'un des plus importants ensoleillements au monde.
- Une piste aménagée au nord de la route nationale P32 mène directement au site (4 km).
- Le site se trouve à proximité du barrage Mansour Eddahbi (4 km) dont la capacité de stockage est de 439 hm<sup>3</sup>.
- La topographie, la qualité du sol, ainsi que le bas risque sismique de la zone, favoriseront la mise en place du complexe solaire.
- L'installation d'un parc solaire sur le site de Tamzaghten Izerki n'engendrera qu'un très faible conflit d'usage car le site a actuellement une vocation pastorale à faible offre fourragère. Aucun déplacement de population ou d'activité économique n'est à prévoir.
- Le site se trouve à l'écart des principales zones habitées.
- Le site est localisé en dehors de toute zone naturelle ou touristique protégée, et aucune co-visibilité importante n'est à prévoir.



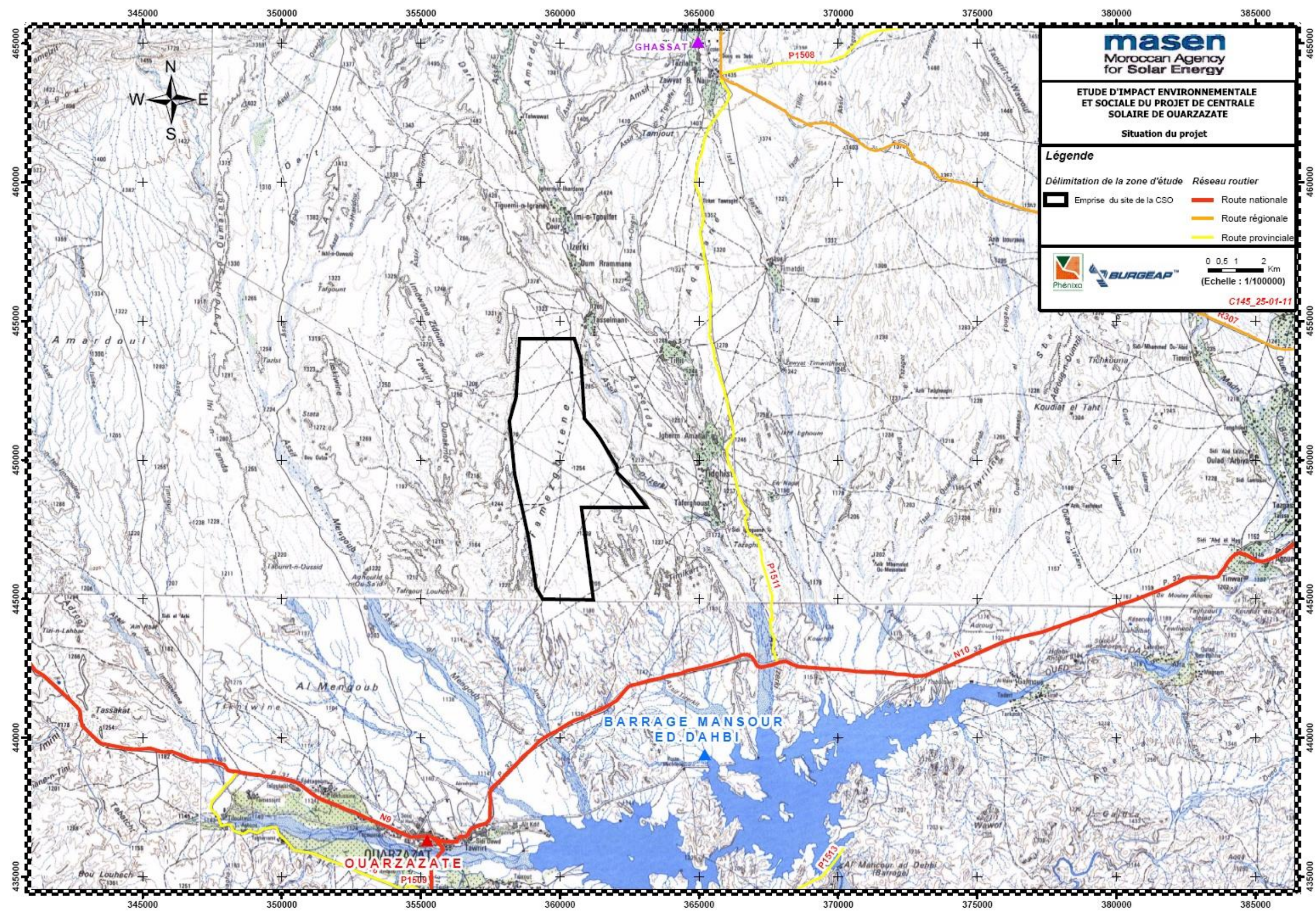


Figure 1 : Situation géographique du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate



1.3 Les variantes du projet



Le solaire photovoltaïque et le solaire à concentration sont deux types de technologies fondamentalement différents.

Le tableau 1 présente leurs différences majeures, tandis que le tableau 2 liste leurs avantages et inconvénients principaux, de manière globale.

Tableau 1 : Les différences majeures entre le PV et le CSP

Le solaire photovoltaïque (PV)	Le solaire à concentration (CSP: Concentrated Solar Power)
	
<p>Les technologies photovoltaïques exploitent directement l'énergie des photons et leur capacité à provoquer, dans certains milieux, une différence de potentiel utilisable pour générer un courant électrique.</p> <p>L'énergie solaire est directement convertie en électricité par des matériaux semi-conducteurs, comme le silicium, recouverts d'une mince couche métallique.</p>	<p>Le rayonnement solaire est concentré par des miroirs au niveau d'un foyer où circule un fluide caloporteur.</p> <p>La chaleur collectée produit de la vapeur, qui est ensuite convertie en électricité par un groupe turbo-alternateur.</p>
Capte non seulement le rayonnement solaire direct du soleil, mais également le diffus (préférable pour les régions tempérées)	Capte uniquement le rayonnement direct (abondant dans les zones à fort ensoleillement comme les déserts de la ceinture solaire méditerranéenne)
Les panneaux photovoltaïques étant déjà fabriqués dans des usines à forte capacité, le prix d'une installation est pratiquement proportionnel à sa taille.	En solaire à concentration, seul le champ solaire est d'un coût proportionnel à sa taille, la salle des machines bénéficiant, comme dans les centrales classiques, d'un fort effet de taille. Le CSP est donc plutôt destiné aux installations de puissance élevée.
Le PV ne nécessite que très peu de personnel d'exploitation.	Besoin important de personnel d'exploitation, à l'instar de n'importe quelle centrale thermique. Là encore, le CSP est à réserver aux installations d'une puissance conséquente.

Tableau 2 : Comparaison des avantages et inconvénients majeurs du PV et du CSP

	Le solaire photovoltaïque (PV)	Le solaire à concentration (CSP: <i>Concentrated Solar Power</i> )
AVANTAGES 	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'énergie produite est directement de l'électricité :<ul style="list-style-type: none"><li>- aucun besoin de système de conversion de chaleur, nécessairement complexe, ce qui induit des risques technologiques et un coût financier important,</li><li>- aucun besoin de fluide(s) de travail.</li></ul></li><li>• Délai d'installation des parcs rapide,</li><li>• Besoin en maintenance très limité,</li><li>• La consommation en eau en exploitation est minime,</li><li>• Les coûts de production des panneaux décroissent rapidement du fait d'une production de masse observée actuellement et en particulier depuis ces 2 dernières années,</li><li>• Technique éprouvée : plusieurs GW actuellement en exploitation dans le monde,</li><li>• Les panneaux produisent de l'électricité même en présence d'une couverture nuageuse.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Possibilité de stocker directement l'énergie thermique récupérée dans des stockages de sel fondu par exemple, permettant une production d'électricité jour et nuit,</li><li>• Perspectives de fabrication locale des équipements nécessaires : technologies traditionnelles, simples des processus de construction, et déjà partiellement disponibles au Maroc,</li><li>• Besoin important de main d'œuvre pendant les travaux et pendant l'exploitation,</li><li>• Développement de l'économie locale grâce aux emplois indirects (hébergement, restauration,...)</li><li>• Possibilité d'associer d'autres sources d'énergie autre que le soleil pour faire fonctionner les turbines (gaz par exemple),</li><li>• Recyclage des installations simple après démantèlement.</li></ul>
INCONVENIENTS 	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stockage possible uniquement en batteries, et possibilités très limitées (avec perte d'énergie dans le temps),</li><li>• Performance généralement décroissante avec l'augmentation de la température (mais progrès technologiques en cours),</li><li>• Mode de production des installations plus énergivore que celui des CSP : moins bon bilan carbone,</li><li>• Toxicité des panneaux PV usagés,</li><li>• Recyclage complexe avec une consommation énergétique importante,</li><li>• Les besoins en maintenance étant très limités, les centrales PV sont peu créatrices d'emploi pour la phase exploitation.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Coût élevé des investissements nécessaires (lié à la turbine et à toutes les installations annexes), mais pouvant s'équilibrer sur des centrales de grandes échelles.</li><li>• La construction est complexe, et fait appel à plusieurs technologies et composants différents,</li><li>• Risque technique : certaines technologies sont encore au stade de R&amp;D et sont encore très peu développées à l'échelle du MW (la plus grande CSP actuellement en exploitation a une puissance de 90 MW),</li><li>• Production d'électricité uniquement par temps clair, sans nuages,</li><li>• Nécessité d'un refroidissement du système de conversion de la chaleur, le refroidissement humide étant énormément consommateur d'eau,</li><li>• Nécessité d'une alimentation en combustible fossile pour le maintien du fluide caloporteur à la bonne température.</li><li>• Selon la technologie CSP, il peut exister des risques incendie ou explosion liés à la présence de gaz, de vapeur à haute pression, et d'huile synthétique à haute température, des risques de pollution des sols (utilisation d'huile synthétique), des rejets d'eau importants (dans le cas d'un refroidissement humide).</li></ul>

### 1.3.1 Le photovoltaïque

#### 1.3.1.1 Principe général

Le solaire photovoltaïque permet de récupérer et de transformer directement la lumière du soleil en électricité par des panneaux photovoltaïques. La conversion directe de l'énergie solaire en électricité se fait par l'intermédiaire d'un matériau semi-conducteur.

La cellule photovoltaïque est un composant électronique qui est la base des installations produisant cette énergie. Elle fonctionne sur le principe de l'effet photoélectrique. Plusieurs cellules sont reliées entre-elles pour former ce qu'on appelle un module solaire photovoltaïque. Par la suite, plusieurs modules sont regroupés pour former une installation solaire. Cette installation produit de l'électricité qui peut être consommée sur place ou alimenter un réseau de distribution.

La puissance d'une centrale solaire photovoltaïque est proportionnelle à la surface de modules installée.

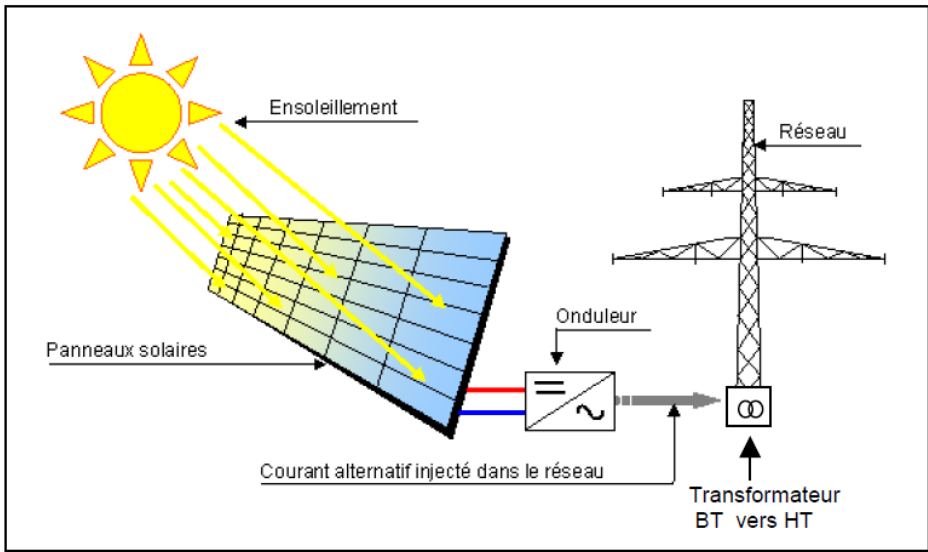


Figure 2 : Schéma de principe d'une installation photovoltaïque

Les principales caractéristiques des centrales photovoltaïques sont les suivantes :

- Haute fiabilité, pas de pièce mobile (sauf sur des systèmes de trackers, le mouvement est cependant très lent),
- Système silencieux,
- Entretien réduit, peu de coût de fonctionnement,
- Production d'électricité uniquement le jour,
- Stockage de l'électricité difficile (coûts importants, perte de la charge au cours du temps), et possible à l'heure actuelle pour des puissances modérées.

Parmi les différents types de cellules photovoltaïques existantes, il est possible de distinguer deux grandes familles : à base de silicium cristallin ou les « couches minces ».

#### 1.3.1.2 Le photovoltaïque à concentration (CPV)

Le photovoltaïque à concentration (CPV) est basé sur un principe simple : la lumière du soleil est concentrée plusieurs centaines de fois par un dispositif optique (miroir parabolique ou lentille de Fresnel) avant d'atteindre la cellule photovoltaïque. Grâce à la concentration, la surface de cellule utilisée est beaucoup plus faible et donc la quantité de matériaux semi-conducteurs, composant le plus coûteux d'un module solaire, est diminuée.

Le rendement d'un module photovoltaïque à concentration est nettement supérieur à celui des autres technologies. A puissance égale, une centrale CPV nécessite donc moins d'espace qu'une centrale PV classique.

#### 1.3.1.3 Les deux variantes PV

En plus des différentes technologies de cellules, deux types de centrales PV existent : les centrales PV fixes et les centrales solaires PV avec un système trackers d'un axe ou de deux axes ou « suiveurs solaires » (permettant de suivre la course du soleil). Ces dernières peuvent permettre d'augmenter le productible de la centrale en plus de 40% par rapport aux centrales solaires PV traditionnelles.

Tableau 3 : Comparatif des technologies avec et sans trackers

Le photovoltaïque sans tracker	Le photovoltaïque avec tracker
Coûts plus faibles aussi bien en production qu'en exploitation (moins de maintenance)  Le fonctionnement de ces panneaux ne nécessite pas d'énergie, contrairement aux trackers ou un moteur est nécessaire pour orienter les panneaux (avec une consommation faible)	Rendement supérieur de 30 % environ (surtout pour les trackers 2 axes)
Imperméabilisation du sol plus faible (panneaux en général fixés à l'aide de pieux, alors que les trackers demandent en général des embases béton)	Surface continue de panneaux moins importante (facilite le ruissellement des eaux pluviales)
Hauteur beaucoup plus faible des panneaux d'où un impact paysager plus réduit	Hauteur plus importante, d'où une utilisation des sols sous les panneaux plus importante
Technologie la plus couramment employée	Technologie plutôt employée dans des régions très ensoleillées pour compenser les coûts de production
Mise en place facile des panneaux et démantèlement aisé	S'adapte plus facilement aux différences de relief

**Dans la suite de notre étude, nous effectuerons, pour la partie impact un comparatif entre les technologies avec et sans tracker, sans différencier les types de cellules. Ainsi, le CPV sera intégré dans la variante « avec tracker ».**

1.3.2 Le solaire à concentration (CSP)

Deux technologies de solaire à concentration ont été retenues pour le projet d'Ouarzazate : la technologie des miroirs cylindro-paraboliques et les centrales solaires à tour.

- **cylindro-paraboliques** : la structure utilise des miroirs courbes pour concentrer la lumière du soleil sur un tube rempli d'un fluide. Un liquide collecte l'énergie thermique et la transporte au « bloc usine» où elle est convertie en vapeur, puis en électricité par l'entremise d'une turbine.
- **les tours solaires** : une tour soutient un capteur dominé par un champ équipé de centaines de miroirs héliostats (miroirs orienteurs), qui suivent chacun le soleil. Comme pour les miroirs cylindro-paraboliques, un liquide transporte l'énergie vers la centrale énergétique.

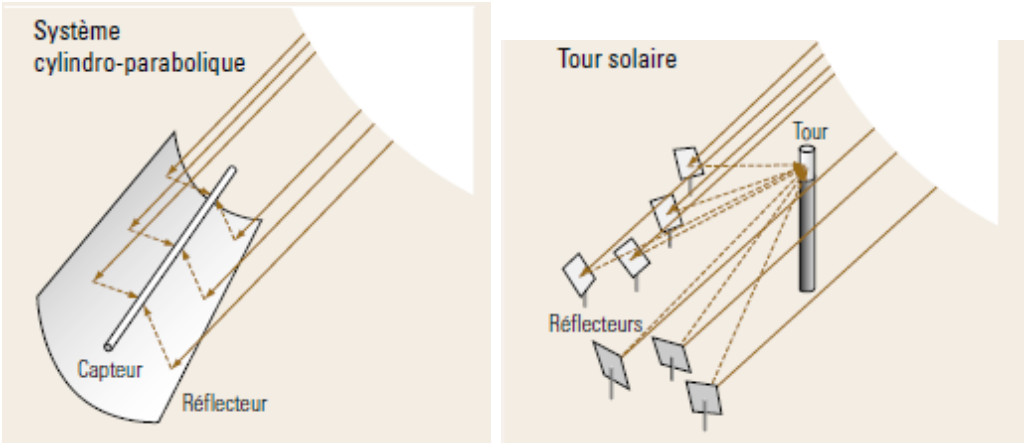


Figure 3 : Schémas de fonctionnement des 2 technologies CSP retenues  
Source : WorldWatch Institute

	La tour solaire « Tower »	Les capteurs cylindro-paraboliques « Trough »
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stockage à haute température</li><li>• Pertes à l'ambiance inférieures aux collecteurs linéaires (surface exposée limitée)</li><li>• Technique éprouvée commercialement : 30 MW en production actuellement (hors projets en construction)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technique la plus éprouvée : production commerciale depuis les années 80 ; plus de 400 MW en production actuellement (hors projets en construction)</li><li>• Modularité</li></ul>
INCONVENIENTS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impact paysager d'une tour de plusieurs dizaines de mètres de hauteur (jusqu'à 150 m actuellement)</li><li>• Utilisation de sels fondus (mélanges binaires ou ternaires de nitrate ou nitrite) comme fluide caloporteur : solides à température ambiante et figeant à environ 200°C, ils nécessitent une fusion initiale et un maintien en température durant toute la vie de la centrale. De plus, leur classification comme non-dangereux peut être mise en doute.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• LEC (Levelized Electricity Cost) le plus important des CSP : coût lié à la forme du verre et à la structure devant être munie d'extrémités assurant la compatibilité entre les dilatations thermiques inégales de l'acier et du verre</li><li>• Importantes contraintes mécaniques liées au vent<sup>1</sup></li><li>• Utilisation d'huiles thermiques comme fluide caloporteur (risques pour l'environnement et la sécurité dus à leur inflammabilité et leur toxicité, et limitation de la température de travail à environ 400°C induisant une vapeur de moins bonne qualité)</li></ul>

Tableau 4 : Avantages et inconvénients des tours solaires et des capteurs cylindro-paraboliques

<sup>1</sup> Par exemple, la centrale Andasol en Espagne fonctionne normalement jusqu'à des vitesses de vent atteignant 13,6 m/s (environ 49 km/h). La production doit être arrêtée pour des vitesses supérieures à 20 m/s (environ 72 km/h).

## 1.4 Equipements et utilités associés

### 1.4.1 Le stockage thermique

La valeur des systèmes CSP augmente si un **stockage thermique** leur est attaché, ce qui permet d'adapter la production d'électricité au plus près des pics de demandes, soit en fin d'après-midi. Le concept est simple : utiliser l'énergie pour chauffer un produit (p. ex. des sels fondus) durant la journée, puis récupérer l'énergie de la chaleur pour continuer à faire fonctionner les générateurs après le coucher du soleil.

Le stockage se fera au moyen de sels fondus. **Les sels fondus sont un mélange de 60% de nitrate de sodium ( $\text{NaNO}_3$ ) et de 40% de nitrate de potassium ( $\text{KNO}_3$ ).**

Entre 32 000 et 48 000 tonnes de  $\text{KNO}_3$  seront nécessaires, et entre 48 000 et 72 000 tonnes de  $\text{NaNO}_3$ .

### 1.4.2 L'huile synthétique

**Dans le cas du choix de la technologie des centrales cylindro-paraboliques, le fluide caloporteur utilisé sera de l'huile synthétique.** Un volume de 4 200 m<sup>3</sup> est nécessaire pour une centrale de 125 MW (donnée MASEN), soit **16 800 m<sup>3</sup>** pour 500 MW. L'huile synthétique peut atteindre des températures élevées (400 °C), elle se solidifie à environ 12°C. Sa viscosité est importante à température ambiante et limite les effets d'infiltration. Les fuites au moment de la mise en charge des circuits et au niveau des raccords de conduits en exploitation sont des sources de pollution ponctuelle des sols.

### 1.4.3 Les besoins en combustible fossile

L'apport d'énergie par un combustible fossile est indispensable pour les raisons suivantes :

- Pour maintenir le système de conversion de la chaleur en activité, et notamment la turbine, qui doit tourner en permanence, lorsque la ressource solaire est insuffisante et que le stockage thermique est vide (en effet, pour des raisons économiques, aucun stockage supérieur à 8h n'a pu être construit)
- Pour conserver le sel fondu à haute température afin de le maintenir liquide (solidification à 110°C)
- Pour maintenir la température de l'huile au-dessus de sa température minimale de travail (8°C pour l'huile synthétique) et pour alimenter durant la nuit les pompes permettant d'assurer la circulation de l'huile dans les circuits

Pour le complexe d'Ouarzazate les besoins en combustible d'appoint ont été estimés à environ 16 T/jour de gas-oil pour une capacité de 500 MW. C'est le gas-oil à une teneur en soufre de 50 ppm qui est recommandé. L'option du gaz reste aussi ouverte pour les développeurs.

### 1.4.4 Les besoins et l'alimentation en eau

Dans le cas d'un parc photovoltaïque, aucun besoin de refroidissement n'est nécessaire. En revanche, c'est le cas pour les autres centrales solaires. Du fait de contraintes thermodynamiques, une partie seulement de l'énergie de la chaleur peut être convertie en électricité ; la plus grande part doit être rejetée dans l'environnement par l'entremise d'un processus de refroidissement. Celui-ci peut se faire soit à sec au moyen d'aérocondenseurs, soit par voie humide grâce à des tours de refroidissement, très consommatrices d'eau.

De plus, l'eau consommée peut difficilement être utilisée en circuit fermé, en raison de la nécessité de la refroidir de façon importante (coût et bilan énergétique négatif).

La technologie du refroidissement sec (à l'air) disponible aujourd'hui conduit à un kWh au coût plus élevé (les ventilateurs utilisés pour le système de refroidissement consomment une partie de la production électrique de la centrale).

Les consommations d'eau augmentent avec la durée de stockage d'énergie. **Dans le cas d'un refroidissement humide, elles seront comprises entre 4,48 et 5,68 millions de mètres cube annuelles. Elles seront bien moindres dans le cas d'un refroidissement sec : entre 730 000 et 880 000 m<sup>3</sup>/an.**

**Les technologies photovoltaïques requièrent de l'eau uniquement pour le nettoyage des panneaux solaires. Elles consomment environ 200 fois moins d'eau qu'une technologie thermo-solaire à refroidissement humide et 40 fois moins d'eau qu'un refroidissement sec.**

**En phase d'exploitation, les besoins en eau du complexe solaire seront assurés via une conduite d'adduction en eau depuis la ville d'Ouarzazate. La source d'approvisionnement initiale sera le barrage de Mansour Eddabhi (situé à 4 km du projet). Aucun forage ou alimentation en eau souterraine ne sera mis en place. En phase de construction, les besoins en eau seront assurés par un approvisionnement direct à partir du barrage dont les modalités techniques sont en cours d'étude.**

Pour des raisons de sécurité du système de refroidissement, notons qu'un stockage d'eau sera prévu au niveau du site.

### 1.4.5 Le raccordement électrique

L'évacuation de l'énergie électrique produite par la centrale sera effectuée sur le poste 225/60 KV d'Ouarzazate qui se trouve à proximité du complexe (4 km), ainsi que par d'autres postes complémentaires programmés avant la date de la mise en service du complexe, soit 2015.

De plus, notons qu'une ligne de 60 kV traverse actuellement le site. Cette dernière pourra éventuellement être déplacée dans le cadre du projet.

### 1.4.6 Autres infrastructures et génie civil

Le site sera composé de différents ouvrages et bâtiments dont la nature peut varier selon les technologies utilisées :

Bâtiments ou constructions provisoires à usage d'habitation pour les ouvriers lors de la construction (base vie). Les ouvriers pourront aussi être logés à l'extérieur du site dans les villages ou dans la ville d'Ouarzazate.

Bâtiments définitifs à usage administratif et technique,

Ouvrages génie civil pour accueillir les blocs moteur (turbines),

Ouvrage génie civil destiné à recevoir le bloc moteur,

Ouvrages de stabilisation et de protection,

Ouvrages de drainage et d'évacuation des eaux pluviales,

Voiries au sein du site,

Déplacement de la piste d'accès au douar Tasselmente (sur une dizaine de kilomètres),

Mise en place des réseaux Télécoms.

### **1.5 Montant d'investissement du projet et planning**

Le montant d'investissement du projet est estimé à 28 milliards de dirhams. Le projet sera réalisé en faisant appel via des appels d'offres à des développeurs. Une société de projet de projet sera alors constituée.

Un appel d'offre pour une première tranche de 125 MW sera lancé au cours du deuxième trimestre 2011 pour une mise en service en 2014. D'autres appels d'offre suivront, et la capacité de 500 MW sera mise en service début 2015.





Figure 4 : Vue aérienne de la zone d'étude



1.6 Analyse de l'état initial de l'environnement

Les caractéristiques du secteur d'étude et les compatibilités ou sensibilités vis-à-vis d'un projet de centrale solaire sont listées dans le tableau suivant.

Enjeu très fort	Enjeu modéré
Enjeu fort	Enjeu faible

1.6.1 Milieu physique

Tableau 5 : Synthèse générale de l'état initial – milieu physique

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
Topographie	Il s'agit d'une zone de plateaux plats morcelés par l'érosion, avec des altitudes fluctuant dans une fourchette de valeurs allant de 1100m à 1450m. Leur surélévation au-dessus des vallées des oueds qui les entaillent est de l'ordre de dizaine de mètres. Ces plateaux sont entaillés par des lits de cours d'eau dessinant des vallées verdoyantes localement. Les bordures de ces plateaux sont fragiles avec des éboulements fréquents.	Le périmètre rapproché au site du projet est constitué par une zone de pente ravinée par l'érosion. Au Nord Est et au Sud Est du site du projet, des éboulis argileux sont basculés sur des falaises d'une dizaine de mètres.	Faible	Faible	L'absence de relief est en faveur de faible possibilité de vision lointaine vers le site.  Les enjeux liés à la visibilité du site seront dépendant de la technologie choisie (par exemple les tours pour le CSP qui peuvent atteindre 150m).
Climatologie	<ul style="list-style-type: none"><li>- Le climat de la zone est aride</li><li>- La moyenne interannuelle des températures est de l'ordre de 20°C et le coefficient de variation des températures moyennes mensuelles, est de 7%.</li><li>- Deux périodes humides s'étalant respectivement de mi - septembre à la fin du mois de décembre et de janvier jusqu'à la fin de mars. Ces deux périodes s'alternent avec un épisode climatique sec s'étalant du mois d'avril jusqu'à la mi-septembre.</li><li>- La durée d'insolation moyenne interannuelle est de 288 heures.</li><li>- Les vents dominants soufflent de l'Ouest à Nord Ouest avec des vitesses de 2 à 4 m/s.</li></ul>		Faible		Insolation exceptionnelle (une des plus fortes du monde), très favorable pour un tel projet.
Géologie	Les plateaux morcelés correspondent à des terrains crétacés et éocènes qui s'énnoient sous un complexe détritique tertiaire et quaternaire.  Le long des vallées des cours d'eau les formations géologiques dominantes à l'affleurement correspondent aux alluvions récentes, surmontées de limons.	Le plateau support du site correspond à des terrains crétacés et éocènes qui s'énnoient sous un complexe détritique tertiaire et quaternaire.  Le long de la bordure Est du site, la coupe géologique affleurante sur environ 10m de hauteur montre du haut vers le bas : <ul style="list-style-type: none"><li>- Limons sablo - argileux ;</li><li>- Conglomérats à ciments argileux brun – rouge avec des passées de grès</li><li>- Argiles calcaires brun rouge pâteux.</li></ul>	Faible	Faible	Nature géologique compatible, sous réserve de la prise en compte des résultats de l'étude géotechnique
Eaux souterraines	Au dessous des vallées, gisent des nappes alluviales à eau saumâtre et de faible productivité.	Le plateau support du site est stérile hydrogéologiquement. Au dessous de la vallée de l'oued Izerki, au niveau du douar Tasselmant, circule une nappe alluviale à eau saumâtre et de faible productivité	Aucun	Faible	Les conditions hydrogéologiques locales décrites ne présentent aucune sensibilité notée vis-à-vis du projet quelque soit la variante retenue

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
<b>Eaux superficielles</b>	Le périmètre éloigné est drainé par les confluent de l'oued Izerki à l'Est dont l'assif N'Ougni, l'assif Tizerkit au Sud, l'assif Issil Tfeig au Sud Est et l'oued Wargouine à l'Ouest. Ces cours d'eau sont à régime très irrégulier.	Le périmètre rapproché est drainé essentiellement à l'Est par l'oued Izerki. Ces cours d'eau sont à régime très irrégulier.  Le site du projet est drainé par un réseau de chaabas et cours d'eau à sec, dont Issil Tfeig. Ce dernier coule vers le Sud Est.  Présence du barrage Mansour Eddahbi où les apports moyens sont de 384 Mm3/an.	Faible	Moyen	Régime hydrologique irrégulier. Réseau hydrographique drainant les périmètres rapproché et éloigné ne représentant pas de sensibilité importante vis-à-vis du projet.  Une partie du réseau de chaabas pourra être conservé afin de faciliter les écoulements des eaux.  La disponibilité en eau permet d'envisager un tel projet même en refroidissement humide plus consommateur d'eau
<b>Air</b>	Le périmètre éloigné pourrait être exposé à une pollution routière liée au trafic de la RN10 et la RP1511. Le long du tronçon de la RN 10 reliant Ouarzazate à Klaat M'Gouna, le trafic routier enregistré est de 120 495 véhicule/km/jour (état de 2002), le trafic moyen journalier annuel correspondant est de 1385 véhicules/jour.	Le périmètre rapproché au site du projet correspond à un milieu rural isolé, loin de toute activité industrielle polluante, la qualité de l'air peut être considérée localement bonne. Un seul douar, ne disposant d'aucune infrastructure génératrice de pollution aérienne, y est implanté.	Faible	Faible	Qualité de l'air compatible avec le projet quelque soit la variante retenue
<b>Risques naturels</b>	Risque d'éboulement au niveau des bordures des plateaux morcelés		Modéré		Précautions à prendre pour la stabilité du site d'implantation du projet afin d'éviter les éboulements pouvant toucher ses abords
	- Risque d'inondation - Risque d'invasion acridienne - Risque de vibrations liées aux activités sismiques au voisinage		Faible		Ces risques sont faibles et n'engendrent pas de contraintes pour le projet.
	Le site se trouve au niveau d'une zone à fort risque d'érosion.		Fort		Des mesures devront être mises en place afin de prendre en compte le fort risque érosion au droit du site.

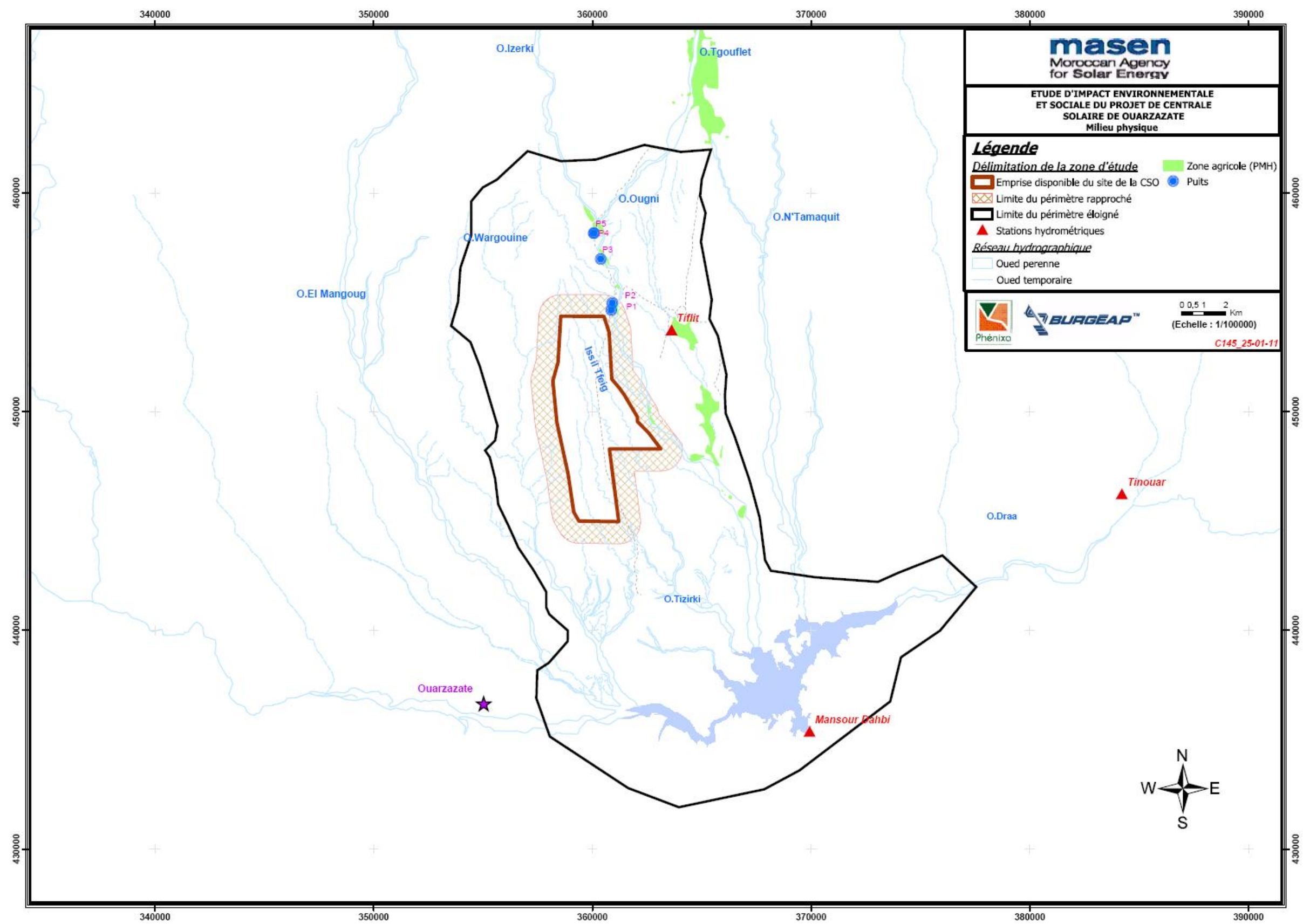


Figure 5 : Inventaire du milieu physique

### 1.6.2 Milieu naturel

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques principales du milieu naturel du site d'implantation, et leurs compatibilités avec le projet.

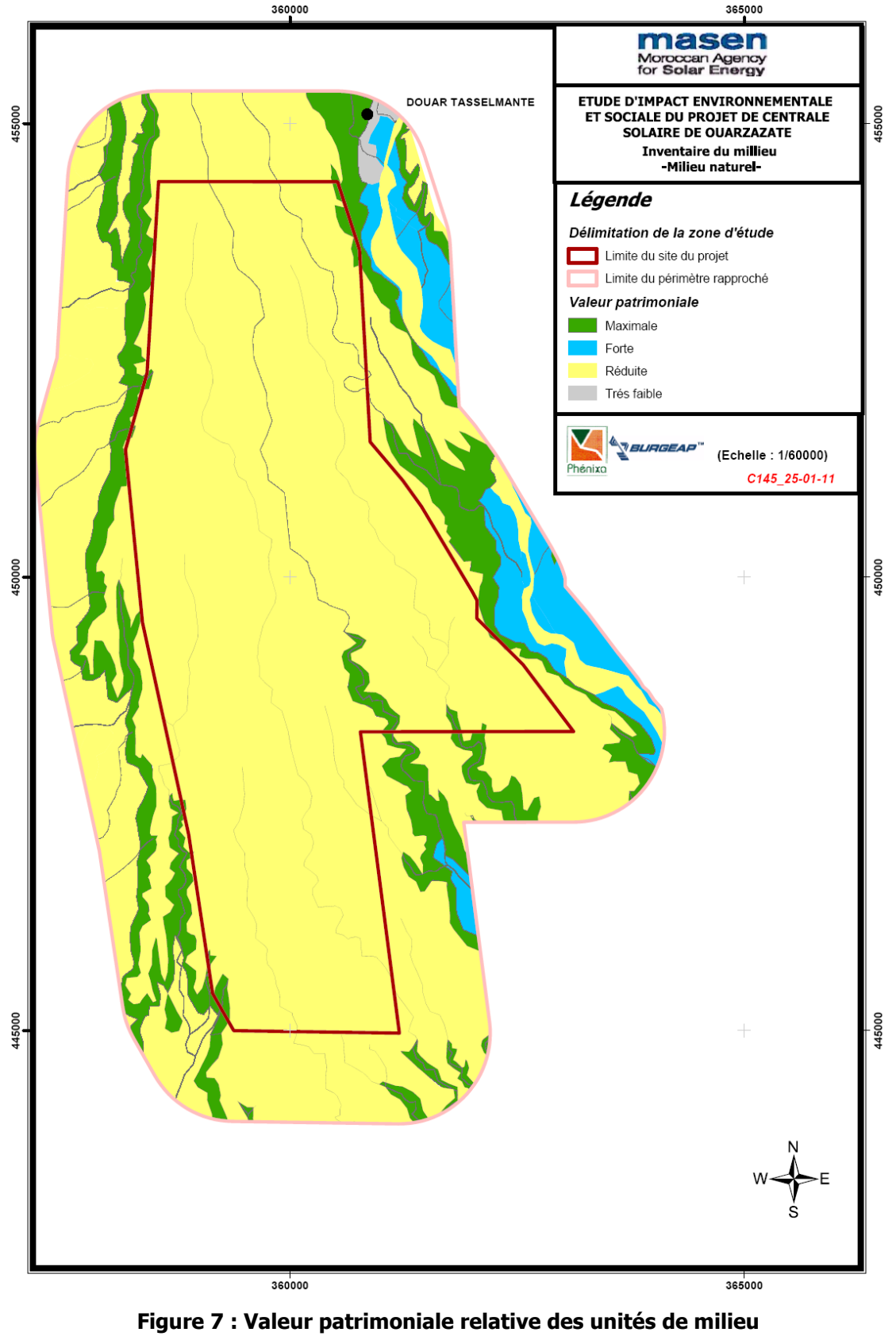
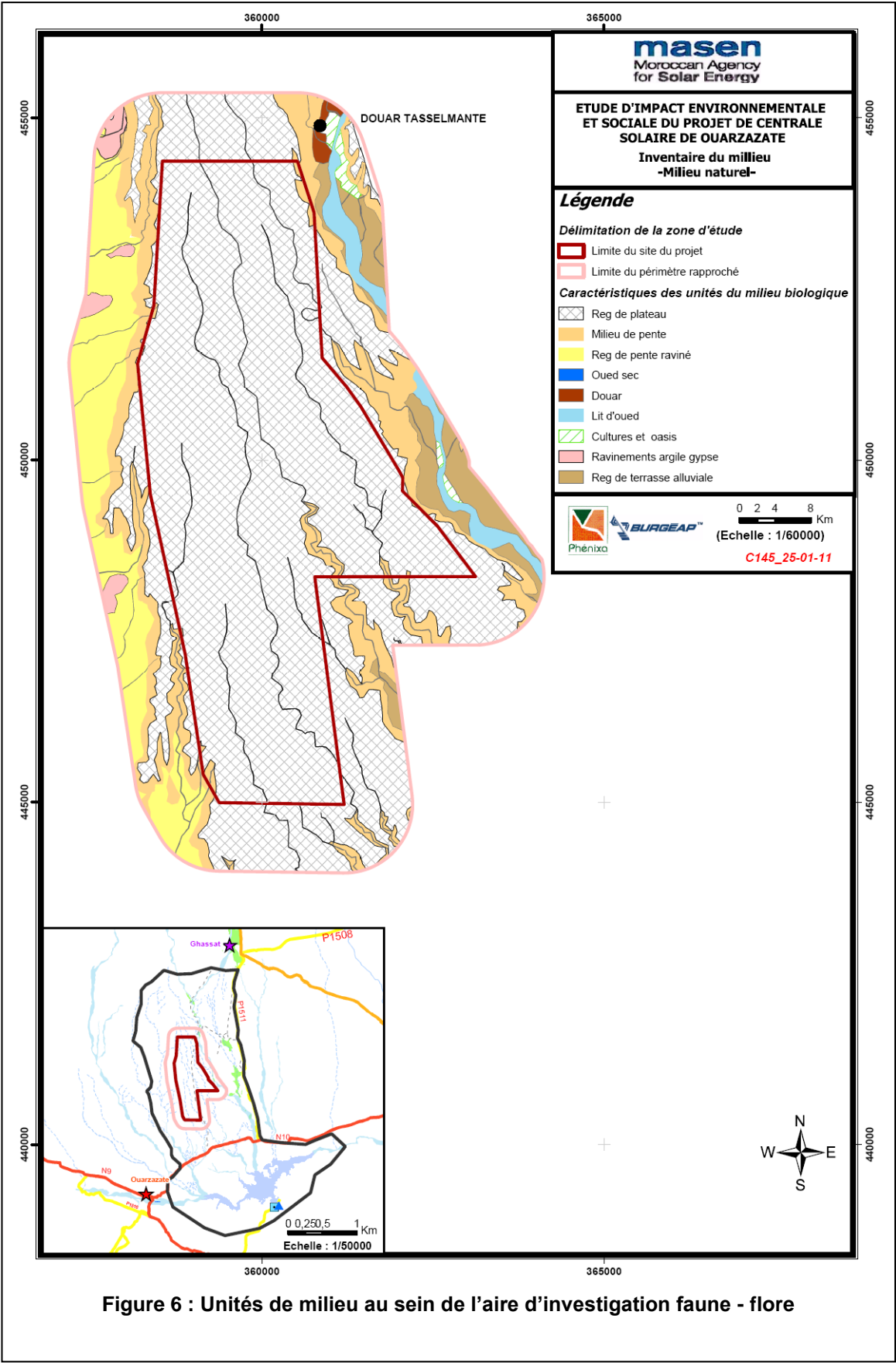
<b>Enjeu très fort</b>	<b>Enjeu modéré</b>
<b>Enjeu fort</b>	<b>Enjeu faible</b>

**Tableau 6 : Synthèse générale de l'état initial – milieu naturel**

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée			Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
					Aire éloignée	Aire rapprochée	
Espaces protégés	La zone d'étude du projet du complexe solaire d'Ouarzazate n'est incluse dans aucune zone naturelle protégée ; toutefois, dans son périmètre éloigné se trouve : <ul style="list-style-type: none"><li>Le lac du barrage Mansour Ed Dahbi, partie d'un site RAMSAR (site du barrage – 6 km du sud du site )</li><li>La Réserve de gazelle dorcas de Bouljir (13 km au Nord – Ouest du site)</li><li>La Réserve d'Iguernane (15 km au nord – ouest du site)</li><li>Le Site clé de Sbaa Chaab (20 km à l'est du site)</li><li>La Réserve de Biosphère (complexe solaire dans la zone tampon B de la réserve de Biosphère)</li></ul>			Modéré	Aucun	Aucune sensibilité de ces aires vis-à-vis du projet n'est à enregistrer sauf le cas du lac du barrage Mansour Ed Dahbi, sis en aval du site du projet. Ce dernier est sensible à une éventuelle pollution provenant du site.	
Habitat naturel et flore		Milieu	Unité de milieu	Flore			Aucune des espèces floristiques trouvées au niveau du site du projet et son périmètre rapproché n'est considérée comme rare ou menacée  Des valeurs patrimoniales de point de vue faune et flore ont été identifiées,  Le site du projet du complexe solaire est reconnu comme étant de faible valeur patrimoniale.  Les aires à forte valeur patrimoniale se situent en bordures Est et Ouest du site du projet.
		Reg	Reg de terrasse alluviale	28 espèces: Forte diversité		Modéré	
			Reg de pente raviné	9 espèces: Diversité faible		Faible	
		Pente	Milieu de pente	17 espèces: Assez forte diversité		Modéré	
			Ravinements argile gypse	7 espèces: Faible diversité		Faible	
		Oued	Lit d'oued Izerki	13 espèces: Faible diversité			
			Oueds secs	41 espèces: Forte diversité		Fort	
		Artificiel	Douar Tasselmante	Pas de flore sauvage		Aucun	
			Oasis cultures	Nombre assez réduit d'espèces, et faible intérêt		Faible	
		Faune		Milieu	Unité de milieu	Faune	
Reg	Reg de terrasse alluviale			Faible diversité, mais quelques espèces d'intérêt ; site de nourrissage		Modéré	
	Pente			Reg de pente raviné	Faible diversité		Faible
Milieu de pente				Diversité moyenne, avec espèces d'intérêt (en particulier traquet deuil) ; sites à chauves- souris et refuge (Issil Tfeig)		Fort	
Oued	Ravinements argile gypse			Faible diversité		Faible	
	Lit d'oued Izerki			Faible diversité		Faible	
Artificiel	Oueds secs			Assez forte diversité, site de nourrissage fondamental		Modéré	
	Douar Tasselmante			Très peu d'espèces et espèces banales		Faible	

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
Paysage	<p>Le site est caractérisé par l'absence d'obstacles physique (espace dégagé), la planéité de sa surface (pente très légère de 1.1%) ainsi que sa proximité de la route (RN10).</p> <p>Après exploration et prospection de l'environnement avoisinant le site du projet. Il s'avère que la situation du site choisi et sa géomorphologie se prêt parfaitement à la réalisation de ce projet. La nature des installations ne présente pas d'impact visuel majeur, vu leur très basse hauteur et vu la situation du plateau (son altitude et son positionnement loin des douars).</p> <p>Notant que tout les douars avoisinants le site du projet sont installés dans la vallée (pour s'approcher aux sources d'eaux) ce qui réduit le champ visuel du plateau à presque 0% (on aperçoit que la ligne de crête du haut du talus).</p> <p>Le plateau support du site, visuellement plat renferme une richesse paysagère non négligeable. Une pente douce vers le Sud presque uniforme sur tout le plateau.</p>		Faible	Modéré	<p>Le site accuse peu d'enjeux en termes de co-visibilité lointaine</p> <p>Quelques précautions sont à prendre afin de gérer les enjeux locaux quelque soit la variante retenue</p>





### 1.6.3 Environnement socio-économique

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques principales de l'environnement socio-économique du site d'implantation du projet, et leurs compatibilités avec le projet.

<b>Enjeu très fort</b>	<b>Enjeu modéré</b>
<b>Enjeu fort</b>	<b>Enjeu faible</b>

**Tableau 7 : Synthèse générale de l'état initial – environnement socio-économique**

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
<b>Population</b>	La commune de Ghassate comptait en 2009 8300 Habitants avec une densité de l'ordre de 8,8 Habitants/km <sup>2</sup> Le périmètre éloigné compte environ 8 douars repartis à l'Est et au Nord Est du site du projet	Seuls quelques habitats isolés du douar Tasselmante sont implantés au niveau du périmètre rapproché	Faible	Faible	Le projet est situé au sein d'une zone à faible densité de population. Aucune habitation n'est présente directement sur le site du projet. Le projet produira (1 150GWh/an) qui sera injecté dans le réseau national. Tous les ayant droits des Ait Ougrrou ont été indemnisés selon les procédures en vigueur.
<b>Activité économique</b>	La population entièrement rurale, s'active essentiellement dans les domaines suivants : Elevage, agriculture, artisanat et commerce		Faible		A l'état actuel, il n'existe pas de centrale solaire dans la région, ni d'ailleurs au Maroc, cette centrale s'ajoutera aux activités économiques locales et pourra compléter la taxe professionnelle locale.
<b>Patrimoine culturel et touristique</b>	Aucun site d'intérêt historique ou culturel n'est recensé. Toutefois, des sites sépulcraux (marabouts, zaouias, etc.) sont à noter au niveau des deux périmètres rapproché et éloigné. Le tourisme n'est pas particulièrement développé au niveau de la zone du projet.		Faible		Le site du complexe solaire d'Ouarzazate n'est sis à proximité d'aucun site d'intérêt patrimonial Aucune sensibilité vis à vis des sites sépulcraux n'est identifiée vis-à-vis du projet
<b>Servitudes et urbanisme</b>	la zone d'étude, y compris le site du projet, n'est actuellement couverte par aucun document urbanistique. Cette zone se trouve à proximité des aires couvertes par les documents d'urbanismes suivants : - Le SDAU du Grand Ouarzazate qui est homologué en 2001, le PDAR du centre Ghassate en cours d'étude et le PDAR du centre d'Idalsane prorogé en 2009. Le douar Tasselmante inclus dans le périmètre rapproché ainsi que les douars du périmètre éloigné soient : Oum Romane, Essour, Agouddim Izerki, Iznaguene, Tiflite, Igherm Amellal, Tidgheste et Taferghouste, appartiennent au groupement ethnique des Ait Ougrrou - Toundout Par contre, il ne faut pas négliger la piste d'accès au douar Tasselmante, qui traverse le site du Sud au Nord. Cette piste d'accès fait actuellement 14km, jusqu'au douar de Tasselmante. Au démarrage du projet, cette piste devra être déviée.		Aucun		Le site du projet est hors délimitation de tous les documents urbanistiques définis dans la zone Tous les ayant droits des Ait Ougrrou - Toundout ont été indemnisés.
<b>Bruit et vibrations Ambiance sonore</b>	Les extrémités méridionale et orientale du périmètre éloigné, bordées respectivement par la RN10 et la RP 1511, peuvent être impactées par le bruit du trafic routier. Ponctuellement, le site peut être impacté par les activités du champ de tir militaire (à 2 km du site du projet) et par l'aéroport international d'Ouarzazate (à 7 km à vol d'oiseaux)	Aucune source de bruits remarquables, ni un niveau sonore inhabituel ne sont détectés.	Faible	Faible	Le site du projet est inhabité, et loin de toute habitation Le douar le plus proche, soit Tasselmante, sera a priori protégé de toute nuisance sonore émanant du site.

**La zone d'étude paraît donc favorable à l'implantation d'un parc solaire sous réserve de la prise en compte des différentes contraintes existantes et d'une étude de variantes d'implantation permettant de proposer la meilleure solution possible.**



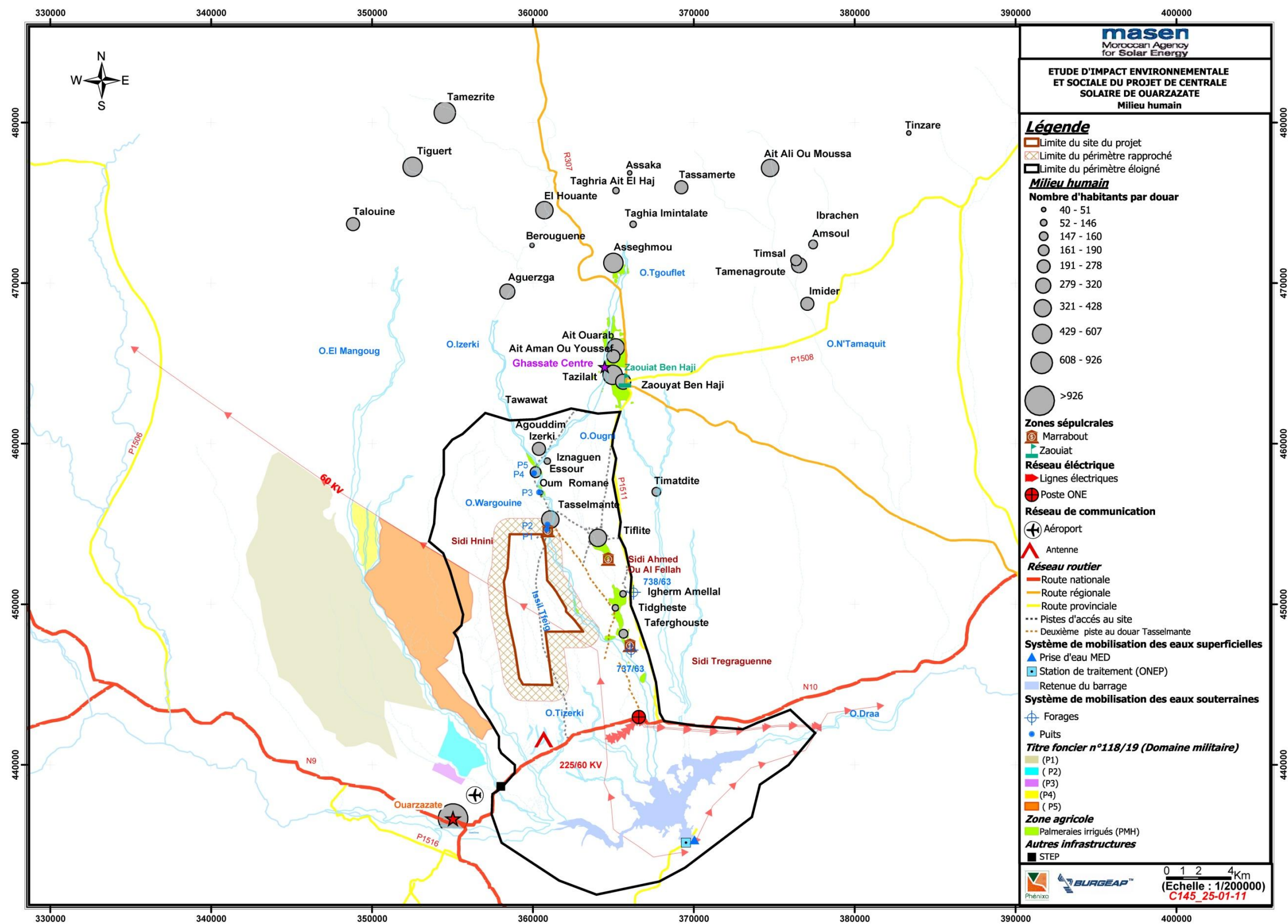


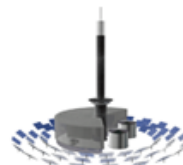





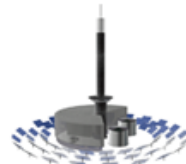

Figure 8 : Inventaire du milieu humain



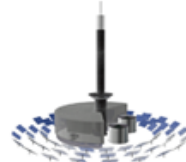

1.7 Les impacts des différentes variantes

Impact très fort	Impact modéré	Impact positif faible
Impact fort	Impact faible	Impact positif fort

Tableau 8 : Synthèse comparative des impacts des différentes technologies

		Photovoltaïque sans tracker	Photovoltaïque avec trackers	La tour solaire « <i>Tower</i> »		Les capteurs cylindro-paraboliques « <i>Trough</i> »	
							
Refroï-dissement		/	/	Humide	Sec	Humide	Sec
Géologie et sols	Imperméabilisation	Dalle des locaux techniques (transformateurs, onduleurs) (6 000 m² environ)  Ancrages des panneaux (de 1000 m² à 6 000 m²)  Bâtiment administratif et parking (200 à 300 m² pour 25 personnes environ)  <b>Soit un total de 12 300m².</b>	Dalle des locaux techniques (transformateurs, onduleurs) (6 000 m² environ),  Bâtiment administratif et parking (200 à 300 m² pour 25 personnes environ)  Ancrage structure des trackers (400 000 m² environ)  <b>Soit au total 406 000 m²</b>	Bâtiment turbine (12 000 m²),  Dalle des tours (4 tours de 50 à 100 m² soit environ 400 m²),  Cuves de stockage de l'énergie thermique (20 000 m² pour 500 MW pour 4h)  Bâtiment administratif et parking (2 000 m² environ pour 500 personnes)  Ancrages des panneaux (1 000 m² pour des ancrages par pieux)  <b>Soit au total d'environ 35 000 m²</b>		Bâtiment turbine (12 000 m²),  Cuves de stockage de l'énergie thermique (20 000 m² pour 500 MW pour 4h)  Bâtiment administratif et parking (2 000 m² environ pour 500 personnes)  Ancrage structure des capteurs (400 000 m² environ)  <b>Soit au total maximum de 434 000 m²</b>	
	Tasse-ment	Impact faible des travaux  Peu de déplacements (peu de personnel)			Impact modéré des travaux  Beaucoup de déplacements (beaucoup de personnel en travaux comme en exploitation)		
	Erosion	Impact très faible (aucun défrichement ne sera nécessaire)					
	Pollution	Impact très faible (seulement si pollution accidentelle en phase travaux)			Sels fondus (stockage thermique)  Combustible fossile (alimentation d'appoint de la centrale)		Huile synthétique (fluide caloporteur)  Sels fondus (stockage thermique)  Combustible fossile (alimentation d'appoint de la centrale)
Eaux souterraines		Aucun besoin en alimentation, absence de nappe au niveau du site (nappe très peu vulnérable en contrebas)					

	Photovoltaïque sans tracker	Photovoltaïque avec trackers	La tour solaire « <i>Tower</i> »		Les capteurs cylindro-paraboliques « <i>Trough</i> »	
						
Refoi-dissement	/		Humide	Sec	Humide	Sec
Eaux superficielles	Faible surface à imperméabiliser (seulement les locaux techniques et administratifs – 12 000 m² environ)  Faible consommation d’eau (seulement arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage peu fréquent des panneaux)  Mise en place d’un bassin d’évaporation - Aucun rejet d’eau  Aucun risque de contamination des eaux pluviales (pas de produits dangereux stockés sur site)	Surface à imperméabiliser importante (surtout en raison des ancrages béton des trackers – 40 ha)  Faible consommation d’eau (seulement arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage peu fréquent des panneaux)  Mise en place d’un bassin d’évaporation - Aucun rejet d’eau  Aucun risque de contamination des eaux pluviales (pas de produits dangereux stockés sur site)	Surface à imperméabiliser moyenne (bâtiments techniques et administratifs – 35 000 m² environ)  Consommation d’eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l'utilisation de combustible fossile (cas du gas-oil)	Surface à imperméabiliser moyenne (bâtiments techniques et administratifs – 35 000 m² environ)  Consommation d’eau modérée (arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage fréquent des miroirs incurvés)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l'utilisation de combustible fossile (cas du gas-oil)	Surface à imperméabiliser très importante (43 ha)  Consommation d’eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide – 6 Mm3/an)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l'utilisation de l'huile synthétique et de combustible fossile (cas du gas-oil).	Surface à imperméabiliser très importante (43 ha)  Consommation d’eau modérée (arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage fréquent des miroirs incurvés)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l'utilisation de l'huile synthétique et de combustible fossile (cas du gas-oil).
Air	Gaz d’échappement et poussières des véhicules		Gaz d’échappement et poussières des véhicules, rejets liés à l’alimentation en combustible fossile			
Cli-mat	Economie d’un million de tonnes de CO <sub>2</sub> par an					
Risques	Pas d’effet sauf sur risque incendie (présence d’équipements électriques)		Source importante de risque liée à la présence de combustible fossile (gaz ou gas-oil)		Source importante de risque liée à la présence de combustible fossile  Risque incendie augmenté du fait de la présence d’huile à haute température (400°C)	
Milieu naturel	Impacts faibles durant la phase travaux (peu de terrassements et peu de déblais dans les unités de milieu de pente)  Risque de dérangement de la faune durant les travaux  Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces entre les panneaux  Risque nul de pollution des oueds à valeur patrimoniale élevée  Impacts liés à la destruction de la végétation		Impacts modérés durant les travaux (terrassements, risques de dépôt de déblais sur les versants, dans les unités de milieu de pente).  Risque de dérangement de la faune durant les travaux et l’exploitation (personnel nombreux)  Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces interstitiels (impact plus faible que pour le PV)  Risque de pollution très faible ayant peu de chance d’affecter les oueds à valeurs patrimoniale élevée en aval du site.		Impacts modérés durant les travaux (terrassements, risques de dépôt de déblais sur les versants, dans les unités de milieu de pente).  Risque de dérangement de la faune durant les travaux  Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces interstitiels (impact positif plus faible que pour le PV, car la surface imperméabilisée est plus grande)  Risque de pollution liés à la présence d’huile comme fluide caloporteur (fuites au niveau des canalisations) pouvant affecter indirectement les oueds à valeurs patrimoniale élevée en aval du site, et du Lac du barrage Mansour Ed Dahbi. Cependant fluide caloporteur biodégradable	
Paysag e	En se limitant aux plates formes planes du site (vers le centre), l’impact visuel sera néant	En se limitant aux plates formes planes du site (vers le centre), les panneaux seront perçus depuis la RP1511 qui mène à Ghassate ainsi que depuis les pistes d’accès aux douars sis à l’Est du site	Projet très visible même depuis la ville d’Ouarzazate (signalons que les antennes à l’entrée du site depuis la RN10 sont visibles depuis la ville)		Impacts visuels depuis la RP1511 et les accès aux douars de l’Est	

		Photovoltaïque sans tracker	Photovoltaïque avec trackers	La tour solaire « <i>Tower</i> »		Les capteurs cylindro-paraboliques « <i>Trough</i> »	
							
Refroi-dissement		/	/	Humide	Sec	Humide	Sec
Environnement socio-économique	Emploi et activité économique	Nombreux emplois en phase construction, environ 25 à 50 emplois à plein temps en phase d’exploitation. Nombreux emplois indirects. Accès à l’électricité, réduction de l’isolement, formations et transfert de technologies.		Nombreux emplois en phase construction (2 000 à 2 500) et de 400 à 500 à plein temps en phase d’exploitation. Nombreux emplois indirects. Accès à l’électricité, réduction de l’isolement, formations et transfert de technologies.			
	Foncier	Le projet ne nécessite aucune destruction d’habitat, déplacement de population ou d’activités économiques. Seule la piste d’accès au douar Tasselmente sera modifiée par le projet. La ligne 60 kV sera éventuellement déplacée Le site n’a à l’heure actuelle qu’une vocation pastorale à faible offre fourragère, facilement transférable sur les sites alentours, et un faible intérêt touristique (piste de quad).					
	Agropastoralisme	Pas d’impact sur la SAU. Seul un changement d’itinéraire des bergers est à prévoir.					
	Tourisme	Aucun impact sur le patrimoine culturel local Impact positif sur le tourisme et les retombées médiatiques du projet Rôle pédagogique du projet					
	Bruit et vibrations	Nuisances faibles en phase chantier liées au trafic routier et à l’ancrage des panneaux Impact sonore négligeable durant la phase d’exploitation		Phase chantier : impacts importants liés aux besoins importants en équipements, main d’œuvre, assemblage sur site et constructions. Phase exploitation : impacts importants liés à la rotation de la turbine et aux condenseurs.			
	Santé humaine	Aucun impact (hormis les nuisances temporaires durant la phase chantier)		Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles  Risque lié à la présence de légionnelles	Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles	Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles  Risque lié à la présence de légionnelles	Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles
Remise en état en fin d’exploitation		Démontage facile des installations Recyclage des panneaux à prévoir, et plus ou moins compliqué selon le type de panneaux.		Capteurs entièrement recyclables Démantèlement des bâtiments d’exploitation complexe Maintien d’une surface imperméabilisée si les dalles béton ne sont pas toutes enlevées			



1.8 Synthèse : la solution la plus impactante

Les impacts ont été évalués pour chaque variante pour un complexe solaire de 500 MW composée uniquement d’une technologie.

Le présent chapitre présente l’étape suivante : la sélection de la solution la plus impactante. Pour chaque domaine environnemental et sociétal étudié, l’impact retenu est le plus fort des 4 variantes.

Impact très fort	Impact modéré	Impact positif faible
Impact fort	Impact faible	Impact positif fort

Tableau 9 : Solution la plus impactante

Solution la plus impactante		
Géologie et sols	Imperméabilisation	<b>Capteurs cylindro-paraboliques</b> Bâtiment turbine (12 000 m²), Cuves de stockage de l’énergie thermique (20 000 m² pour 500 MW pour 4h) Bâtiment administratif et parking (2 000 m² environ pour 500 personnes) Ancrage structure des capteurs (400 000 m² environ) <b>Soit au total maximum de 434 000 m²</b>
	Tassement	<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire</b> Impact faible des travaux Beaucoup de déplacements (beaucoup de personnel en travaux comme en exploitation)
	Erosion	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Impact très faible (aucun défrichement ne sera nécessaire)
	Pollution	<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile)</b> Huile synthétique (fluide caloporteur) Sels fondus (stockage thermique) – risque limité uniquement en phase travaux Combustible (alimentation appoint de la centrale)
	Eaux souterraines	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Aucun besoin en alimentation, nappe inexistante au niveau du site (nappe très peu vulnérable en contrebas dans la vallée)
Eaux superficielles		<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile, refroidissement humide)</b> Surface à imperméabiliser très importante (43 ha) Consommation d’eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide – 6 Mm3/an ) Mise en place d’un bassin d’évaporation – absence de rejets d’eau dans le milieu Risque de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation d’huile synthétique et de fioul

Solution la plus impactante		
Air		<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Gaz d’échappement et poussières des véhicules et rejets liés à l’alimentation en combustible fossile
Climat		<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Economie d’un million de tonnes de CO₂ par an
Risques		<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile)</b> Source importante de risque liée à la présence de combustible fossile Risque incendie augmenté du fait de la présence d’huile à haute température (400°C)
Milieu naturel		<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile)</b>
		Impacts modérés durant les travaux (terrassements, risques de dépôt de déblais sur les versants, dans les unités de milieu de pente).
		Risque de dérangement de la faune durant les travaux
		Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces interstitiels (impact positif plus faible que pour le PV, car la surface imperméabilisée est plus grande)  Risques de pollution liés à la présence d’huile comme fluide caloporteur (fuites au niveau des vannes, des pompes et des raccords de canalisations) pouvant affecter les sols et indirectement les oueds à valeur patrimoniale élevée en aval du site, et du Lac du barrage Mansour Ed Dahbi.
Paysage		<b>Tour solaire</b> Projet très visible même depuis la ville d’Ouarzazate (signalons que les antennes à l’entrée du site depuis la RN10 sont visibles depuis la ville)
Environnement socio-économique	Emploi et activité économique	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Nombreux emplois en phase construction, entre 2 000 et 2 500 emplois/an et entre 400 et 500 en phase d’exploitation. Nombreux emplois indirects. Accès à l’électricité, réduction de l’isolement, formations et transfert de technologies.
	Foncier	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Le projet ne nécessite aucune destruction d’habitat, déplacement de population ou d’activités économiques. Seule la piste d’accès au douar Tasselmante sera modifiée par le projet. Le site n’a à l’heure actuelle qu’une vocation pastorale à faible offre fourragère, facilement transférable sur les sites alentours, et un faible intérêt touristique (piste de quad).
	Agropastoralisme	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b>  Pas d’impact sur la SAU. Seul un changement d’itinéraire des bergers est à prévoir.
	Tourisme	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Aucun impact sur le patrimoine culturel local Impact positif sur le tourisme et les retombées médiatiques du projet Rôle pédagogique du projet

Solution la plus impactante		
	Bruit	<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire</b>  Phase chantier : impacts forts liés aux besoins importants en équipements, main d'œuvre, assemblage sur site et constructions.  Phase exploitation : impacts forts liés à la rotation de la turbine et aux condenseurs.
	Santé humaine	<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire (refroidissement humide)</b>  Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d'eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles.  Risque lié à la présence de légionnelles.
Remise en état en fin d'exploit-tation		<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire</b>  Capteurs entièrement recyclables  Démantèlement des bâtiments d'exploitation complexe  Maintien d'une surface imperméabilisée si les dalles béton ne sont pas toutes enlevées

1.9 Conclusion sur les impacts du complexe solaire

En conclusion, on voit que la solution la plus impactante a des impacts très forts sur l'imperméabilisation des sols, sur les eaux superficielles, le milieu naturel et le risque incendie, principalement liés aux consommations importantes d'eau du procédé de refroidissement humide et à l'utilisation de produits polluants.

La tour solaire, d'une hauteur d'une centaine de mètres, aura un impact paysager très fort puisqu'elle sera visible même depuis la ville d'Ouarzazate.

Des impacts forts sont à prévoir sur l'ambiance sonore, notamment lors de la phase chantier.

Le tassement du sol et la remise en état du site en fin d'exploitation sont des impacts modérés du projet.

Rappelons que cette évaluation est théorique afin de maximiser les impacts. Dans la pratique, le complexe sera probablement constitué de plusieurs technologies. Son impact sera moindre que ce qui a été défini dans la présente étude. Soulignons enfin l'impact très positif du projet sur le climat, sur l'emploi, l'activité économique et le tourisme. Une étude d'impact environnemental et social "spécifique" qui permettra de prendre en compte les spécificités de la centrale et des installations connexes qui seront nécessaires sera également réalisée. Cette

étude "spécifique" sera conforme aux exigences des institutions financières internationales. L'étude d'impact spécifique inclura un plan de gestion environnemental et social (PGES).

1.10 Mesures d'atténuation et/ou de compensation, plan de gestion environnementale et sociale

Un plan de gestion environnementale et sociale (PGES) a été réalisé dans le cadre de la présente étude. Il récapitule les mesures d'atténuation et de compensation qui seront mises en place dans le cadre du projet du complexe solaire d'Ouarzazate. Afin de s'assurer de la prise en compte de l'ensemble de ces mesures, ce PGES sera intégré au dossier d'appel à projets de développement de chacune des centrales composant ledit complexe. En outre, le développeur devra compléter et revalider le PGES par les autorités compétentes à la suite de l'établissement du projet du développeur.

Comme nous l'avons vu tout au long de la présente étude d'impact, les impacts et mesures varient fortement d'une technologie à une autre. C'est pourquoi deux PGES différents ont été réalisés : l'un pour les technologies photovoltaïques (avec et sans tracker) et l'autre pour les technologies de solaire à concentration (tour solaire et capteurs cylindro-paraboliques). Pour chacun sont détaillées les mesures en phase conception et travaux, et en phase d'exploitation.

Le promoteur du projet devra mettre en place un système de management environnemental et social qui intègre l'hygiène et la sécurité et ceci à la fois pendant la phase de construction et la phase d'exploitation. Ce système sera traduit dans un manuel HSE qui intégrera l'ensemble des procédures qui seront mises en place lors du chantier et de l'exploitation du site afin de préserver l'environnement du site, ainsi que l'hygiène et la sécurité des travailleurs et populations environnantes. Ce manuel sera soumis à la validation de la MASEN.

Un rapport mensuel de suivi de chantier HSE sera préparé et soumis à la MASEN tout au long de la phase travaux. Lors de l'exploitation, un bilan mensuel sur l'hygiène, la sécurité et l'environnement devra être réalisé et envoyé à la MASEN. Ces rapports feront suite à une inspection détaillée de l'ensemble du site par au moins un membre de l'équipe HSE qui sera mise en place.

Ces rapports comprendront notamment la liste des incidents/accidents survenus durant la période, les données sur les consommations d'eau, les volumes de déchets et les filières de traitement utilisées, les types et quantités de produits dangereux, des données sur le trafic engendré, les plantations, les éventuelles découvertes archéologiques, ainsi que toutes données utiles sur les mesures mises en place afin de protéger l'hygiène, la sécurité et l'environnement.

Un mécanisme de doléances des populations locales devra être mis en place dès le début des travaux. Les plaintes enregistrées seront intégrées dans les rapports HSE périodiques, et un plan d'action pour y répondre sera mis en place.

Masen mettra en œuvre les moyens humains et matériels pour assurer l'application du PGES en phase de réalisation et d'exploitation.

## 2 Le cadre juridique, administratif et réglementaire en vigueur

### 2.1 Textes réglementaires

#### 2.1.1 Loi 12-03 sur les Etudes d'impact et ses décrets d'application

La loi 12-03 relative aux études d'impact sur l'environnement, promulguée par le Dahir n° 1-03-06 du 10 Rabii I 1424 (12 mai 2003), établit la liste des projets assujettis, la procédure de réalisation et la consistance des études d'impact.

Cette loi institue la création d'un comité national ainsi que des comités régionaux des études d'impact sur l'environnement.

Les projets soumis à l'étude d'impact sur l'environnement sont :

Les établissements insalubres, incommodes ou dangereux classés en première catégorie (décret du 25 août 1914) ;

Les projets d'infrastructures ;

Les projets industriels en particulier les industries de l'énergie comprenant les unités de transformation de l'énergie

L'agriculture ;

Les projets d'aquaculture et de pisciculture.

A travers le décret n°2-04-563 du 5 Di Kaada 1429 (4 novembre 2008), cette loi a récemment fixé les attributions, les modalités de fonctionnement ainsi que la composition du comité national et des comités régionaux des études d'Impact, sur l'environnement.

Chaque comité régional est présidé par le wali de la région devant abriter le projet ou son représentant.

D'autre part, le décret n°2-04-564 du 5 Di Kaada 1429 (4 novembre 2008), fixe les modalités d'organisation et de déroulement de l'enquête publique relative aux projets soumis aux études d'impact sur l'environnement. En l'absence de publication de l'arrêté fixant le coût de l'enquête publique, celle-ci n'est pas encore réalisée de manière systématique.

Cette étude est réalisée conformément à la loi 12-03.

#### 2.1.2 Dahir n° 1-10-16 portant promulgation de la loi n° 13 - 09 relative aux énergies renouvelables

Ce texte publié le 26 safar 1431 soit le 11 février 2010 et portant promulgation de la loi 13 - 09 relative aux énergies renouvelables vise à instaurer un cadre juridique offrant des perspectives de réalisation et d'exploitation d'installations de production d'énergie électrique à partir de sources d'énergies renouvelables par des personnes physiques ou morales, publiques ou privées, en précisant en particulier les principes généraux qu'elles doivent suivre, le régime juridique applicable y compris pour la commercialisation et l'exportation.

Dans le but d'encourager le développement d'installations de production d'énergie à partir de sources d'énergie renouvelables, un système financier et fiscal approprié sera mise en place.

A travers cet ensemble d'objectifs, la présente loi agira en synergie avec la politique énergétique nationale, dont les grands axes s'articulent autour :

Du renforcement de la sécurité d'approvisionnement en énergie à travers la diversification des sources et ressources, l'optimisation du bilan énergétique et la maîtrise de la planification des capacités ;

De l'accès généralisé à l'énergie par la disponibilité d'une énergie moderne pour toutes les couches de la population et à des prix compétitifs ;

Du développement durable par la promotion des énergies renouvelables, pour le renforcement de la compétitivité des secteurs productifs du pays, la préservation de l'environnement par le recours aux technologies énergétiques propres, en vue de la limitation des émissions des gaz à effet de serres et la réduction de la forte pression exercé sur le couvert forestier ;

Du renforcement de l'intégration régionale à travers l'ouverture aux marchés euro-méditerranéens de l'énergie et l'harmonisation des législations et des réglementations énergétiques.

Cette loi soumet tout projet à la réalisation d'une EIE.

#### 2.1.3 Loi 11-03 relative à la protection et à la mise en valeur de l'environnement

Cette loi publiée en juin 2003 fixe le cadre général de la protection de l'environnement au Maroc en fixant :

Les principes de la protection de l'environnement liée aux établissements humains et à la protection de la nature et des ressources naturelles ;

Les principes de normes de rejets et la définition des sources de nuisances ;

Les instruments de gestion et de protection et de l'environnement que sont les études d'impact sur l'environnement, les plans d'urgence et les normes et standards de qualité de l'environnement et les incitations financières et fiscales. La loi institue également un fonds national pour la protection et la mise en valeur de l'environnement dont le cadre et le fonctionnement seront fixés par des textes réglementaires ;

Les règles de procédures définissant les responsabilités et les obligations dans le cas de préjudices.

Les dispositions générales de la loi n°11-03 relative à la protection et la mise en valeur de l'environnement visent à :

Protéger l'environnement contre toutes formes de pollution et de dégradation qu'elle qu'en soit l'origine ;

Améliorer le cadre et les conditions de vie de l'homme ;

Définir les orientations de base du cadre législatif, technique et financier concernant la protection et la gestion de l'environnement ;

Mettre en place un régime spécifique de responsabilité garantissant la réparation des dommages causés à l'environnement et à l'indemnisation des victimes.

L'application des dispositions de cette loi, se base sur les principes généraux suivants :

La protection, la mise en valeur et la bonne gestion de l'environnement font partie de la politique intégrée du développement économique, social et culturel ;



La protection et la mise en valeur de l'environnement, constituent une utilité publique et une responsabilité collective nécessitant la participation, l'information et la détermination des responsabilités ;

L'instauration d'un équilibre entre les exigences du développement national et celles de la protection de l'environnement lors de l'élaboration des plans sectoriels de développement et l'intégration du concept du développement durable lors de l'élaboration et de l'exécution de ces plans ;

La prise en considération de la protection de l'environnement et de l'équilibre écologique lors de l'élaboration et l'exécution des plans d'aménagement du territoire ;

La mise en application effective des principes de « l'usager payeur » et du « pollueur - payeur » en ce qui concerne la réalisation de la gestion des projets économiques et sociaux et la prestation de services ;

Le respect des pactes internationaux en matière d'environnement lors de l'élaboration aussi bien des plans et programmes de développement que la législation environnementale.

Les décrets d'application de cette loi ne sont pas publiés à ce jour.

### **2.1.4 Loi 13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air**

La loi 13-03 relative à la lutte contre la pollution de l'air a été publiée au BO en juin 2003.

Le chapitre II de cette loi, à l'article 2 précise que la loi s'applique à toute personne, physique ou morale, de droit public ou privé, qui possède ou détient ou utilise ou exploite des immeubles ou des installations minières, industrielles, commerciales, agricoles ou artisanales. Elle s'applique également aux véhicules ou engins à moteurs ou appareils de combustion ou d'incinération de déchets ou de chauffage ou de réfrigération.

Le chapitre III de cette loi, à l'article 4 précise « qu'il est interdit de dégager, d'émettre ou de rejeter, de permettre le dégagement, l'émission ou le rejet dans l'air de polluants tels que les gaz toxiques ou corrosifs, les fumées, les vapeurs, la chaleur, les poussières, les odeurs au-delà de la qualité ou de la concentration autorisée par les normes fixées par voie réglementaire ».

Cet article précise également « qu'en l'absence de normes fixées par voie réglementaire, les exploitants des installations prévues à l'article 2 sont tenus d'appliquer les techniques disponibles et plus avancées afin de prévenir ou de réduire les émissions ».

A travers le décret n°2-09-286 du 20 Di Hijja 1430 (8 décembre 2009), cette loi fixe les normes de qualité de l'air et les modalités de surveillance de l'air et le décret n° 2-09-631 du 23 regeb 1431 (6 juillet 2010) fixe les normes d'émissions (valeurs générales) pour les sources fixes.

### **2.1.5 Loi 10-95 sur l'eau et ses textes d'application**

La loi sur l'eau a été promulguée le 16 août 1995. Elle s'est fixée pour objectif la mise en place d'une politique nationale de l'eau basée sur une vision prospective qui tient compte d'une part de l'évolution des ressources, et d'autre part des besoins nationaux en eau. Elle prévoit des dispositions légales visant la rationalisation de l'utilisation de l'eau, la généralisation de l'accès à l'eau, la solidarité inter régionale, la réduction des disparités entre les villes et les campagnes en vue d'assurer la sécurité hydraulique de l'ensemble du territoire du Royaume.

Un des volets de la loi est la gestion des ressources en eau dans le cadre d'une unité géographique, le bassin hydraulique permettant de concevoir et de mettre en œuvre une gestion décentralisée de l'eau.

Parmi les dispositions en relation avec l'assainissement et l'épuration :

La domanialité publique des ressources en eau, y compris les eaux usées épurées ;

La réglementation de l'utilisation des eaux usées épurées.

Toute utilisation des eaux usées épurées est soumise à autorisation de l'agence de bassin.

Tout prélèvement sur les ressources en eaux superficielles ou souterraines est soumis à autorisation de l'agence de bassin concernée.

Les rejets, dépôts directs ou indirects, déversement, écoulement dans une eau superficielle ou une nappe souterraine, susceptible d'en modifier les caractéristiques physico-chimiques et bactériologiques sont soumis à l'autorisation de l'Agence de Bassin Hydraulique.

La zone du projet dépend de l'Agence de Bassin Hydraulique de Souss - Massa - Draa. Cependant le prélèvement d'eau sera effectué par l'ONEP qui devra en obtenir l'autorisation.

Les principaux décrets d'application de cette loi publiés à ce jour sont :

#### **Décret n°2-04-553 du 13 Hijja 1425 (24 janvier 2005) relatif au déversement des eaux usées et ses arrêtés conjoints**

Ce décret relatif aux déversements, écoulement, rejets dépôts directs ou indirects dans les eaux superficielles ou souterraines.

Ce décret ouvre la voie à l'application effective des procédures de déclaration des rejets existants et du paiement subséquent de la redevance. Les redevances sont collectées par l'agence de bassin auprès du gestionnaire du service d'assainissement ou de l'auteur du rejet direct dans la nature.

La mise en vigueur du décret précité induit la nécessité de :

- Demander une autorisation de déversement à l'Agence de Bassin concernée ;
- Respecter les valeurs limites de rejet domestique fixées par l'arrêté n°1607-06 (25 juillet 2006).

#### **Décret n° 2-97-787 du 6 Chaoual (4 février 1998) relatif aux normes de qualité des eaux et ses arrêtés conjoints**

Ce décret relatif aux normes de qualité des eaux et à l'inventaire du degré de pollution des eaux, a pour objectif de définir des classes de qualité permettant de normaliser et d'uniformiser l'appréciation de la qualité des eaux. Il définit également via des arrêtés les normes de qualité auxquelles une eau doit satisfaire selon l'utilisation qui en sera faite, notamment :

Les eaux alimentaires destinées directement à la boisson ou à la préparation, au conditionnement ou à la conservation des denrées alimentaires destinées au public ;

L'eau destinée à la production de l'eau potable ;

L'eau destinée à l'irrigation ;

L'eau usée destinée à l'irrigation et les eaux piscicoles.

A ce jour, les principaux arrêtés publiés relatifs à ce décret sont les suivants :

Arrêté n° 1277-01 du 17 octobre 2002 portant fixation des normes de qualité des eaux superficielles utilisées pour la production de l'eau potable ;

Arrêté du 17 octobre 2002 portant fixation des normes de qualité des eaux destinées à l'irrigation ;

Arrêté n° 1275-01 du 17 octobre 2002 définissant la grille de qualité des eaux de surface ;

Arrêté n° 2028-03 du 10 novembre 2003 fixant les normes de qualité des eaux piscicoles.

D'autre part, à partir ce décret un inventaire du degré de pollution des eaux superficielles et souterraines visé à l'article 56 de la loi 10-95 précitée, est à effectuer par chaque Agence de Bassin Hydraulique au moins une fois tous les cinq ans.

### **2.1.6 Loi 28-00 relative à la gestion des déchets et à leur élimination et ses décrets d'application**

La loi 28-00 a été publiée au BO n°5480 du 7 décembre 2006.

Cette loi définit les différents types de déchets, spécifie leur mode de gestion et précise le niveau de leur prise en charge. Elle introduit également la notion des déchets dangereux et leur gestion en les soumettant à un système d'autorisation préalable à tous les stades de leur gestion : collecte, transport, stockage et élimination.

La loi pose aussi des règles d'organisation des décharges existantes et appelle à leur remplacement par des décharges contrôlées qui seront classées en trois catégories distinctes en fonction du type des déchets qu'elles sont autorisées à recevoir.

Le décret d'application n° 2-07-253 du 18 Juillet 2008 portant classification des déchets et fixant la liste des déchets dangereux a été publié. Ce texte inventorie et classifie les déchets en fonction de leur nature et de leur provenance dans un catalogue dénommé « Catalogue marocain des déchets ».

Le Décret 2-09-284 (8 décembre 2009) concernant les procédures administratives et les prescriptions techniques relatives aux décharges contrôlées. Ce texte détermine les procédures à respecter pour l'ouverture de site de décharge (Classe 1, 2 ou 3) et définit quelques prescriptions techniques. Des arrêtés complémentaires sont encore en cours d'élaboration.

La production des déchets banals et dangereux (éventuellement terres polluées) dans les phases de construction et d'exploitation du complexe solaire relève de cette loi.

### **2.1.7 Dahir portant loi n°1-72-255 du 22 février 1973 sur l'importation, l'exportation, le raffinage, la reprise en raffinerie et en centre emplisseur, le stockage et la distribution des hydrocarbures, tel que modifié et complété par la loi n°4-95**

Ce texte énonce notamment les opérations soumises à agrément ou à autorisation. L'activité d'importation d'hydrocarbures raffinés tels que le super carburant, le super sans plomb, l'essence, le pétrole lampant, le carburacteur, le gasoil, les fuel oils et les gaz de pétrole liquéfiés, est soumise à agrément. Selon l'article 2, alinéa 2, une autorisation administrative est requise pour la création d'ateliers de traitement et de conditionnement d'hydrocarbures raffinés. L'alinéa 3 prévoit une autorisation pour l'implantation de nouvelle capacité de stockage.

Le stockage de combustible d'appoint (fuel ou gaz) relève de ce texte réglementaire.

### **2.1.8 Dahir du 25 août 1914 portant réglementation des établissements insalubres, incommodes ou dangereux**

Les établissements classés sont régis par un texte très ancien : le Dahir du 25 août 1914 modifié par le Dahir du 13 octobre 1933 et le Dahir du 18 janvier 1950.

Le dahir du 13 octobre 1933 fixe trois classes d'installations classées suivant la nature des opérations qui y sont effectuées ou les inconvénients qu'ils présentent de point de vue de la sécurité, de la salubrité ou de la commodité publique.

Les installations des classes 1 et 2 doivent obtenir une autorisation délivrée par :

- Un arrêté du Ministère de l'Équipement et du Transport pour les établissements de première classe ;
- Un arrêté du Pacha ou caïd sur avis de l'autorité municipale ou locale de contrôle pour les établissements de deuxième classe.

Les établissements relevant de la troisième catégorie ne sont soumis qu'à déclaration auprès des autorités communales. Ils devront toutefois faire l'objet avant leur ouverture, d'une déclaration écrite adressée à l'autorité municipale ou locale de contrôle du lieu où sera situé l'établissement.

A l'état actuel, le projet de centrale solaire n'est situé dans aucune des trois classes citées ci-dessus.

### **2.1.9 Loi 12-90 relative à l'urbanisme**

La loi du 17 juin 1992 relative à l'urbanisme promulguée par le dahir N°1.92.31 du 17 juin 1992 a pour objet de définir les différents documents d'urbanisme, les règlements de construction ainsi que d'instituer des sanctions pénales. Elle est composée de 93 articles et d'un décret d'application n°2-92-832 divisé en 43 articles explicitant le contenu de la loi. Le tout fournit une définition juridique des différents documents d'urbanisme (SDAU, PZ, PA, arrêtés d'alignement, permis de construire) et régleme la construction.

Cette loi s'applique aux :

- Communes urbaines, c'est-à-dire les municipalités et les centres autonomes ;
- Centres délimités des communes rurales, c'est-à-dire les parties du territoire d'une commune rurale dont les limites sont fixées par voie réglementaire ;
- Zones périphériques des communes urbaines, c'est-à-dire les territoires ruraux avoisinant les villes qui s'étendent sur quinze kilomètres à partir du périmètre municipal ;
- Groupements d'urbanisme, c'est-à-dire un ensemble de communes urbaines, avec leurs zones périphériques et éventuellement des communes rurales avoisinantes qui ont une relation économique nécessitant un aménagement d'ensemble.

### **2.1.10 Dahir n°1-60-063 du 30 Hijja 1379 (25 Juin 1960) relatif au développement des agglomérations rurales**

Ce texte s'applique à toutes les agglomérations à caractère rural situées en dehors des périmètres définis à l'article 18 de la loi n°12-90 relative à l'urbanisme promulguée par dahir n°1-92-31 du 15 Hijja 1412 (17 Juin 1992), c'est à dire en dehors des :

- Communes urbaines ;
- Centres délimités ;
- Zones périphériques des communes urbaines et des centres délimités ;
- Groupements d'urbanisme ;
- Zones à vocation spécifique.

Le dahir du 25 Juin 1960 a institué d'une part un document d'urbanisme pour les agglomérations rurales - le plan de développement - qui est à la fois un document graphique et juridique, et d'autre part, les moyens de contrôle de l'évolution de la construction dans ces petites agglomérations.

Ce dahir est une législation simple et efficace dont la réglementation adaptée est suffisamment souple pour faciliter et stimuler le développement des agglomérations rurales.

### **2.1.11 Loi 78.00 portant sur la charte communale telle qu'elle a été modifiée et complétée en 2002 par la loi n° 01-03 et en 2009 par la loi n° 17-08**

Cette loi attribue expressément au conseil communal le pouvoir de régler par ses délibérations les affaires de la commune et décider des mesures à prendre pour assurer le développement économique, social et culturel de la commune. Il peut faire des propositions et des suggestions et émettre des avis sur les questions d'intérêt communal relevant de la compétence de l'Etat ou de toute autre personne morale de droit public.

Selon l'article 39, le conseil communal décide de la création et de la gestion des services publics communaux, notamment dans les secteurs suivants :

- Approvisionnement et distribution d'eau potable ;
- Distribution de l'énergie électrique ;

Assainissement liquide ;  
Etc.

Il est également chargé aux termes de l'article 40 de veiller à l'hygiène, la salubrité et la protection de l'environnement et délibère sur la politique communale en matière :

D'évacuation des eaux usées et pluviales ;  
De préservation de la qualité de l'eau, notamment de l'eau potable et des eaux de baignade ;  
De préservation des rives des fleuves ;  
De lutte contre toutes les formes de pollution, de dégradation de l'environnement et de l'équilibre naturel.

Le même article ajoute qu'à ce titre, le conseil décide de la création de bureaux d'hygiène et de l'adoption de règlements généraux communaux d'hygiène et de salubrité publique.

Selon l'article 44 de cette loi, le conseil communal présente des propositions, des suggestions et émet des avis. A ce titre :

Il est préalablement informé de tout projet devant être réalisé par l'Etat ou tout autre collectivité ou organisme public sur le territoire de la commune ;

Il donne obligatoirement son avis sur tout projet devant être réalisé par l'Etat ou toute autre collectivité ou organisme public sur le territoire de la commune, dont la réalisation est susceptible d'entraîner des charges pour la collectivité ou de porter atteinte à l'environnement.

### **2.1.12 Dahir n° 1-08-153 du 22 safar 1430 (18 février 2009) portant promulgation de la loi n° 17 -08 modifiant et complétant la loi n° 78-00 portant charte communale, telle que modifiée et complétée**

A travers la loi 17-08 publiée au Bulletin Officiel n° 5714 du Jeudi 5 Mars 2009, sont modifiées et complétées comme suit les dispositions, des articles 6 (6e et 7e alinéas) , 11, 12, 14, 16, 34, 36, 37, 39, 48, 50, 54, 55, 69, 71, 78, 79 , 83, 85, 101, 102, 104, 106, 111 et 126 de la loi n° 78-00 portant Charte communale promulguée par le dahir n° 1-02-297 du 25 rajeb 1423 (3 octobre 2002).

Cette loi permettra en premier lieu de fixer les mécanismes de gouvernance locale permettant aux communes d'accompagner les mutations rapides des questions de proximité et des besoins des populations locales. Notamment par renforcement du pouvoir des communes, autonomisation de leur gestion financière, amélioration de l'efficacité et du professionnalisme de l'administration locale, création de nouveaux mécanismes en vue de développer la gestion et la qualité des services publics et clarification des rôles de ces communes et ceux des arrondissements.

### **2.1.13 Loi n° 65-99 relative au Code du Travail**

Le nouveau code de travail se caractérise par sa conformité avec les principes de bases fixés par la Constitution et avec les normes internationales telles que prévues dans les conventions des Nations unies et de ses organisations spécialisées en relation avec le domaine du travail. Cette loi a été promulguée par le Dahir n° 1-03-194 du 11 septembre 2003 et a été publiée au BO n° 5210 du 6 mai 2004. Les décrets fixant l'application des articles du code du travail ont été publiés le 29 décembre 2004.

### **2.1.14 Autres textes concernant le projet**

Décret N° 2-98-482 du 30/12/1998 fixant les conditions de passation des marchés, fournitures ou services pour le compte de l'Etat ;

Arrêté N°2.10.510 du 8/10/1970 relatif aux mesures prophylactiques à prendre sur les chantiers ;

Arrêté du 23 novembre 1950 relatif aux médicaments et matériels médicaux à prévoir sur chantier de 100 ouvriers, en permanence ou chantiers situés à plus de 10 km d'un centre d'approvisionnement.

### **2.1.15 Charte Nationale Globale de l'Environnement et du Développement Durable**

Conformément aux orientations Royales, notamment suite au discours du Trône du 30 juillet 2009, une Charte nationale globale de l'environnement est en cours d'élaboration par le gouvernement marocain. L'objectif étant de fédérer toutes les forces vives du pays autour d'un projet commun, structurant, pour «un environnement considéré comme un patrimoine commun de la nation, dont la protection est une responsabilité collective qui incombe aux générations présentes et à venir».

Cette charte est avant tout un pacte établi en concertation sur des valeurs partagées, sur un code de relation et de vie en commun.

C'est là un document d'orientation, fil conducteur des actions à engager permettant *la sauvegarde des espaces, des réserves et des ressources naturelles, dans le cadre du processus de développement durable ; et qui devrait également prévoir la préservation des sites naturels, vestiges et autres monuments historiques qui font la richesse d'un environnement considéré comme un patrimoine commun de la nation, dont la protection est une responsabilité collective qui incombe aux générations présentes et à venir.*

### **2.1.16 Protection de la biodiversité**

#### **2.1.16.1 Législation nationale**

Parmi les espèces de faune protégées par la loi selon l'arrêté annuel du Ministère des Eaux et Forêts, les espèces d'oiseaux suivantes sont les plus concernées : ensemble des Rapaces diurnes et nocturnes, toutes les espèces d'outardes, toutes les espèces de tadornes, les glaréoles, les grèbes, les courlis, les cormorans, la nette rousse et le fuligule nyroca. L'ensemble des échassiers (aigrette garzette, avocette, cigogne, échasse, héron pique-bœuf, flamant rose, grues, ibis, spatule) est protégé de manière permanente (Arrêté du Ministère de l'Agriculture n°582-62 du 3/11/1962).

#### **2.1.16.2 Conventions internationales**

Le Maroc a ratifié de nombreuses conventions internationales dans le domaine de la biodiversité engageant le pays à en respecter les engagements.

#### **Convention sur la diversité biologique (dite de Rio)**

Le Maroc a signé cette convention en 1995, et elle est entrée en vigueur la même année.

Cette convention traite des divers aspects de conservation de la biodiversité. Selon l'article 14, les signataires s'engagent à faire réaliser des études d'impact sur l'environnement pour les projets ayant un effet négatif probable sur la biodiversité, afin d'éviter ou de minimiser ces effets.

#### **Convention Internationale pour la protection des oiseaux**

La Convention internationale pour la protection des oiseaux a été adoptée en 1950, à Paris, et elle substitue et améliore la Convention pour la protection des oiseaux utiles à l'agriculture tenue aussi à Paris en 1902 par douze États européens. Contrairement à la Convention de 1902, celle de 1950 est essentiellement fondée sur des considérations écologiques, même si l'article 5 introduit un argument éthique et s'il interdit l'infliction de souffrances inutiles aux oiseaux. Cette Convention est appliquée sans exception sur l'ensemble des oiseaux en état sauvage et elle vise spécialement à assurer une protection rigoureuse de toutes les espèces pendant leur période de reproduction et de migration. Les espèces menacées d'extinction ou présentant « un intérêt spécifique » sont protégées toute l'année. Les États adhérents peuvent obtenir la concession d'exceptions aux dispositions de cette Convention au cas où certaines espèces seraient, de par le nombre élevé d'exemplaires, nuisibles pour l'agriculture.

Cette convention est en vigueur depuis le 17 janvier 1963. L'adhésion du Maroc à cette convention date du 17 septembre 1956.

### **La convention sur la conservation des espèces migratoires (CSM) dite de Bonn**

Cette convention mondiale créée en 1979 par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) compte 114 pays contractants. Son secrétariat est situé à Bonn, Allemagne.

Il s'agit d'une convention visant la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage.

Deux annexes énumèrent les espèces migratrices qui nécessitent des mesures de conservation.

L'Annexe 1 regroupe les espèces en danger d'extinction, par ex. le Goéland d'Audouin qui niche dans des zones isolés le long du Rif<sup>2</sup> et hiverne en grand nombre sur le littoral atlantique du Maroc, ou encore le Courlis à bec grêle, un des oiseaux le plus rare au monde pour lequel le Maroc a une responsabilité patrimoniale.

L'Annexe 2 énumère les espèces migratrices dont l'état de conservation exige un accord international de coopération. Les Cigognes blanche et noire, l'Erisma à tête blanche, la Spatule blanche, le Balbuzard pêcheur et plusieurs espèces de chauve-souris appartiennent à cette catégorie.

Dans le cadre de la Convention de Bonn le Maroc a signé plusieurs accords dont l'Accord sur la Conservation des Oiseaux d'Eau Migrateurs d'Afrique - Eurasie (AEWA). A cette fin les parties contractantes "... étudient les problèmes qui se posent du fait d'activités humaines et s'efforcent de mettre en œuvre des mesures correctrices y compris des mesures de restauration et de réhabilitation d'habitats et des mesures compensatoires pour la perte d'habitat".

Plus récemment, une trentaine d'Etats a ratifié le Protocol sur la conservation des rapaces migrateurs en Afriques et Eurasie.

Le Maroc occupe un territoire stratégique pour ces rapaces migrateurs.

### **La convention CITES (dite de Washington)**

Le Maroc a signé cette convention en 1975, et elle est entrée en vigueur en 1976. Bien que d'un intérêt indirect dans le cadre qui nous concerne, cette convention, visant à réguler le commerce international des espèces menacées, est régulièrement citée comme référence pour le niveau de menace des espèces. Ainsi, toutes les espèces d'outardes (en dehors de quelques espèces figurant en annexe I de la convention) figurent en annexe II de la convention, qui comprend des espèces qui, bien que non nécessairement menacées d'extinction, pourraient le devenir si le commerce international n'est pas régulé.

### **La convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (dite de Berne)**

Le Maroc a signé cette convention en 2001, et elle est entrée en vigueur la même année. Cette convention concerne la protection d'espèces de flore et de faune menacées, et de leur habitat, ainsi que d'autres habitats menacés.

Dans l'annexe II de la convention (regroupant toutes les espèces de faune strictement protégées) figurent de très nombreuses espèces présentes dans le secteur d'étude.

### **La convention Africaine pour la conservation de la Nature et des Ressources Naturelles**

Cette convention a été signée à Alger le 15 septembre 1968, remplaçant la Convention de Londres de 1933. La Convention africaine a été souscrite dans le cadre de l'Organisation d'Unité Africaine.

Parmi ses objectifs figurent la conservation des espèces, la création de zones protégées, ainsi que la conservation, l'utilisation et le développement du sol, l'eau, la flore et la faune. Cette convention établit trois catégories de zones protégées des parcs naturels, des réserves intangibles et des réserves spéciales et introduit la notion de manipulation optimale durable pour les ressources faunistiques.

Cette convention prévoit déjà des principes comprenant la réalité environnementale, des approches globales ainsi que des critères liés au développement durable caractérisant à terme le droit environnemental international.

### **Convention de Barcelone**

Etablie après la Conférence des Nations Unies sur l'Environnement (Stockholm, 1972), la Convention de Barcelone réunit l'ensemble des pays méditerranéens. En ratifiant cette convention, ces pays ont approuvé le Plan d'Action pour la Méditerranée (PAM). Le secrétariat général de cette convention se trouve à Athènes.

Plusieurs protocoles spécifiques ont été ratifiés dont un protocole sur la biodiversité marine et littorale. Un réseau d'aires spécialement protégées a été constitué (SPAMI).

Le Faucon d'Eléonore est une des 15 espèces du Plan d'Action pour la Conservation des Espèces d'Oiseaux de la Convention de Barcelone sur la Protection du Milieu Marin et Littoral mise en œuvre par le Centre d'Activités Régionales pour les Aires Spéciales de Protection dont le siège se trouve à Tunis. Le Maroc abrite une des plus grandes colonies (Iles de Mogador au large d'Eassouira) de cette espèce dont la population mondiale est estimée à 6 200 couples.

### **La convention de Stockholm sur les polluants organiques persistants (POP)**

La Convention de Stockholm sur les POP, adoptée en 2001 et entrée en vigueur en 2004, a pour objectif de contrôler, de réduire ou d'éliminer les rejets, les émissions ou les fuites de polluants organiques persistants. Trois types de mesures sont obligatoires aux termes du Protocole, selon la nature des substances : en éliminer la production et l'utilisation, en limiter considérablement l'utilisation et, dans le cas des substances formées de façon non intentionnelle au cours d'opérations d'incinération ou de traitement, en réduire les émissions totales annuelles. Le Protocole prévoit un mécanisme permettant d'ajouter des substances ou de modifier les obligations à mesure que de nouvelles données sont connues.

Cette convention vise l'élimination ou la restriction de production et d'utilisation de tous les POP produits au niveau international énumérés dans la Convention. Au départ, les substances chimiques devant être éliminées sont l'aldrine, le chlordane, la dieldrine, l'endrine, l'heptachlore, l'hexachlorobenzène (HCB), le mirex, le toxaphène et les diphényles polychlorés (PCB). L'utilisation du DDT est encore permises pour la lutte contre les vecteurs jusqu'à ce qu'on trouve un moyen de rechange sûr, abordable et efficace. Les pays doivent déployer des efforts vigoureux pour identifier, étiqueter et mettre hors d'usage l'équipement contenant des PCB d'ici 2005 et gérer ces déchets de façon écologique. La Convention vise aussi la réduction constante et, si possible, l'élimination complète des rejets de POP produits de façon non intentionnelle, comme les dioxines et les furannes. Les stocks et les déchets contenant des POP doivent être gérés et éliminés de façon sûre, efficace et écologique, compte tenu des règles, des normes et des prescriptions internationales. Chaque Partie doit élaborer un plan d'exécution de ses obligations prises aux termes de la Convention.

Jusqu'à présent, la Convention de Stockholm a privilégié l'élimination d'un groupe de douze POP. Cependant, lors de la Conférence des parties de mai 2009, neuf nouvelles substances seront considérées en vue d'actions futures.

## **2.2 Présentation des procédures environnementales de la Banque Mondiale, bailleur de fonds**

La Banque Mondiale a arrêté des politiques et procédures propres à assurer que ses opérations soient viables sur les plans économique, financier, social et environnemental.

Ces politiques et procédures sont inscrites dans le Manuel des opérations de la Banque Mondiale.

La Banque Mondiale appuie la protection, le maintien et la réhabilitation des habitats naturels et de leur fonction. La Banque Mondiale n'apporte pas son appui aux projets qui impliquent une modification ou une dégradation significative d'habitats naturels critiques.

Les documents définissant la politique environnementale de la Banque Mondiale et régissant l'intégration de l'environnement dans les projets financés par la Banque Mondiale sont souvent utilisés par d'autres organismes financiers internationaux notamment les « Guidelines » régissant les études d'impact environnementales.

La politique environnementale de la Banque Mondiale est présentée dans ses directives et recommandations. Le document principal abordant les études d'impact environnementales est "Environmental Assessment Sourcebook".

Les directives de la Banque Mondiale concernant les études d'impact sont réunies au sein du document OP 4.01 réactualisé régulièrement depuis 1989.

Ce document définit les concepts environnementaux de base, présentent les recommandations pratiques pour la réalisation des recommandations de la Banque Mondiale, et définit les guides à utiliser pour la préparation des études d'impact environnementales dans différents secteurs d'activités industrielles.

---

<sup>2</sup> 2<sup>ème</sup> colonie en nombre au niveau mondial



Dix principes spécifiant les principes de protection des aspects sociaux et environnementaux ont été introduits dans les procédures de la Banque Mondiale afin de prévenir ou atténuer tout effet néfaste sur l'environnement ou sur des groupes humains vulnérables pouvant résulter d'un projet ou d'une activité financés par la Banque.

Ces dix principes sont repris dans les 10 directives suivantes :

**Tableau 10 : Directives de la Banque Mondiale spécifiant les principes de protection des aspects sociaux et environnementaux et champ d'application au projet**

Sujet et Numéro de Politique Opérationnelle	Champ d'application au projet
<b>Evaluation environnementale (OP/BP/GP 4.01)</b>	<b>Oui</b>
Habitats naturels (OP/BP/GP 4.04)	Non
Foresterie (OP/GP 4.36)	Non
Lutte antiparasitaire (OP 4.09)	Non
Propriété culturelle (OPN 11.03, OP 4.11)	Non
Peuples Autochtones (OD 4.20, OP 4.10)	Non
<b>Réinstallation involontaire des personnes (OP/BP 4.12)</b>	<b>Oui</b>
Sécurité des barrages (OP/BP 4.37)	Non
Projets relatifs aux Voies d'Eau Internationales (OP/BP/GP 7.50)	Non
Projets dans des zones en litiges (OP/BP/GP 7.60)	Non

Source : Banque Mondiale

OP 4.01 : La présente étude intègre un PGE.

OP 4.12 : Le cadre de procédure pour la consultation et la participation de la communauté comprend les étapes pour l'élaboration d'une stratégie participative qui sont :

- Identification et recensement des populations qui pourraient être affectées par le projet ;
- Définition des critères d'éligibilité des populations affectées par le projet ;
- Elaboration des critères d'identification des groupes vulnérables ;
- Elaboration du processus de consultation et de dialogue ;
- Proposition d'une démarche pour associer les populations à l'exécution du projet.

Toujours conformément à cette Politique, l'évaluation environnementale et sociale détaillée devra prendre compte le cadre de politique générale du Maroc ainsi que sa législation nationale en matière de protection de l'environnement et les obligations incombant au Maroc en vertu des traités et accords internationaux pertinents sur l'environnement.

Pour les projets tels que la construction d'une centrale solaire (projet industriel), la Banque mondiale recommande une étude d'impact environnementale et sociale. Cette étude environnementale doit comprendre les éléments suivants :

- Contexte juridique, législatif et administratif ;
- Description du projet ;
- Présentation des données de base ;
- Identification et évaluation des impacts environnementaux ;

- Analyse des alternatives ;
- Plan de mitigation ;
- Gestion environnementale ;
- Plan de suivi environnemental.

### 2.3 Cadre institutionnel de la gestion de l'environnement

La principale institution qui se préoccupe de la protection de l'environnement est le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement (MEMEE) qui comprend le Secrétariat d'Etat chargé de l'Eau et de l'Environnement (SEEE). Ce dernier exerce la tutelle sur les agences de bassins hydrauliques, qui sont chargées de mobiliser, gérer et protéger les ressources en eaux au niveau de chaque grand bassin versant.

#### 2.3.1 Le Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement

Le MEMEE est chargé de coordonner les actions du gouvernement en matière de protection de l'environnement. Ses principales attributions lui donnent un rôle de coordination, de surveillance, de contrôle et de mise en place d'un cadre juridique et institutionnel. A travers le SEEE, ce Ministère œuvre pour :

- Intégrer la dimension environnementale au niveau des études et de la planification régionale, notamment les schémas directeurs d'assainissement liquide et les plans directeurs de gestion des déchets ;
- Collecter et actualiser l'information concernant l'état de l'environnement régional ;
- Mener des actions de sensibilisation en faveur de la protection de l'environnement ;
- Instruire les requêtes relatives aux atteintes à l'environnement ;
- Instruire et formuler des avis concernant les projets soumis à la procédure d'étude d'impact sur l'environnement ;
- Assister les collectivités locales dans le domaine de l'environnement.

Le MEMEE assure la coordination et le secrétariat du CNEIE / CREIE.

#### 2.3.2 Les Agences de Bassins Hydrauliques

La loi sur l'eau 10/95 a institué les agences de bassins hydrauliques (ABH). Il est ainsi créé, au niveau de chaque bassin hydraulique ou ensemble de bassins hydrauliques, sous la dénomination d' « agence de bassin », un établissement public, doté de la personnalité morale et de l'autonomie financière.

La zone du projet dépend de l'ABH De Souss Massa et Draa.

Les agences de bassins ont pour mission d'évaluer, de planifier, de gérer, de protéger les ressources en eau et de délivrer les autorisations et concessions relatives au Domaine Public Hydraulique (DPH) de leurs zones d'action.

La loi précise, en son article 20 en particulier, les missions dont elles sont chargées. Ces missions sont très étendues et de diverses natures :

Une mission de planification et de gestion décentralisée à l'échelle du bassin versant :

- Elaborer le Plan directeur d'aménagement intégré des ressources en eau (PDAIRE) relevant de sa zone d'action ;
- Veiller à l'application du PDAIRE à l'intérieur de sa zone d'action ;
- Gérer et contrôler l'utilisation des ressources en eau mobilisées.

Des missions régaliennes d'administration du DPH et de police des eaux et une mission d'intérêt général de suivi quantitatif et qualitatif des ressources en eau :

- Délivrer les autorisations et concessions d'utilisation du DPH ;
- Tenir un registre des droits des eaux reconnus et des autorisations de prélèvement accordées ;
- Réaliser toutes les mesures piézométriques et de jaugeages ainsi que les études hydrologiques, de planification et de gestion de l'eau, tant au plan quantitatif que qualitatif ;
- Réaliser toutes les mesures de qualité et appliquer les dispositions de la loi 10-95 et des lois en vigueur relatives à la protection des ressources en eau et à la restauration de leur qualité, en collaboration avec l'autorité gouvernementale chargée de l'environnement ;
- Proposer et exécuter les mesures adéquates pour assurer l'approvisionnement en eau en cas de pénurie d'eau déclarée, ou pour prévenir les risques d'inondation.

Des missions d'appui technique et d'aide financière aux acteurs de l'eau :

- Fournir toute aide financière et toute prestation de service, notamment d'assistance technique, aux personnes publiques ou privées qui en feraient la demande, soit pour prévenir la pollution des ressources en eau, soit en vue d'un aménagement ou d'une utilisation du DPH.

Des missions de maîtrise d'ouvrage :

- Réaliser les infrastructures nécessaires à la prévention et à la lutte contre les inondations.

### **2.3.3 Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD)**

Le HCEFLCD est chargé :

- D'assurer l'administration, par délégation de M. le Premier ministre et conformément aux disposition du dahir du 20 hija 1335 (10 octobre 1917) sur la conservation et l'exploitation du domaine forestier de l'état et les autres biens soumis au régime forestier ainsi que la police et le contrôle de l'application des textes législatifs et réglementaires y afférents ;
- De conserver, aménager, développer et promouvoir les ressources forestières, alfatières, sylvopastorales dans les terrains soumis au régime forestier, ainsi que les ressources cynégétiques et piscicoles continentales, et valoriser leurs multiples produits, services et avantages ;
- D'œuvrer à la promotion et à la mise en œuvre des actions d'extension et de développement de la forêt sur des terres à vocation forestière autres que celles du domaine forestier de l'état ;
- De coordonner l'élaboration et la mise en œuvre des plans d'aménagement des bassins versants et des parcs et réserves naturelles et en assurer le suivi et l'évaluation en concertation avec les différents départements ministériels ou d'autres organismes concernés ;
- De coordonner la préparation et la mise en œuvre des programmes et projets de développement intégré des zones forestières et alfatières, participer à leur exécution et en assurer le suivi et l'évaluation ;
- De promouvoir les actions de coopération et de partenariat avec les différents départements ministériels ou d'autres organismes concernés, les collectivités locales, les partenaires bilatéraux et les organisations régionales et internationales, les professionnels, les organisations non gouvernementales et tous les usagers du domaine forestier ;
- De coordonner, en concertation avec les différents départements ministériels et organismes concernés, la mise en œuvre, au niveau national, des dispositions des conventions internationales relatives à la lutte contre la désertification, aux forêts, à la faune sauvage et à son habitat naturel.

Dans le domaine de la gestion de la biodiversité, le Haut Commissariat chargé des Eaux et Forêts est chargé de l'élaboration et de la mise en œuvre de toute action devant contribuer à la conservation des ressources forestières et sylvopastorales, des eaux et du sol, cynégétiques et piscicoles. En conséquence, il a pour mission la conservation et le réglementation de la faune et de la flore sauvage dans leur biotope ainsi que la gestion des parcs nationaux et des réserves naturelles.

De par son organisation, le Haut Commissariat chargé des Eaux et Forêts dispose d'une forte présence sur le terrain au travers des postes de garde forestier répartis sur tout le territoire national. Le département de l'environnement est un acteur institutionnel intervenant dans les programmes nationaux de protection de la biodiversité.

Ce département ne dispose cependant pas d'outils opérationnels sur le terrain.

### **2.3.4 Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes (MADRPM)**

Le MADRPM est chargé de coordonner les actions du gouvernement en matière de développement agricole et rural. Dans un but de décentralisation, 9 ORMVA (Offices régionaux de mise en valeur agricole) ont été créés à partir de 1966. Ces organismes publics sont chargés de l'application de l'ensemble de la politique agricole dans toutes ses composantes dans leurs périmètres d'intervention respectifs (Loukkos, Moulouya Gharb, Doukkala, Haouz, Tadla, Souss-Massa, Ouarzazate et Errachidia). Ils sont dotés de l'autonomie financière tout en gardant leur statut d'établissement public.

Chaque ORMVA est administré par un Conseil d'Administration présidé par le Ministre de l'Agriculture, et composé des représentants des Directions techniques du Ministère, de représentants d'autres ministères concernés et des représentants des agriculteurs.

Leur mission, définies dans leurs textes de création, porte sur la création et l'exploitation des ouvrages hydrauliques nécessaires à l'irrigation et à la mise en valeur agricole de leur région, ainsi que la gestion des ressources en eau à usage agricole qui leurs sont confiées globalement dans leurs zones d'action.

Les ORMVA sont en place pour les périmètres irrigués. Mentionner peut-être la nouvelle réorganisation du Ministère de l'agriculture avec les directions régionales. C'est cette institution qui va être impliquée et non l'ORMVAZ d'Ouarzazate non ?

### **2.3.5 Ministère de l'Équipement et du Transport**

Le Ministère de l'Équipement et du transport est chargé d'élaborer et de mettre en œuvre la politique du gouvernement dans les domaines des routes, des ports, des équipements publics et du Transport (Routier, Ferroviaire, Maritime et Aérien).

A travers le département de l'Équipement, ce Ministère assure également pour le compte d'autres Ministères ou collectivités territoriales ou établissements publics, la réalisation, la supervision ou le contrôle d'études à caractère technique, ainsi que la réalisation d'ouvrages techniques ou le contrôle technique de travaux.

### **2.3.6 Ministère de l'Intérieur**

Le ministère de l'Intérieur assure la tutelle hiérarchique des communes. La charte communale pose le principe de l'autonomie des communes et des communautés urbaines en matière de gestion des déchets solides, des infrastructures et de l'assainissement liquide. Leurs budgets et leurs investissements sont toutefois soumis au contrôle du Ministère de l'Intérieur.

### **2.3.7 Ministère de la Santé**

Le ministère de la santé est l'autorité compétente pour la gestion des hôpitaux et des centres de soins sur tout le territoire national. Il contrôle aussi la qualité de l'eau potable en faisant des analyses dans ses laboratoires décentralisées. Il peut intervenir pour le contrôle sanitaire des puits et/ou piézomètres à proximité ou au niveau du site du projet.

## **2.4 Cadre institutionnel marocain de la gestion de l'énergie**

### **2.4.1 Département de l'Energie et des Mines au sein du MEMEE**

Le département de l'Energie et des Mines est chargé de l'élaboration et de la mise en œuvre de la politique gouvernementale dans les domaines de l'énergie, des mines et de la géologie ainsi que le contrôle des autres secteurs dépendant de son autorité. Il assure la tutelle des entreprises et établissements publics qui relèvent de sa compétence (y compris l'ONE). Parmi ses missions :

Définir les options et prendre les mesures nécessaires à même de garantir la sécurité des approvisionnements énergétiques, de généraliser l'accès aux services énergétiques commerciaux pour les populations rurales et urbaines, et d'assurer la sûreté des personnes et des installations énergétiques et minières,

Assurer en permanence une vision stratégique et prospective permettant l'approvisionnement électrique du pays dans les meilleures conditions de sécurité et de qualité.

### **2.4.2 Office National de l'Electricité**

L'ONE est un établissement public à caractère industriel et commercial placé sous la tutelle administrative et technique du Ministère de l'Energie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement. Il est chargé de la production, du transport et de la distribution de l'énergie électrique ainsi que de l'étude des programmes et des possibilités d'approvisionnement en énergie électrique de tous les usagers industriels, agricoles et domestiques.

Il est habilité à prendre toutes les dispositions nécessaires pour aménager les ressources d'énergie électrique et pour exploiter les ouvrages publics destinés à la production, au transport et à la distribution de l'énergie électrique.

Il est autorisé à occuper les parcelles du domaine public nécessaires à l'établissement des ouvrages de production, de transport et de distribution.

### **2.4.3 Moroccan Agency for Solar Energy**

La société anonyme à capitaux publics, Moroccan Agency for Solar Energy, d'acronyme MASEN a été créée en mars 2010 afin de porter le plan solaire marocain annoncé le 2 novembre 2009 à Ouarzazate sous la présidence de SM le Roi Mohammed VI. Elle est détenue par l'Etat, le Fonds Hassan II pour le développement économique social. L'Office National de l'Electricité et la Société d'Investissements Energétiques, un fonds public dédié à l'appui aux énergies. .

L'objet de MASEN, tel que défini par la loi N°57-09 portant sur sa création, consiste à développer un programme de projets intégrés de production d'électricité à partir de l'énergie solaire, d'une capacité totale minimale de 2 000 MW à horizon 2020, comprenant :

- Des centrales de production électrique solaire ;
- Des réalisations et activités connexes contribuant au développement des zones d'implantation et du pays.

Ainsi, les missions de MASEN s'articulent comme suit :

- Développer des centrales pour la production de l'électricité à partir de l'énergie solaire et ce, à travers l'étude, la conception, le financement, la réalisation et la gestion des projets solaires ;
- Contribuer au développement d'une expertise dans le secteur de l'énergie solaire, à travers :
  - Le développement de la recherche appliquée et la promotion des innovations technologiques dans les filières solaires de production d'électricité ;
  - La contribution à l'élaboration et à la mise en place de dispositifs d'intégration industrielle pour l'émergence d'une industrie compétitive liée aux énergies solaires ;
  - La participation à la mise en place de filières de formation spécialisées;

- L'identification des actions de développement local sur les lieux d'implantation des centrales solaires.

- Etre force de proposition à l'échelle nationale et internationale dans le domaine des énergies solaires.

#### Présentation et justification du projet

La présente étude concerne le projet de complexe solaire d'Ouarzazate. D'une puissance de 500 MW, et d'un productible d'environ 1 150 GWh/an, ce projet est le premier de la série de 5 sites totalisant 2 000 MW du plan solaire marocain, à l'horizon 2020.

Le site choisi pour ce projet se trouve sur les terrains de Toundout Ogrour de la commune de Ghessat, au lieu dit « Tamzaghten Izerki », sur la route nationale reliant Ouarzazate à Errachidia. La superficie d'emprise pour la mise en place du complexe solaire est de 2 500 ha.

L'évacuation de l'énergie électrique produite par la centrale sera effectuée sur le poste 225/60 KV d'Ouarzazate qui se trouve à proximité du complexe.

Le projet technique sera élaboré par l'entreprise choisie à l'issue d'un appel d'offres international qui sera lancé au deuxième trimestre de 2011. Le choix de la technologie solaire à employer restera ouvert lors de cet appel d'offres.

Le montant total de l'investissement avoisine les 28 milliards de dirhams.

## 2.5 Les raisons du choix

### 2.5.1 Le choix du solaire

Les énergies renouvelables sont encore peu exploitées dans la région Méditerranée, **comptant pour seulement 4% du bilan énergétique des pays méditerranéens (hydroélectricité incluse).**<sup>3</sup> Les pays méditerranéens bénéficient pourtant de conditions d'ensoleillement extrêmement favorables et possèdent de vastes espaces libres pouvant accueillir des capacités de production d'électricité de taille importante.

La construction de centrales solaires permettra l'accroissement des capacités de production des pays du Sud et la satisfaction de la consommation domestique. Une partie de ces capacités supplémentaires pourrait être destinée à l'exportation vers les pays de l'Union européenne. Le développement de l'énergie solaire et l'augmentation de l'efficacité énergétique entraîneront une diversification du mix énergétique et une réduction de la dépendance et des risques liés au recours massif aux énergies fossiles.

Au niveau industriel, ces technologies sont encore peu développées : elles représentent donc un potentiel important pour la création de nouveaux marchés et sont prometteuses en terme de création d'emploi, de transfert technologique et donc de développement économique et social.

Dans les pays producteurs, le développement des centrales solaires permet de préserver des ressources fossiles rares. Cela participe de la pérennisation des revenus d'exportation important pour le développement national. Enfin, l'énergie solaire contribue, comme toutes les énergies renouvelables, à la lutte contre le changement climatique et procure des avantages financiers liés aux économies de CO<sub>2</sub>.

### 2.5.2 Un contexte international favorable : Le Plan Solaire Méditerranéen

L'Union Pour la Méditerranée (UPM), lancé le 13 juillet 2008 par le Président de la République Française et 43 Etats membres, a pour objectif de promouvoir une nouvelle politique de coopération et de développement dans toute la région méditerranéenne. Afin d'y parvenir, l'Union pour la Méditerranée veut réaliser des projets concrets répondant aux principaux défis qui se posent aux pays des deux rives de la Méditerranée.

L'UPM a défini six grands projets d'intérêt régional :

- a) **Le Plan Solaire Méditerranéen (PSM) ;**
- b) La dépollution de la Méditerranée ;
- c) Le développement des « autoroutes de la mer » en Méditerranée ;

<sup>3</sup> [http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipwwwmedad/pdf/Situation\\_energetique\\_region\\_euro-mediterranee\\_cle11e48a.pdf](http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/spipwwwmedad/pdf/Situation_energetique_region_euro-mediterranee_cle11e48a.pdf)

- d) Le programme méditerranéen de protection civile ;
- e) La création d'une université euro-méditerranéenne ;
- f) L'initiative méditerranéenne de développement des entreprises.

#### 2.5.2.1 Objectifs du PSM

Le Plan Solaire Méditerranéen est un de ces projets-phares concrets. Il vise à accroître l'utilisation des énergies renouvelables et à renforcer l'efficacité énergétique dans la région. Il permettra ainsi de limiter les émissions de gaz à effet de serre et de réduire la vulnérabilité du système énergétique de chaque pays et de la région dans son ensemble.

Les principaux objectifs du PSM sont :

- la construction de capacités additionnelles de production d'électricité bas carbone, et notamment solaire, dans les pays du pourtour méditerranéen, d'une puissance totale de 20 Gigawatt à l'horizon 2020 ;
- la consommation d'une partie de l'électricité produite par le marché local et l'exportation d'une partie de la production vers l'Union Européenne, afin de garantir la rentabilité des projets ;
- la réalisation d'efforts significatifs pour maîtriser la demande d'énergie et augmenter l'efficacité énergétique et les économies d'énergie dans tous les pays de la région.

#### 2.5.2.2 Domaines d'actions prioritaires du PSM

Le PSM intégrera et complètera les activités existantes dans le domaine de la coopération euro-méditerranéenne sur les énergies renouvelables et l'intégration des réseaux. Il portera son attention en particulier sur :

- la mise en place de cadres législatifs, réglementaires et institutionnels adaptés au développement massif de projets durables et rentables dans le domaine des énergies renouvelables et notamment solaires ;
- le développement de mesures d'efficacité énergétique et de maîtrise de la demande d'énergie en vue de l'objectif de 20% d'économies d'énergie en 2020 par rapport à 2005 ;
- la facilitation du développement des interconnexions électriques entre pays de la région euro-méditerranéenne et la mise en place d'un système incitatif et viable d'exportation d'électricité renouvelable du Sud et de l'Est de la Méditerranée vers l'Europe
- la promotion de la coopération technologique, y compris par la création de pôles et de réseaux de compétitivité régionaux alliant acteurs industriels et institutions de recherche et de développement.

De nombreux acteurs seront amenés à participer au PSM :

- Etats membres de l'Union pour la Méditerranée ;
- Entreprises de tous les pays, pour le développement des projets et leur exploitation ;
- Investisseurs, fonds publics et privés, organisations financières bilatérales et multilatérales, pour la mise en place de solutions d'investissement et de financement innovantes ;
- Agences spécialisées, experts, ONG, société civile, pour le conseil et le soutien qu'ils pourront apporter à la réalisation des projets sur le terrain.

#### 2.5.2.3 Préparation et mise en œuvre du PSM

Le PSM se déroulera en trois étapes :

- 1) 2008 : définition des objectifs et préparation du PSM



2) 2009/2010 : phase pilote avec un «plan d'action immédiat» composé de projets pilotes à lancer pendant la présidence franco-égyptienne de l'UPM, afin de tester les mécanismes réglementaires, financiers et institutionnels mis en place

3) 2011-2020 : phase de déploiement à grande échelle de projets d'énergie renouvelables et d'efficacité énergétique.

Une étude de *Master Plan* a été lancée au premier semestre 2009 pour évaluer l'existant et le potentiel en termes de développement des énergies renouvelables, préciser les besoins pour l'atteinte des objectifs du PSM et faire des recommandations pratiques pour chaque étape de mise en œuvre. Les conclusions de cette étape ne sont pas encore disponibles.

#### 2.5.2.4 Atouts du Maroc pour le PSM

Le Maroc bénéficie d'un fort potentiel solaire (et éolien), et les infrastructures de transport de l'énergie sont déjà présentes et matures entre le Maroc et l'Europe : l'ONE est aujourd'hui le 4<sup>ème</sup> acteur sur le marché électrique espagnol.

**Ainsi, le développement de projets d'énergies renouvelables au Maroc peut non seulement contribuer à la diversification de l'approvisionnement du royaume, mais il peut aussi apporter une contribution non négligeable à la problématique de développement durable et de réduction de gaz à effet de serre européen.**

L'ONE a une position de leader régional arabo-africain dans les énergies renouvelables : ses capacités installées et son programme de développement sont les plus importants de la région.

D'après le Ministère du Développement Durable, les objectifs du Plan Solaire Marocain (voir ci-après) s'inscrivent dans ceux du Plan Solaire Méditerranéen (PSM).

**Le projet du complexe solaire d'Ouarzazate est prioritairement destiné à une production locale. Une partie de la production pourrait être exportée vers l'Europe. Le projet s'inscrit pleinement dans les objectifs de l'Union pour la Méditerranée et dans un contexte international exigeant d'augmenter la part de production d'énergie solaire.**

### 2.5.3 Les objectifs nationaux : le Plan Solaire Marocain

Les énergies renouvelables font partie des objectifs du millénaire que s'est fixé le Maroc : **en 2020, le Maroc prévoit que la part de la puissance électrique installée en énergie renouvelable (éolien, solaire, hydraulique) s'établira à 42% du parc de production électrique total.**

L'Office National de l'Electricité au Maroc a donc lancé un vaste projet faisant appel à l'énergie éolienne et au solaire, le but étant d'augmenter la production d'électricité pour le Maroc, mais aussi de vendre à l'Europe cette électricité verte.

Le Plan Solaire Marocain, axe majeur de ce projet prévoit la construction d'une capacité de production électrique utilisant l'énergie solaire de 2 GW entre 2015 et 2019. Selon Mme Ben Khadra, Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement du Maroc, ce projet devrait permettre annuellement "d'économiser en combustibles 1 million de tonne équivalent pétrole et d'éviter l'émission de 3,7 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>".

Le projet marocain, comportera 5 complexes solaires répartis sur le territoire.

Les 2 GW prévus correspondent à 38% de la puissance électrique totale installée actuellement au Maroc et l'objectif de la capacité de production de 4 500 GWh de ces 5 sites solaires correspond à 18% de la production nationale actuelle.

### 2.5.4 Bénéfices locaux et nationaux

#### 2.5.4.1 Réduction de la dépendance énergétique

**Le Maroc a décidé de lancer ce projet afin de réduire sa dépendance énergétique puisque sa consommation dépend à plus de 95% du pétrole.** La dépendance du Maroc au pétrole s'explique par les faibles ressources énergétiques et minières du pays. Le Maroc cherche donc depuis quelques années à diversifier ses ressources et à être moins dépendant de certains pays qui l'approvisionnent en pétrole.

Le Maroc importe actuellement de l'électricité du nord. Le projet du complexe d'Ouarzazate contribuera donc à la réduction de la dépendance énergétique du pays. Selon la ministre Amina Benkhadra, « nous allons **réduire la dépendance énergétique du pays de 95% à 85%** ».

La dépendance énergétique aux combustibles fossiles expose le Royaume à la volatilité et à la tendance à la hausse des prix des combustibles fossiles, ainsi qu'aux risques liés à la sécurité d'approvisionnement à moyen et long termes.

De plus, les facteurs de croissance de la consommation d'énergie par habitant au sud de la Méditerranée sont forts, sous l'effet notamment de la démographie, de l'accroissement du niveau de vie et des besoins des entreprises. C'est ainsi que, selon l'Observatoire Méditerranéen de l'Energie (OME), **la demande énergétique devrait croître de 4,8 %/an d'ici à 2020** sur les rives sud et est de la Méditerranée (contre 1,3% au nord) et la demande d'électricité de 6,0% (contre 1,7%).

#### 2.5.4.2 Maîtrise de la valorisation d'une ressource nationale

Les forts taux d'ensoleillement que connaît le Maroc, constituent une formidable ressource naturelle nationale, gratuite et inépuisable, à valoriser.

**La mise en place du Plan Solaire Marocain par le gouvernement permet d'assurer que la valorisation de cette ressource sera maîtrisée au niveau national.**

Le gouvernement marocain souhaite une forte intégration de la filière solaire au Maroc tant pour la construction que pour l'exploitation. Le niveau de réalisation au niveau local et d'intégration de la filière sera partie intégrante des critères de choix des développeurs du projet.

Ainsi, le Maroc s'assure de **faire bénéficier les populations des retombées économiques du projet**, notamment en termes d'emplois, directs et indirects, de participation industrielle locale, mais également en recherche et développement (transfert technologique).

#### 2.5.4.3 Création d'un avantage compétitif énergétique de long terme

La volonté du gouvernement marocain de diversifier les sources d'approvisionnement pourra être considérée comme un modèle pour l'ensemble des pays du proche et moyen Orient, gros producteurs de pétrole tardant à opérer cette transition énergétique.

**Faute d'être producteur d'or noir, le Maroc pourrait devenir un leader dans les énergies renouvelables.**

Etant le premier pays d'Afrique et du Moyen-Orient à lancer un projet aussi ambitieux, le Royaume s'assure un avantage compétitif énergétique sur le long terme.

De plus, le Maroc bénéficie déjà d'une expérience probante avec la **centrale thermosolaire à cycle combiné d'Ain Beni Mathar**, qui se trouve dans sa phase finale de construction. Cette centrale d'une puissance totale de 472 MW, utilise la technologie des capteurs cylindro-paraboliques pour une part de 20 MW. La surface du champ solaire est de 183 000 m<sup>2</sup>.



**Figure 9 : Vue de la centrale d'Ain Beni Mathar (photo en cours de construction)**

**(Source : Abengoa)**

#### **2.5.4.4 Réduction des gaz à effet de serre**

Selon Mme Ben Khadra, Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement du Maroc, le projet du Plan Solaire Marocain devrait permettre annuellement **"d'économiser en combustibles 1 million de tonne équivalent pétrole et d'éviter l'émission de 3,7 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>".**

Lancée au cœur des débats et préoccupations internationales sur le climat, cette action forte en faveur de la réduction des gaz à effet de serre améliorera l'image de marque du Royaume, au niveau international comme sur le plan national pour les populations concernées.



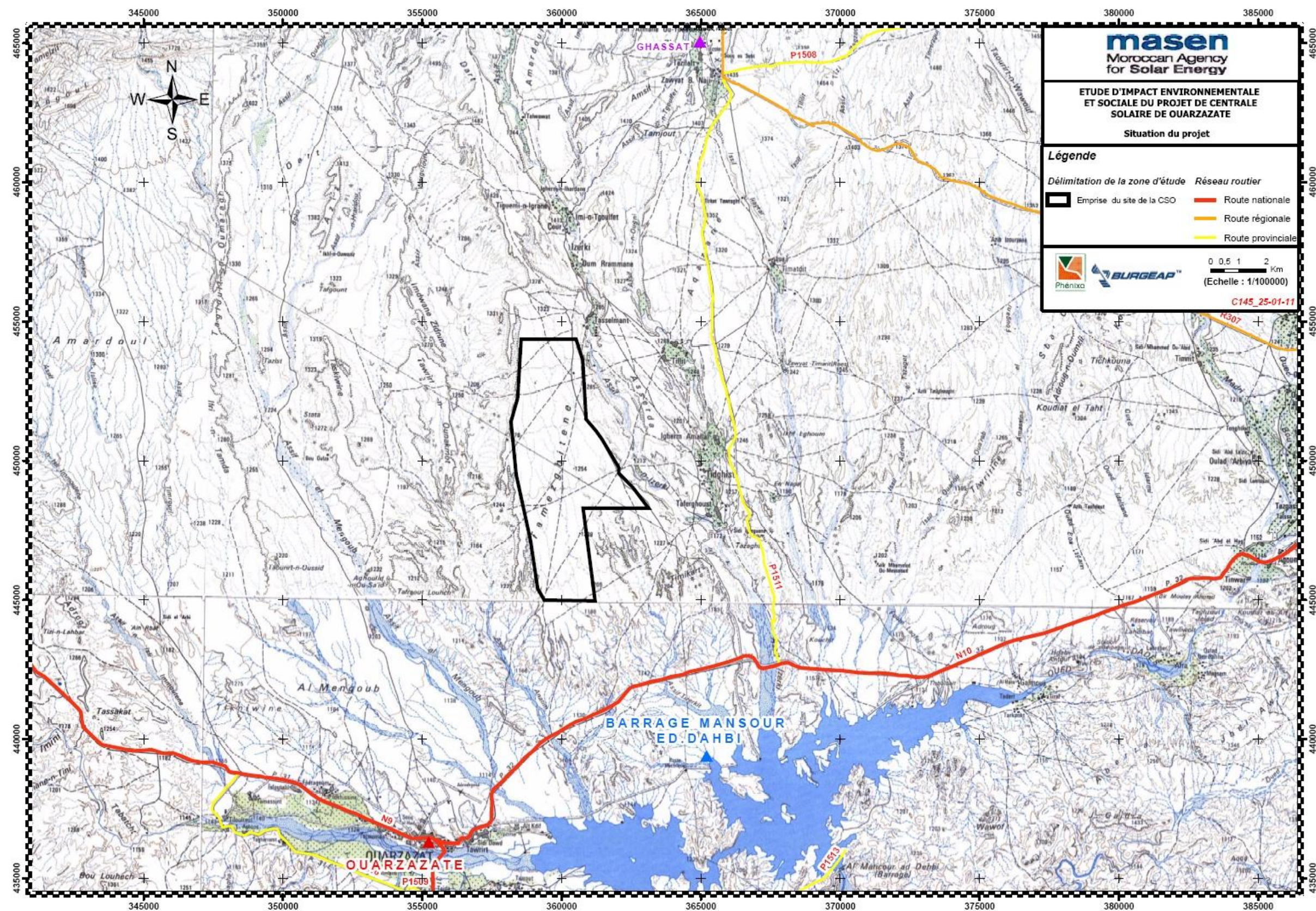


Figure 10 : Situation géographique du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate



### 2.5.5 Justification du choix du site

Le choix du site du complexe solaire au niveau de la région d'Ouarzazate était essentiellement lié au fort ensoleillement caractéristique de la région.

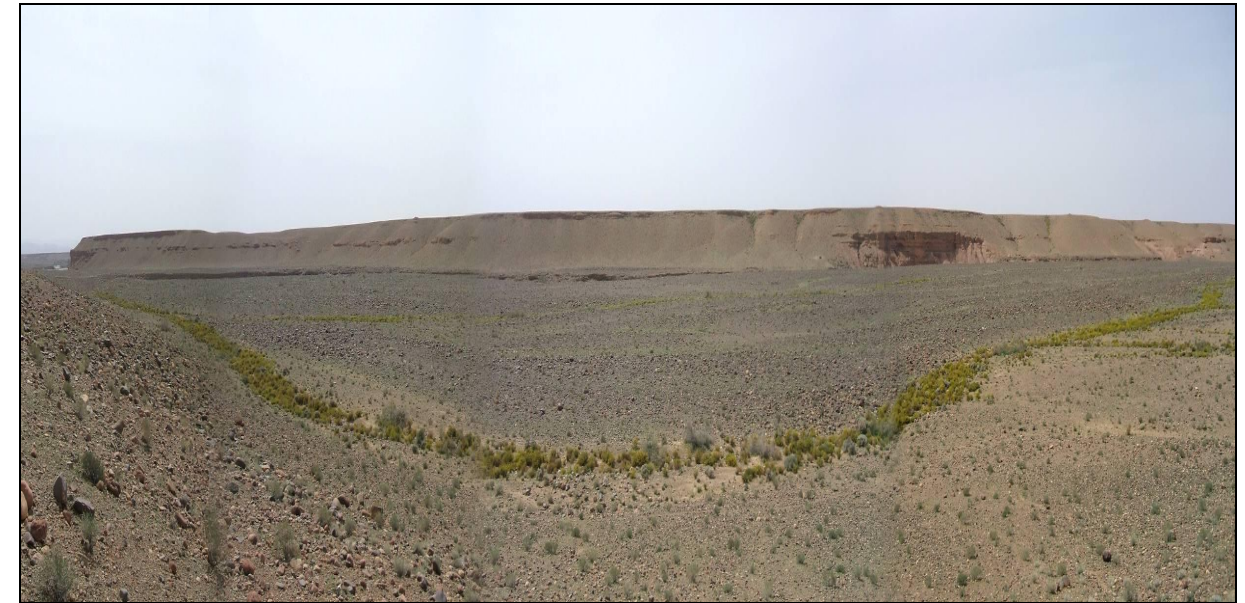
Avec un DNI (Direct Normal Irradiation) d'environ 2420 kWh/m<sup>2</sup>/an, le secteur jouit en effet d'un important gisement solaire.

Dans ce sens, trois sites ont été identifiés à Ouarzazate.

Seul le site retenu à Ghesat et dit « Tamzaghten Izerki » répond aux besoins du projet en termes de superficie, les deux premiers sites disposant d'une superficie inférieure à 600 ha.

Au sein de la région d'Ouarzazate, plusieurs autres critères d'ordre technique et socio-économique ont concouru au choix du site « Tamzaghten Izerki ». Ils sont listés ci-dessous :

- Le site se trouve à proximité du barrage Mansour Eddahbi (4 km) dont la capacité de stockage est de 440 hm<sup>3</sup>.
- La topographie du site (plane sur toute sa surface excepté quelques ravins) permet l'optimisation du rendement des futures centrales du complexe (notamment pour le cas des centrales solaires CSP, cela réduit les coûts de pompage du fluide caloporteur).
- L'installation d'un parc solaire sur le site de Tamzaghten Izerki, appartenant à la collectivité ethnique Ait Oukroun Toundout, sis commune rurale Ghesat n'engendrera qu'un très faible conflit d'usage car le site a actuellement une vocation pastorale à faible offre fourragère. Aucun déplacement de population ou d'activité économique n'est à prévoir.
- Le site se trouve à l'écart des principales zones habitées.
- Le site est localisé en dehors de toute zone naturelle ou touristique protégée, et aucune co-visibilité importante n'est à prévoir.



**Figure 11 : Vues du site : photos en haut : partie centrale du site**

**En bas : photo de la bordure Est du site**

**(Photos PHENIXA)**

Le terrain a été acquis par Masen à la fin du mois d'Octobre 2010.

## 2.6 Les variantes du projet

### 2.6.1 Deux grands types de technologies solaires



Plusieurs types de technologies solaires coexistent. Elles connaissent toutes de très fortes évolutions, autant au niveau R&D que d'un point de vue commercial, avec des dizaines de projets annoncés totalisant plusieurs GW, si bien que les données sont très rapidement obsolètes, et que de nouvelles technologies ou des évolutions sur les contraintes des technologies existantes apparaissent régulièrement.

Le solaire photovoltaïque et le solaire à concentration sont deux types de technologies fondamentalement différents.



Le tableau suivant présente leurs différences majeures, tandis que le tableau 12 liste leurs avantages et inconvénients principaux, de manière globale.

Tableau 11 : Les différences majeures entre le PV et le CSP

Le solaire photovoltaïque (PV)	Le solaire à concentration (CSP: Concentrated Solar Power)
	
<p>Les technologies photovoltaïques exploitent directement l'énergie des photons et leur capacité à provoquer, dans certains milieux, une différence de potentiel utilisable pour générer un courant électrique.</p> <p>L'énergie solaire est directement convertie en électricité par des matériaux semi-conducteurs, comme le silicium, recouverts d'une mince couche métallique.</p>	<p>Le rayonnement solaire est concentré par des miroirs au niveau d'un foyer où circule un fluide caloporteur.</p> <p>La chaleur collectée produit de la vapeur, qui est ensuite convertie en électricité par un groupe turbo-alternateur.</p>
Capte non seulement le rayonnement solaire direct du soleil, mais également le diffus (préférable pour les régions tempérées)	Capte uniquement le rayonnement direct (abondant dans les zones à fort ensoleillement comme les déserts de la ceinture solaire méditerranéenne)
Les panneaux photovoltaïques étant déjà fabriqués dans des usines à forte capacité, le prix d'une installation est pratiquement proportionnel à sa taille.	En solaire à concentration, seul le champ solaire est d'un coût proportionnel à sa taille, la salle des machines bénéficiant, comme dans les centrales classiques, d'un fort effet de taille. Le CSP est donc plutôt destiné aux installations de puissance élevée.
Le PV ne nécessite que très peu de personnel d'exploitation.	Besoin important de personnel d'exploitation, à l'instar de n'importe quelle centrale thermique. Là encore, le CSP est à réserver aux installations d'une puissance conséquente.

Tableau 12 : Comparaison des avantages et inconvénients majeurs du PV et du CSP

Le solaire photovoltaïque (PV)	Le solaire à concentration (CSP: Concentrated Solar Power)
--------------------------------	---

<b>AVANTAGES</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'énergie produite est directement de l'électricité : <ul style="list-style-type: none"> <li>- aucun besoin de système de conversion de chaleur, nécessairement complexe, ce qui induit des risques technologiques et un coût financier important,</li> <li>- aucun besoin de fluide(s) de travail.</li> </ul> </li> <li>• Délai d'installation des parcs rapide,</li> <li>• Besoin en maintenance très limité,</li> <li>• La consommation en eau en exploitation est minime,</li> <li>• Les coûts de production des panneaux décroissent rapidement du fait d'une production de masse observée actuellement et en particulier depuis ces 2 dernières années,</li> <li>• Technique éprouvée : plusieurs GW actuellement en exploitation dans le monde,</li> <li>• Les panneaux produisent de l'électricité même en présence d'une couverture nuageuse.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Possibilité de stocker directement l'énergie thermique récupérée dans des stockages de sel fondu par exemple, permettant une production d'électricité jour et nuit,</li> <li>• Perspectives de fabrication locale des équipements nécessaires : technologies traditionnelles, simples des processus de construction, et déjà partiellement disponibles au Maroc,</li> <li>• Besoin important de main d'œuvre pendant les travaux et pendant l'exploitation,</li> <li>• Développement de l'économie locale grâce aux emplois indirects (hébergement, restauration,...)</li> <li>• Possibilité d'associer d'autres sources d'énergie autre que le soleil pour faire fonctionner les turbines (gaz par exemple),</li> <li>• Recyclage des installations simple après démantèlement.</li> </ul>
<b>INCONVENIENTS</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stockage possible uniquement en batteries, et possibilités très limitées (avec perte d'énergie dans le temps),</li> <li>• Performance décroissante avec l'augmentation de la température,</li> <li>• Mode de production des installations plus énergivore que celui des CSP : moins bon bilan carbone,</li> <li>• Toxicité des panneaux PV usagés,</li> <li>• Recyclage complexe avec une consommation énergétique importante,</li> <li>• Les besoins en maintenance étant très limités, les centrales PV sont peu créatrices d'emploi pour la phase exploitation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Coût élevé des investissements nécessaires : la filière CSP n'a pas encore bénéficié des économies d'échelle comme pour le PV,</li> <li>• La construction est complexe, et fait appel à plusieurs technologies et composants différents,</li> <li>• Risque technique : certaines technologies sont encore au stade de R&amp;D et sont encore très peu développées à l'échelle du MW (la plus grande CSP actuellement en exploitation a une puissance de 90 MW),</li> <li>• Production d'électricité uniquement par temps clair, sans nuages,</li> <li>• Nécessité d'un refroidissement du système de conversion de la chaleur, le refroidissement humide étant énormément consommateur d'eau,</li> <li>• Nécessité d'une alimentation en combustible fossile afin d'assurer la circulation du fluide caloporteur,</li> <li>• Selon la technologie CSP, il peut exister des risques incendie ou explosion liés à la présence de gaz, de vapeur à haute pression, et d'huile synthétique à haute température, des risques de pollution des sols (utilisation d'huile synthétique), des rejets d'eau importants (dans le cas d'un refroidissement humide).</li> </ul>

### **La question clé du besoin en stockage**

La question du besoin en stockage est un point déterminant pour le choix de la technologie à retenir. A l'heure actuelle, le PV, ainsi que la technologie des paraboles à moteur Stirling, ne permet pas de stockage d'électricité (alors que les autres CSP permettent un stockage de chaleur). 3 parcs PV dans le monde d'une puissance de l'échelle du MW utilisent actuellement du stockage en batterie. Ce stockage ne permet qu'une production de 15 minutes environ (source : FirstSolar). Cependant, la recherche et développement est importante dans ce domaine, et il existe déjà une dizaine de technologies de stockage, dont de nombreux types de batteries différents. Les capacités pourraient donc s'améliorer très rapidement.

Dans une installation connectée au réseau, le stockage permet de pouvoir continuer à alimenter le réseau lorsque le champ solaire ne le permet plus, c'est-à-dire pendant la nuit, et pour les CSP, qui fonctionnent à partir du rayonnement direct, lorsque le temps est nuageux ou obscurci (tempête de sable, invasion de criquet par exemple).

Cependant, en fonction du profil horaire de consommation dans le secteur pour lequel est destinée la production, et en fonction des autres sources de production alentour, un stockage n'est pas forcément nécessaire. Ainsi, dans certaines zones, le profil de consommation peut correspondre au profil de production.

Ainsi, il est primordial que le profil horaire de consommation, les besoins du réseau et les sources de production environnantes soient soigneusement étudiés afin de vérifier le besoin éventuel de stockage de l'énergie pour le projet du complexe d'Ouarzazate. Les résultats de cette étude seront déterminants pour le choix de la technologie.

## 2.6.2 Le photovoltaïque

### 2.6.2.1 Principe général

Le solaire photovoltaïque permet de récupérer et de transformer directement la lumière du soleil en électricité par des panneaux photovoltaïques. La conversion directe de l'énergie solaire en électricité se fait par l'intermédiaire d'un matériau semi-conducteur.

La cellule photovoltaïque est un composant électronique qui est la base des installations produisant cette énergie. Elle fonctionne sur le principe de l'effet photoélectrique. Plusieurs cellules sont reliées entre-elles pour former un module solaire photovoltaïque, plusieurs modules sont regroupés pour former une installation solaire. Cette installation produit de l'électricité qui peut être consommée sur place ou alimenter un réseau de distribution.

La puissance d'une centrale solaire photovoltaïque est proportionnelle à la surface de modules installée.

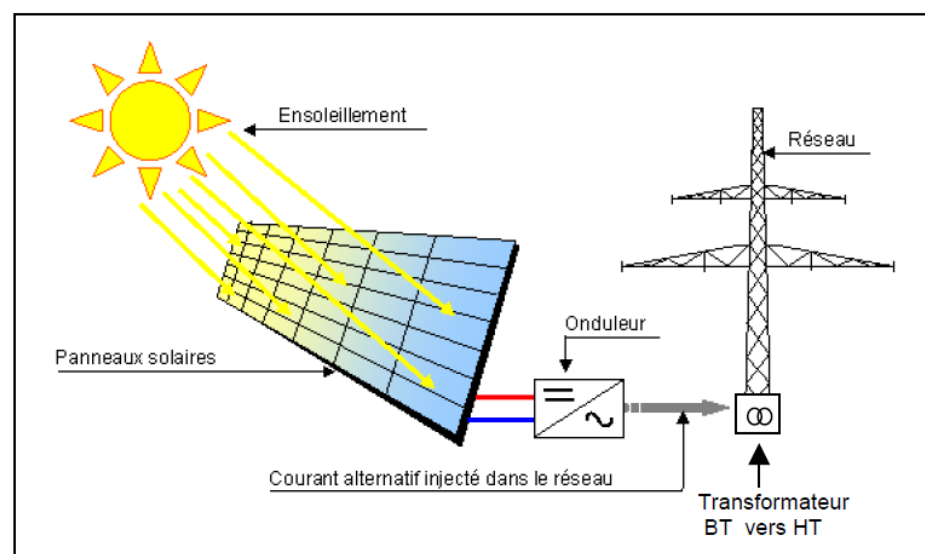


Figure 12 : Schéma de principe d'une installation photovoltaïque

Les principales caractéristiques des centrales photovoltaïques sont les suivantes :

- Haute fiabilité, pas de pièce mobile (sauf sur des systèmes de trackers, le mouvement est cependant très lent),
- Système silencieux,
- Entretien réduit, peu de coût de fonctionnement,
- Production d'électricité uniquement le jour,
- Stockage de l'électricité difficile (coûts importants, perte de la charge au cours du temps), et possible à l'heure actuelle pour des puissances modérées.

Parmi les différents types de cellules photovoltaïques existantes, il est possible de distinguer deux grandes familles :

- Technologie à base de silicium cristallin,
- Technologie dite de « couches minces ».

En plus de ces différentes technologies de cellules, deux types d'installation existent : les installations fixes et les installations utilisant un système de trackers ou « suiveurs solaires » (permettant de suivre la course du soleil).

### 2.6.2.2 Les différents types de cellules

#### Cellules cristallines

Ce type de cellule est constitué de fines plaques de silicium, un élément chimique très abondant et qui s'extrait notamment du sable ou du quartz. Le silicium est obtenu à partir d'un seul cristal ou de plusieurs cristaux : on parle de cellules monocristallines ou polycristallines.

Ce type de cellule est celui qui est actuellement le plus employé dans le monde (plus de 80% de la production mondiale).

#### *Les cellules monocristallines :*

Lors du refroidissement, le silicium fondu se solidifie en ne formant qu'un seul cristal de grande dimension. On découpe ensuite le cristal en fines tranches qui donneront les cellules. Ces cellules sont rondes ou presque carrées, et en général d'un bleu uniforme.



Figure 13 : Module utilisant des cellules monocristallines



#### *Les cellules polycristallines :*

Elles sont élaborées à partir d'un bloc de silicium cristallisé en plusieurs cristaux (formés pendant le refroidissement du silicium) dont les orientations sont différentes. Ce genre de cellule est également bleu, mais pas uniforme, on distingue des motifs créés par les différents cristaux.



**Figure 14 : Module utilisant des cellules polycristallines**

#### **Couches minces**

Les cellules en couches minces sont fabriquées en déposant une ou plusieurs couches semi-conductrices et photosensibles sur un support de verre, de plastique ou d'acier.

Trois types de matériaux absorbants sont utilisés : le silicium amorphe, le tellure de cadmium (CdTe) et l'indium (CIS ou CIGS).

#### *Cellule silicium amorphe*

Le silicium lors de sa transformation, produit un gaz, qui est projeté sur une feuille de verre. La cellule est gris très foncé ou marron. C'est la cellule des calculatrices et des montres dites "solaires".

Ces cellules, de par leur poids réduit, sont souvent utilisées sur des toitures.



**Figure 15 : Module utilisant des cellules amorphes**

#### *Tellure de cadmium :*

Le tellure de cadmium est un composé stable du cadmium et de tellure, et est utilisé comme semi-conducteur.

Une couche d'absorption en tellure de cadmium est ainsi placée sur un support de verre puis couverte par une plaque de verre qui scelle le panneau hermétiquement.



**Figure 16 : Module couche mince utilisant du tellure de cadmium**

#### *CIS ou CIGS :*

Les cellules CIS représentent la nouvelle génération de cellules solaires sous forme de films minces, de type cuivre-indium-sélénium (CIS).

Les cellules élaborées à partir de cuivre, d'indium et de sélénium semblent être les plus prometteuses en l'état actuel de la technologie. Sa bande interdite faisant défaut, on lui allie souvent du gallium (Ga) pour optimiser ses qualités et accroître la tension disponible, de sorte qu'on rencontre parfois également l'abréviation **CIGS**.



**Figure 17 : Module à couche mince CIGS**

Le tableau présenté dans la page suivante montre les avantages et les inconvénients des différentes technologies photovoltaïques.

400 en concentration, selon la définition du laboratoire nationale des énergies renouvelables américain (NREL).

Grâce à la concentration, la surface de cellule utilisée est beaucoup plus faible et donc la quantité de matériels semi-conducteurs, composant le plus coûteux d'un module solaire, est diminuée.

Le rendement d'un module photovoltaïque à concentration dépend à la fois de la cellule mais aussi du système optique. De l'ordre de 30%, il est nettement supérieur à celui des autres technologies. A puissance égale, une centrale CPV nécessite donc moins d'espace qu'une centrale PV classique.

Les modules CPV nécessitent un ensoleillement direct, c'est-à-dire qu'il ne doit pas y avoir d'obstacles, comme les nuages par exemple, entre le soleil et les modules. Cela implique aussi que le système doit suivre en permanence le soleil afin de recevoir son rayonnement direct, grâce à un tracker car il ne fonctionne que si le soleil est apparent.

#### **2.6.2.1 Le photovoltaïque à concentration (CPV)**

Le photovoltaïque à concentration (CPV) est basé sur un principe simple : la lumière du soleil est concentrée plusieurs centaines de fois par un dispositif optique (miroir parabolique ou lentille de Fresnel) avant d'atteindre la cellule photovoltaïque. On parle de haute concentration lorsque l'on dépasse un facteur

Le tableau suivant reprend les principaux avantages et inconvénient des différents types de cellules PV. Il est à noter que les chiffres mentionnés dans ce tableau ne sont donnés qu'à titre estimatif.

Tableau 13 : Tableau comparatif des différents types de cellules photovoltaïques

	Cellules cristallines		Couches minces		
	Cellules monocristallines	Cellules polycristallines	Silicium amorphe	CIS / CIGS	Tellurure de cadmium
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"><li>• bon rendement, de 14 à 16% ;</li><li>• bon ratio Wc/m² (d'environ 150 Wc/m²) ce qui permet un gain de place si nécessaire (surface de 1,75 ha environ nécessaire pour 1MWc de puissance)</li><li>• durée de vie importante (+/- 30 ans)</li><li>• nombre de fabricants élevé</li><li>• stabilité de production</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• bon rendement, de 11 à 13% ;</li><li>• bon ratio Wc/m² (environ 120 Wc/m²) mais cependant un peu moins bon que pour le monocristallin (surface de 2 ha environ nécessaire pour 1MWc de puissance)</li><li>• durée de vie importante (+/- 30 ans)</li><li>• meilleur marché que le monocristallin</li><li>• cellule carrée permettant un meilleur foisonnement dans un module ;</li><li>• stabilité de production</li><li>• adapté à la production à grande échelle</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• fonctionne avec un éclairciment faible ou diffus (même par temps couvert) ;</li><li>• un peu moins chère que les autres technologies ;</li><li>• intégration sur supports souples ou rigides.</li><li>• Moins sensible aux températures élevées</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• permet d'obtenir les meilleurs rendements par rapport aux autres cellules photovoltaïques en couche mince (rendement de 13%, avec des perspectives de 20% en laboratoire)</li><li>• permet de s'affranchir du silicium</li><li>• les matériaux utilisés ne causent pas de problème de toxicité</li><li>• la cellule peut être construite sur un substrat flexible</li><li>• coût moindre que pour le silicium amorphe</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• très bonne capacité d'absorption de lumière rendement plus élevé, comparativement aux modules traditionnels, notamment aux hautes températures</li><li>• stockage efficace du cadmium au sein d'un composé stable pendant des dizaines d'années</li><li>• durée d'amortissement rapide (coûts de production faibles)</li><li>• faible empreinte de carbone parmi les technologies courantes sur base d'un cycle de vie.</li></ul>
INCONVENIENTS	<ul style="list-style-type: none"><li>• coût de production élevé ;</li><li>• rendement faible sous un faible éclairciment.</li><li>• Méthode de production laborieuse</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• rendement faible sous un faible éclairciment.</li><li>•</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• rendement faible en plein soleil, de 5% à 7%</li><li>• nécessité de couvrir des surfaces plus importantes que lors de l'utilisation de silicium cristallin (ratio Wc/m² faible, environ 60 Wc/m²) - (surface de 3,75 ha environ nécessaire pour 1MWc de puissance)</li><li>• performances qui diminuent avec le temps, d'environ 7%.</li><li>• Durée de vite courte (+/- 10ans)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• ratio Wc/m² moyen (surface de 2,75 ha environ nécessaire pour 1MWc de puissance)</li><li>• moins performant que le silicium traditionnel</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• utilisation d'un composé toxique (cadmium). Bien qu'enfermé entre des plaques de verres, la fabrication et le recyclage peuvent s'avérer potentiellement polluants</li><li>• surface nécessaire pour obtenir 1 MWc de puissance d'environ 2,75 ha</li></ul>



2.6.2.2 Les différents types d'installation : panneaux fixes et trackers

Les panneaux fixes sont disposés sous forme de rangées, orientées plein sud. A l'inverse, les trackers permettent aux panneaux de s'orienter, en suivant le déplacement du soleil. Les trackers peuvent s'orienter soit selon un axe unique (horizontal), soit selon 2 axes (vertical et horizontal).

L'utilisation de trackers peut permettre d'augmenter la production électrique de 30 % environ (20% sur un axe et 40% sur deux axes).



Figure 18 : panneaux photovoltaïques fixes



Figure 19 : Tracker 1 axe (à gauche) et 2 axes (à droite)

Le tableau suivant présente les avantages de chacune des 2 techniques.

Tableau 14 : Comparatif des technologies avec et sans trackers

Le photovoltaïque sans tracker	Le photovoltaïque avec tracker
--------------------------------	--------------------------------

Coûts plus faibles aussi bien en production qu'en exploitation (moins de maintenance) Le fonctionnement de ces panneaux ne nécessite pas d'énergie, contrairement aux trackers ou un moteur est nécessaire pour orienter les panneaux (avec une consommation faible)	Rendement supérieur de 30 % environ (surtout pour les trackers 2 axes)
Imperméabilisation du sol plus faible (panneaux en général fixés à l'aide de pieux, alors que les trackers demandent en général des embases béton)	Surface continue de panneaux moins importante (facilite le ruissellement des eaux pluviales)
Hauteur beaucoup plus faible des panneaux d'où un impact paysager plus réduit	Hauteur plus importante, d'où une utilisation des sols sous les panneaux plus importante
Technologie la plus couramment employée	Technologie plutôt employée dans des régions très ensoleillées pour compenser les coûts de production
Mise en place facile des panneaux et démantèlement aisé	S'adapte plus facilement aux différences de relief

Dans la suite de notre étude, nous effectuerons, pour la partie impact un comparatif entre les technologies avec et sans tracker, sans différencier les types de cellules. Ainsi, le CPV sera intégré dans la variante « avec tracker ».

Le solaire à concentration (CSP)

On distingue 4 technologies dans le solaire à concentration, qui se distinguent principalement par leurs types de capteurs.

Deux familles de capteurs, les **concentrateurs ponctuels** (comprenant les tours solaires et les capteurs paraboliques), concentrent la chaleur en un point, ce qui permet d'obtenir des **températures élevées** et donc de bons rendements thermodynamiques. Afin d'assurer la continuité de son fonctionnement, les capteurs de ce type doivent se déplacer **selon deux axes**, ce qui leur permet de suivre le mouvement du soleil.

Pour les deux autres familles de capteurs, la concentration du rayonnement solaire ne se fait plus en un point unique mais sur une ligne. Les flux et **températures sont donc plus faibles** que pour les concentrateurs ponctuels. Pour les **concentrateurs linéaires** (cylindro-paraboliques ou miroirs de Fresnel), le mouvement du capteur ne se fait plus que **selon un seul axe**.

Suite à l'étude d'impact sommaire sur l'environnement réalisée par BURGEAP / PHENIXA (rapport daté du 1<sup>er</sup> juillet 2010), la MASEN a retenu deux des quatre technologies présentées ci-dessus : **la tour solaire et les capteurs cylindro-paraboliques**. Les autres, pas encore en exploitation à grande échelle, ne bénéficie pas de retour d'expérience suffisant pour le projet d'Ouarzazate.

2.6.2.3 Principe de fonctionnement

La **technologie des miroirs cylindro-paraboliques** est la plus ancienne. Depuis ses débuts commerciaux dans le désert Mojave en 1985, le cylindro-parabolique a produit davantage de wattheures que toutes les autres technologies solaires combinées (hors PV). Comme son nom le laisse entendre, la structure utilise des miroirs courbes pour concentrer la lumière du soleil sur un tube rempli d'un fluide.



L'alignement d'environ 3 mètres sur 100 utilise des mécanismes qui suivent la lumière du matin au soir pour que l'incidence des rayons du soleil sur le capteur soit perpendiculaire à tout moment. Un liquide collecte l'énergie thermique et la transporte au « bloc usine» où elle est convertie en vapeur, puis en électricité par l'entremise d'une turbine.

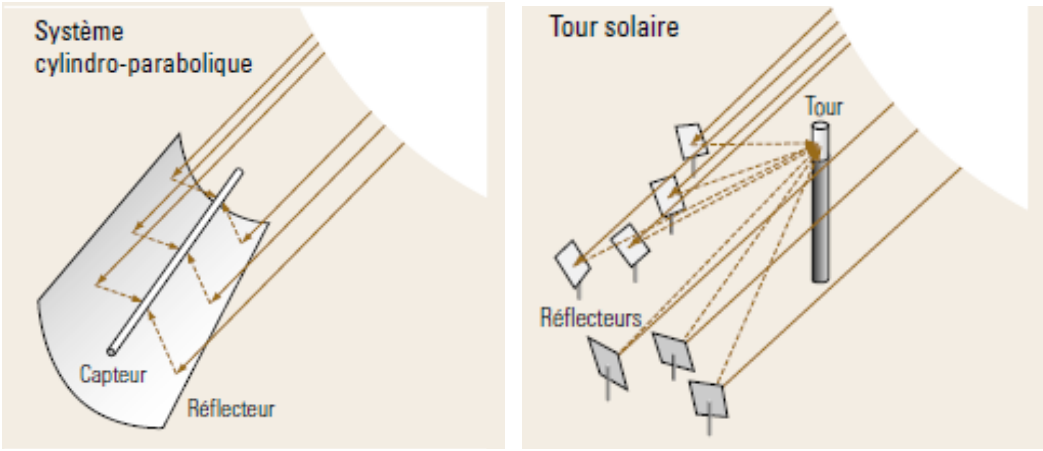
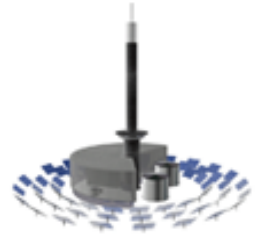



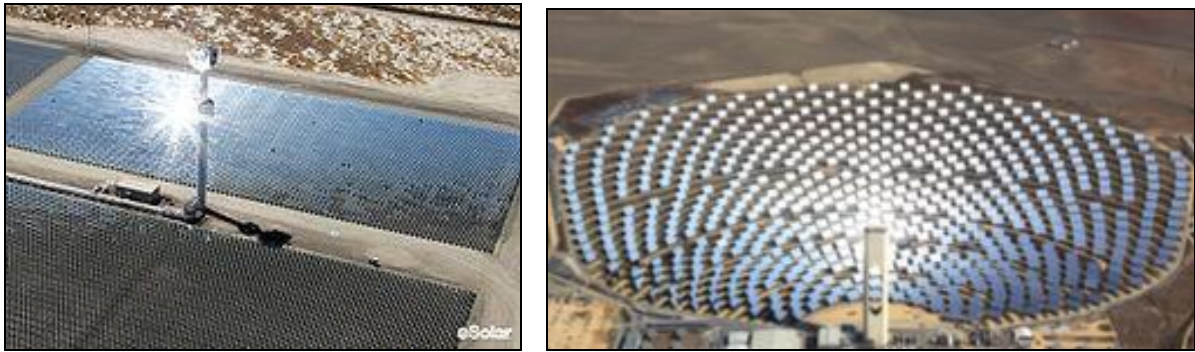
Figure 20 : Schémas de fonctionnement des 2 technologies CSP retenues  
Source : WorldWatch Institute

**Les centrales solaires à tour** sont considérées comme hautement prometteuses bien qu'elles souffrent d'une moins longue expérience que la technologie des miroirs cylindro-paraboliques. Une tour de 40 étages soutient un capteur dominé par un champ équipé de centaines de miroirs héliostats (miroirs orienteurs), qui suivent chacun le soleil. Comme pour les miroirs cylindro-paraboliques, un liquide transporte l'énergie vers la centrale énergétique. La tour solaire nécessite moins de tuyaux sur le terrain, mais elle souffre du grand nombre d'héliostats équipés de suiveurs complexes à deux axes. Les tours solaires sont entrées dans le domaine commercial en avril 2007 avec le lancement de la centrale Abengoa de 10 mégawatts, PS10, à Sanlúcar près de Séville en Espagne.

2.6.2.4 Avantages et inconvénients liés à chaque technique

Tableau 15 : Avantages et inconvénients des tours solaires et des capteurs cylindro-paraboliques

	La tour solaire « Tower »	Les capteurs cylindro-paraboliques « Trough »
		
AVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"><li>• Stockage à haute température</li><li>• Pertes à l'ambiance inférieures aux collecteurs linéaires (surface exposée limitée)</li><li>• Technique éprouvée commercialement : 30 MW en production actuellement (hors projets en construction)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Technique la plus éprouvée : production commerciale depuis les années 80 ; plus de 400 MW en production actuellement (hors projets en construction)</li><li>• Modularité</li></ul>
INCONVENIENTS	<ul style="list-style-type: none"><li>• Impact paysager d'une tour de plusieurs dizaines de mètres de hauteur (jusqu'à 150 m actuellement)</li><li>• Utilisation de sels fondus (mélanges binaires ou ternaires de nitrate ou nitrite) comme fluide caloporteur : solides à température ambiante et figeant à environ 200°C, ils nécessitent une fusion initiale et un maintien en température durant toute la vie de la centrale. De plus, leur classification comme non-dangereux peut être mise en doute.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• LEC (Levelized Electricity Cost) le plus important des CSP : coût lié à la forme du verre et à la structure devant être munie d'extrémités assurant la compatibilité entre les dilatations thermiques inégales de l'acier et du verre</li><li>• Importantes contraintes mécaniques liées au vent<sup>4</sup></li><li>• Utilisation d'huiles thermiques comme fluide caloporteur (risques pour l'environnement et la sécurité dus à leur inflammabilité et leur toxicité, et limitation de la température de travail à environ 400°C induisant une vapeur de moins bonne qualité)</li></ul>



Figures 21 : Exemples de centrales à tour solaire : Sierra SunTower, Lancaster – Etats-Unis (à gauche) et PS10 – Espagne (à droite)

<sup>4</sup> Par exemple, la centrale Andasol en Espagne fonctionne normalement jusqu'à des vitesses de vent atteignant 13,6 m/s (environ 49 km/h). La production doit être arrêtée pour des vitesses supérieures à 20 m/s (environ 72 km/h).

(Sources : ESolar et Abengoa Solar)



Figures 22 : Exemple de centrales à capteurs cylindro-paraboliques : Andasol 1 – Espagne (à gauche) et Solar Electric Generating Station VI – Etats-Unis (à droite)

Source : SolarPaces

2.7 Equipements et utilités associés

2.7.1 Le stockage thermique

La valeur des systèmes CSP augmente si un **stockage thermique** leur est attaché, ce qui permet d’adapter la production d’électricité au plus près des pics de demandes, soit en fin d’après-midi. Le concept est simple : utiliser l’énergie pour chauffer un produit (p. ex. des sels fondus) durant la journée, puis récupérer l’énergie de la chaleur pour continuer à faire fonctionner les générateurs après le coucher du soleil. Dans une étude en 2006, la firme de consultants Black and Veatch a estimé que l’ajout de 6 heures de stockage n’accroît le coût de l’électricité que de 2 %<sup>5</sup>.

**Cependant, le stockage par sels fondus nécessite de conserver en permanence le stockage à très haute température ;** en effet, une température supérieure à 120°C est requise pour empêcher la solidification des sels. L’isolation doit donc être particulièrement soignée et de la puissance est consommée pour ce maintien à haute température. A Ouarzazate, les températures élevées sont plutôt propices, mais des problèmes pourraient intervenir avec le refroidissement nocturne.

Le stockage se fera au moyen de sels fondus. **Les sels fondus sont un mélange de 60% de nitrate de sodium (NaNO<sub>3</sub>) et de 40% de nitrate de potassium (KNO<sub>3</sub>).** Le tableau suivant montre les volumes de chaque produit nécessaires. Ce sont des volumes à mettre en place initialement il n’y a pas de consommation d’appoint.

Les données pour une unité de capacité de 125 MW ont été fournies par la MASEN ; elles dépendent de la durée de stockage prévue.

Tableau 16 : Volumes de sels fondus nécessaire au projet

Technologie	Matériaux	Quantité pour 125 MW (tonnes)	Quantité pour 500 MW (tonnes)
Cylindro-parabolique (3 heures de stockage)	NaNO <sub>3</sub>	18 000	72 000
	KNO <sub>3</sub>	12 000	48 000

<sup>5</sup> Les informations contenues dans cette page sont tirées de l’article « L’abcédaire des CSP » de J. Thomas McKinnon, paru dans le magazine « L’état de la Planète » n°31 de mai/juin 2008.

Tour (6 heures de stockage)	NaNO <sub>3</sub>	12 000	48 000
	KNO <sub>3</sub>	8 000	32 000

Les phases de risque associées à ces produits sont les suivantes :

Nitrate de sodium :

- Nocif en cas d'ingestion.
- Favorise l'inflammation des matières combustibles

Nitrate de potassium :

- Favorise l'inflammation des matières combustibles

Ces produits ne sont pas référencés comme dangereux pour l’environnement. De plus, à température ambiante, les sels sont solides.

Il n’est pas prévu d’appoint pour ces produits. Une fois mis en place ils ne se dégradent pas.

2.7.2 L’huile synthétique

**Dans le cas du choix de la technologie des centrales cylindro-paraboliques, le fluide caloporteur utilisé sera de l’huile synthétique.** Un volume de 4 200 m<sup>3</sup> est nécessaire pour une centrale de 125 MW (donnée MASEN), soit **16 800 m<sup>3</sup>** pour 500 MW.

Le type d’huile synthétique sera à proposer par les développeurs du projet. D’après la fiche de données de sécurité d’une huile communément utilisée dans les centrales cylindro-paraboliques en fonctionnement, composée à 73,5% d’oxyde de biphenyl et à 26,5% de biphenyl (appelée Therminol), les risques associés sont les suivants :

- Nocif
- Dangereux pour l'environnement
- Nocif par inhalation.
- Irritant pour les yeux, les voies respiratoires et la peau.
- Toxique pour les organismes aquatiques, peut entraîner des effets néfastes à long terme pour l'environnement aquatique.

Le point de cristallisation de cette huile est à 12°C, la densité de 1068 kg/m<sup>3</sup>, la solubilité est de 25mg/l. Selon les données sécurité, ce produit est biodégradable.

Les risques liés à la présence d’huile synthétique proviennent des fuites éventuelles pouvant avoir lieu au moment de la mise en charge des circuits et lors de l’exploitation au niveau des pompes et des zones de raccords des éléments de circuit. Les pollutions engendrées sont ponctuelles au niveau des sols.

2.7.3 Les besoins en combustible fossile

A l’heure actuelle, toutes les centrales CSP (sauf les paraboles) existantes nécessitent une énergie pour pallier au manque de ressource solaire lors des épisodes de faibles rayonnements (la nuit par exemple) ou pour augmenter la production lors des pics de consommation soit en :

- Augmentant la chaleur de la vapeur produite (exemple de la centrale SEGS I),
- Ou en produisant de la vapeur lorsque la ressource solaire est insuffisante (cas des centrales SEGS II-VII),
- Ou en chauffant l’huile en parallèle du champ solaire lorsque la radiation est insuffisante (cas des centrales VIII-IX).

Pour la centrale solaire d'Ouarzazate, cette énergie complémentaire sera fournie par un combustible fossile (Fuel à teneur en soufre inférieure ou égale à 50 ppm, ou gaz).

- Pour maintenir le système de conversion de la chaleur en activité, et notamment la turbine, qui doit tourner en permanence, lorsque la ressource solaire est insuffisante et que le stockage thermique est vide (en effet, pour des raisons économiques, aucun stockage supérieur à 8h n'a pu être construit)
- Pour conserver le sel fondu à haute température afin de le maintenir liquide (solidification à 110°C)
- Pour maintenir la température de l'huile au-dessus de sa température minimale de travail (12°C pour l'huile synthétique) et pour alimenter durant la nuit les pompes permettant d'assurer la circulation de l'huile dans les circuits

**Dans le cas du choix d'une technologie CSP, le fioul ou le gaz seront donc choisis comme source d'appoint. Une alimentation et un stockage devront être prévus. Les besoins en fuel sont estimés à environ 16 T/jour pour une puissance de 500 MW.**

2.7.4 Les besoins et l'alimentation en eau

Dans le cas d'un parc photovoltaïque, aucun besoin de refroidissement n'est nécessaire. En revanche, c'est le cas pour les autres centrales solaires. Du fait de contraintes thermodynamiques, une partie seulement de l'énergie de la chaleur peut être convertie en électricité ; la plus grande part doit être rejetée dans l'environnement par l'entremise d'un processus de refroidissement. Celui-ci peut se faire soit à sec au moyen d'aérocondenseurs, soit par voie humide grâce à des tours de refroidissement, très consommatrices d'eau.

De plus, l'eau consommée peut difficilement être utilisée en circuit fermé, en raison de la nécessité de la refroidir de façon importante (coût et bilan énergétique négatif).

La technologie du refroidissement sec (à l'air) disponible aujourd'hui conduit à un kWh au coût plus élevé (les ventilateurs utilisés pour le système de refroidissement consomment une partie de la production électrique de la centrale).

D'après les données fournies par la MASEN pour différentes puissances, les consommations moyennes annuelles en eau des différentes variantes ont été calculées pour une puissance de 500 MW.

Le tableau présente les résultats ci-dessous, selon le nombre d'heure de stockage thermique prévu.

**Tableau 17 : Consommation moyenne annuelle en eau des différentes technologies pour 500 MW**

Technologie	Type de refroidissement	Nombre d'heures de stockage	Consommation moyenne en Mm³/an
Cylindro-parabolique	Humide	0	4,48
		2,5	4,73
		3	5,24
		6	5,68
	Sec	0	0,76
		2,25	0,73
		2,75	0,8
		5,5	0,88

Tour solaire	Humide	6,8	5,72
	Sec	5,5	1,12
Photovoltaïque	Non applicable	Non applicable	Entre 14 400 et 20 400 m³ /an selon le type de cellules

Les consommations d'eau augmentent avec la durée de stockage d'énergie. **Dans le cas d'un refroidissement humide, elles seront comprises entre 4,48 et 5,68 millions de mètres cube annuelles. Elles seront bien moindres dans le cas d'un refroidissement sec : entre 730 000 et 880 000 m³/an.**

**Les technologies photovoltaïques requièrent de l'eau uniquement pour le nettoyage des panneaux solaires. Elles consomment environ 200 fois moins d'eau qu'une technologie thermo-solaire à refroidissement humide et 40 fois moins d'eau qu'un refroidissement sec.**

**Afin de subvenir aux besoins en eau du complexe solaire, une conduite d'adduction en eau sera créée en convention avec l'ONEP à partir du barrage de Mansour Eddabhi (situé à 4 km du projet) par prise d'eau flottante. Aucun forage ou alimentation en eau souterraine ne sera mis en place.**

Pour des raisons de sécurité du système de refroidissement, notons qu'un stockage d'eau sera prévu au niveau du site.

2.7.5 Le raccordement électrique

L'évacuation de l'énergie électrique produite par la centrale sera effectuée de la manière suivante :

- Construction d'un poste 225 kV sur le site (voir figure suivante), mise en place d'une ligne de rabatement sur une longueur de 4 kilomètre sur le poste actuel 225/60 KV d'Ouarzazate qui se trouve à proximité du complexe (4 km). Cette installation permettra d'évacuer l'électricité produite dès la mise en oeuvre de la première tranche de 125 MW.
- Rabattement vers la ligne 60 Kv du poste de Tinghir. Cette ligne en 60kV pourra être transporté du 225 kV sans modification
- Rabattement vers la ligne allant vers le poste de Tazart (en direction de Marrakech). Une ligne 60 kV est déjà existante. Elle sera soit remplacée soit, une ligne 225 kV sera construite en parallèle.



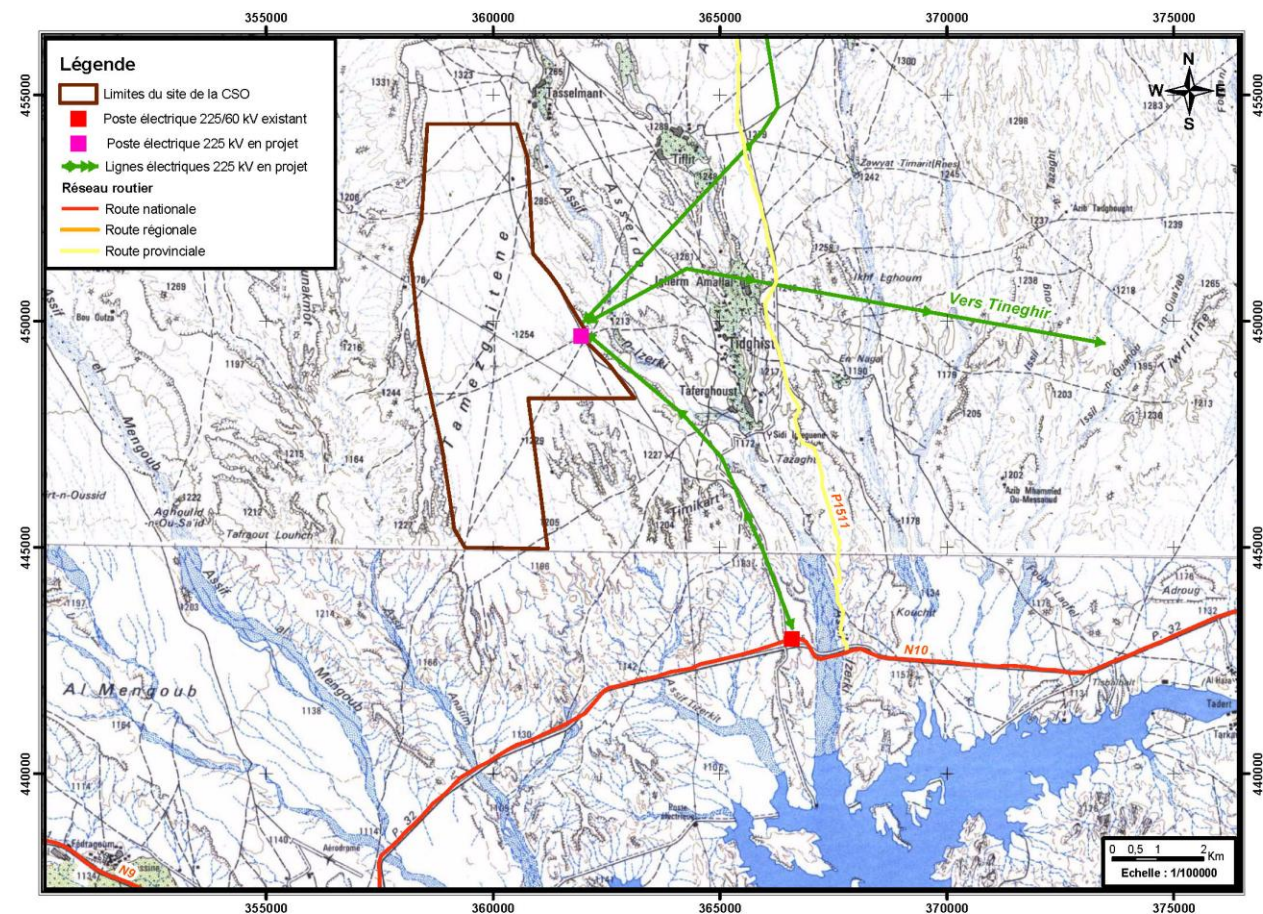


Figure 23 : Localisation du futur poste ONE 225kV au niveau du site et projection du couloir de la ligne de rabattement

De plus, notons qu'une ligne de 60 kV traverse actuellement le site. Cette dernière pourra éventuellement être déplacée dans le cadre du projet mais pourra également rester en place.

Les postes et les lignes seront pris en charge par l'ONE qui réalisera les études d'impact sur l'environnement nécessaires. L'ONE a une grande pratique de la mise en œuvre des évaluations environnementales en conformité avec les différents bailleurs de fonds.

### 2.7.6 Autres infrastructures et génie civil

Le site sera composé de différents ouvrages et bâtiments dont la nature peut varier selon les technologies utilisées :

- Bâtiments ou constructions provisoires à usage d'habitation pour les ouvriers lors de la construction (base vie),
- Bâtiments définitifs à usage administratif et technique,
- Ouvrages génie civil pour accueillir les blocs moteur (turbines),
- Ouvrage génie civil destiné à recevoir le bloc moteur,
- Ouvrages de stabilisation et de protection,
- Ouvrages de drainage et d'évacuation des eaux pluviales,
- Voiries au sein du site,

Déplacement de la piste d'accès au douar Tasselmante (sur une dizaine de kilomètres),  
Mise en place des réseaux Télécoms.

### 2.8 Montant investissement

Le montant de l'investissement du complexe solaire d'Ouarzazate est estimé à 28 milliards de dirhams.

### 2.9 Planning de réalisation

Le planning global de mise en œuvre du projet est présenté ci-dessous. Les développeurs ont été sélectionnés et le lancement des consultations pour la réalisation de la première tranche de 125 MW devrait avoir lieu au courant du 2ème trimestre 2011. Les travaux de début de construction de la centrale démarreront début 2012.

Les travaux d'infrastructures (Routes, lignes de raccordement, drainage des eaux pluviales, alimentation en eau devront démarrer dans le courant de l'année 2011).

	2011				2012				2013				2014				2015			
Trimestres	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Etudes techniques																				
Travaux d'infrastructures																				
Construction centrale																				
Démarrage exploitation																				
Exploitation capacité totale mars 2015																				

La mise en service de la première tranche de 125 MW est prévue pour début 2014, les 350 MW restant seront opérationnels début 2015 après le lancement d'autres appels d'offres.



### 3 Analyse de l'état initial de l'environnement

#### 3.1 Aire d'étude

L'aire d'étude globale comprend deux zones concentriques autour du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate. Ainsi, du centre vers la périphérie de cette zone, on distingue :

- Le site du projet ;
- Le périmètre rapproché ;
- Le périmètre éloigné.

Le **site du projet** est sis au-dessus d'un plateau triangulaire ouvert vers le Sud, surélevé par rapport aux vallées les bordant des deux limites orientale et occidentale.

Le **périmètre rapproché** correspond à une bande d'environ 1 km de part et d'autre du site d'implantation du projet. A l'intérieur de ce périmètre, une analyse fine du milieu doit être conduite. Cette analyse comprend notamment l'étude faune/flore/habitats et l'analyse des documents d'urbanisme. Cette zone correspond aux aires susceptibles d'être touchées par les travaux ou l'exploitation du parc (parcelles d'implantation des panneaux, miroirs, tours, ou autre élément selon la technologie retenue, et parcelles voisines, chemins d'accès, parcelles d'implantation des postes électriques, tracé du réseau de câblage enterré, aires de montage et d'assemblage des différents éléments relatifs à la technologie retenue).

Le **périmètre éloigné** correspond à la zone des impacts potentiels du projet à plus grande échelle. Dans le cadre de la présente étude d'impact environnemental et social, le périmètre éloigné de la zone d'étude correspondra essentiellement à l'aire des impacts paysagers. En effet, tout ou partie des habitants des douars avoisinants, seront affectés directement ou indirectement par le projet et l'emprise qu'il constituera à l'échelle locale. Dans cette aire éloignée ainsi définie, les éléments cités ci-après seront pris en considération :

- La ressource en eau, y compris les cours d'eau et la retenue du barrage Mansour Ed Dahbi ;
- Le sol ;
- La faune ;
- La flore ;
- Le bruit ;
- L'odeur ;
- La circulation ;
- Les principaux éléments socioéconomiques.

La délimitation finale correspond à la coalescence des zones d'influence de ces principaux éléments considérés.

Ainsi, **de point de vue topographique**, la zone d'étude correspond à un ensemble de plateaux souvent triangulaires morcelés par des cours d'eau.

**De point de vue hydrologique**, les principaux cours d'eau drainant le périmètre éloigné sont l'assif Izerki et son confluent l'assif N'Ougni à l'Est, l'assif Tizerkit au Sud et Wargouine à l'Ouest.

En effet, la limite orientale du site du projet borde en forme de falaise la rive droite d'Izerki, qui draine aussi le périmètre rapproché. A l'Est de la vallée de ce cours d'eau, un deuxième plateau triangulaire ouvert vers le Nord, est entaillé par l'assif N'Ougni.

Le site du projet est drainé par un réseau de chaabas et cours d'eau à sec, dont Issil Tfeig. Ce dernier coule vers le Sud Est en traversant les périmètres rapproché et éloigné.

Les eaux superficielles de ces cours d'eau sont mobilisées via un réseau de seguias, sur les deux rives. Par contre, le réseau de Khettaras, mobilisant les eaux souterraines locales n'est implanté que le long de la vallée de l'assif N'Ougni. Ces ouvrages sont essentiellement utilisés au niveau des douars Tiflite, Igherm Amellal, Tidghiste et Taferghouste.

La limite occidentale du même site est principalement entaillée par le cours d'eau Wargouine.

Les limites méridionale et occidentale correspondent aux réseaux de ravins liés aux confluent des principaux assifs Tizerkit et Wargouine, et autres alimentant la partie occidentale de la retenue du barrage Mansour Ed Dahbi (Issil Tfeig).

**De point de vue hydrogéologique**, le plateau support du site du projet est stérile. Toutefois, une nappe d'accompagnement de l'oued Izerki gîte localement dans les alluvions et limons quaternaires et emmagasine une eau saumâtre. Son sens d'écoulement général suit la direction NW-SE.

**De point de vue habitat**, les douars les plus proches au site du projet soient douars Tasselmante, Oum Romane et Essour, sont situés au Nord, en rive droite de la vallée d'Izerki. Plus au Nord de ces douars, deux autres localités sont à signaler : douars Iznaguene et Agouddim Izerki.

Le long de la partie orientale du site du projet du complexe, les douars inclus dans une bande de 5 km sont : Tiflite, Igherm Amellal, Tidghiste et Taferghouste.

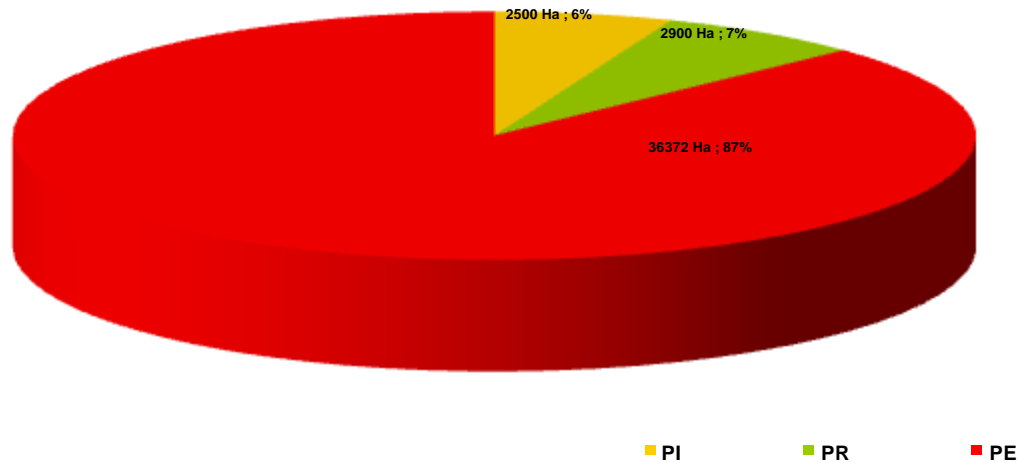
Au sein de l'aire globale de l'étude, seuls quelques habitats isolés du douar Tasselmante sont inclus dans le périmètre rapproché. Les huit autres douars sont répartis au sein du périmètre éloigné de cette même aire.

**De point de vue circulation**, les voies routières à inclure dans la zone d'étude sont : la piste reliant la RN<sup>6</sup>10 au site au douar Tasselmante dans le périmètre rapproché, la RN10 (en particulier le tronçon reliant Ouarzazate à Klaat M'Gouna) ainsi que la RP<sup>7</sup>1511 au sein du périmètre éloigné.

**De point de vue foncier**, le site du projet appartenait au groupement ethnique Ait Ougrrou Toundout, en particulier Ait Ougrrou Sud incluant les 9 douars : Tasselmante, Oum Romane, Essour, Iznaguene, Agouddim Izerki, Tiflite, Igherm Amellal, Tidghiste et Taferghouste. Ce terrain est maintenant acquis par MASEN. Il est limité au Sud Ouest par un terrain de titre foncier privé de l'Etat (T 11891/28) correspondant à un champ de tir militaire.

L'aire finale de l'étude considérée est représentée sur la figure n°4.

Les aires correspondantes aux différents éléments de la zone d'étude sont présentées sur la figure ci-dessous :



**Figure 24 : Représentation des différentes aires de la zone d'étude et superficie correspondante**

L'aire finale de la zone l'étude considérée est représentée sur la figure 4 ci-après.

<sup>6</sup> Route Nationale

<sup>7</sup> Route Provinciale



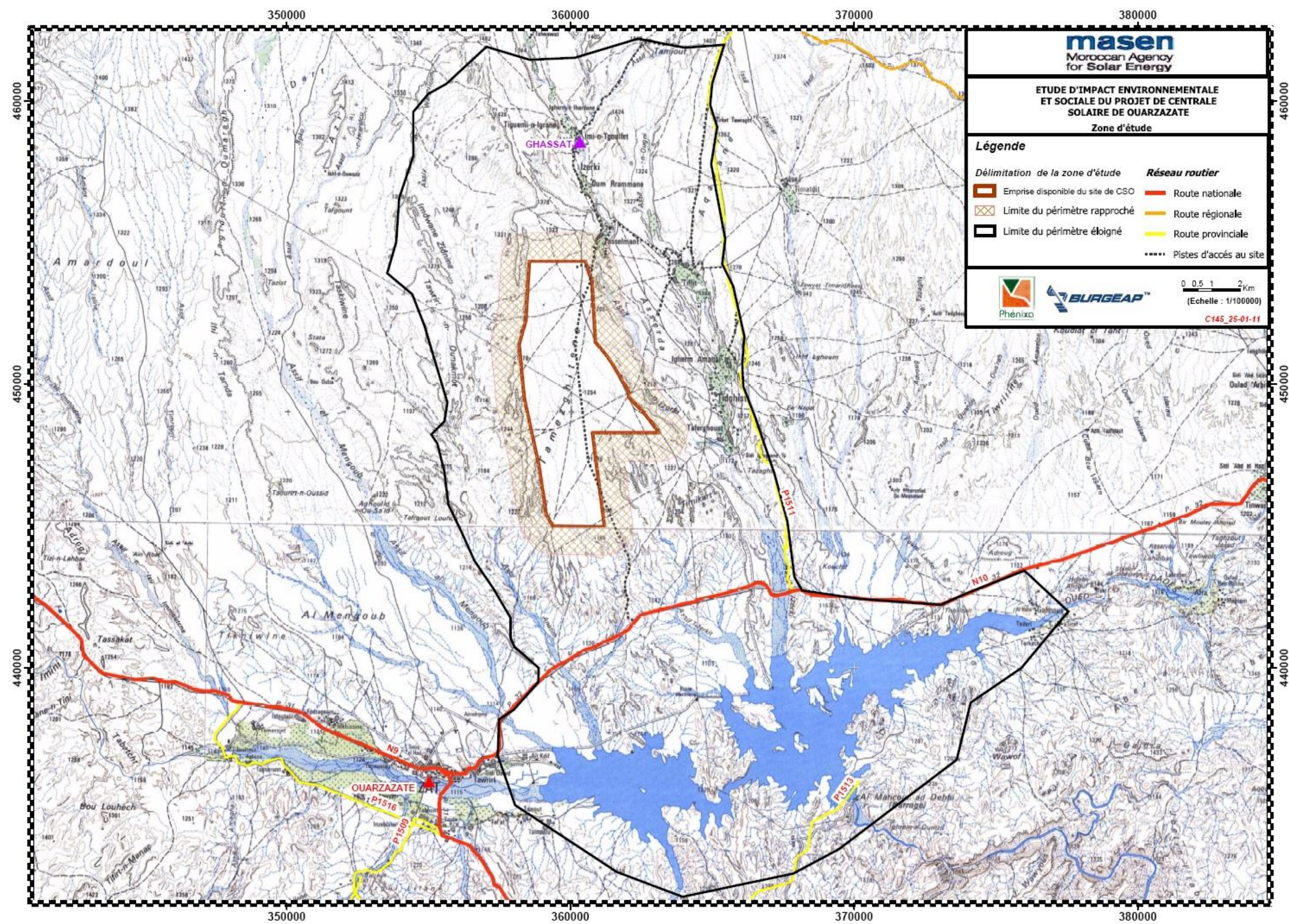


Figure 25 : Délimitation des périmètres d'étude



### 3.2 Situation géographique

Etendu sur une superficie totale 2 500 ha, le site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate est situé à environ 14 km au Nord Est de la ville d'Ouarzazate et 10 km au sud ouest de la commune rurale de Ghassate.

Ouarzazate est située au Sud Est du Maroc, au croisement des routes nationales RN9 reliant Marrakech à Zagora et la RN 10 reliant Taroudant à Errachidia (Cf. Figure n°2).

### 3.3 Situation hydrographique

La zone d'étude globale est située au Nord du bassin versant de l'oued Draa. Celui-ci, sis au Sud du Haut Atlas, draine des terrains hétérogènes sur une superficie totale de l'ordre de 100 000 Km<sup>2</sup> à l'océan atlantique. Il prend naissance à la confluence des oueds Ouarzazate et Dades à zaouiat N'Ourbaz (siège du barrage Mansour Ed Dahbi).

Considéré parmi les plus grands collecteurs des eaux du Haut Atlas central, le bassin versant de cet oued se subdivise en trois unités homogènes, qui sont de l'amont vers l'aval :

**Le Haut Draa :** Couvrant une superficie de l'ordre de 15 170 Km<sup>2</sup> à zaouiat N'Ourbaz. Il est issu des apports des principaux affluents : **Dades, Ouarzazate et N'Ait Douchen**, et se subdivise à son tour en trois sous-bassins qui sont :

- **Le sous - bassin versant de l'oued Dades :** Celui-ci prend naissance à partir des sources des calcaires jurassiques des jbel Assamer N'Ighil et Arahmon. L'alimentation de cet oued s'effectue principalement via les assifs suivants :
  - M'Goun ;
  - Skoura ;
  - Izerki ;
  - Imassine.
- **Le sous - bassin versant de l'oued Ouarzazate :** Cet oued draine le versant sud du Haut Atlas, avec ses principaux affluents :
  - Mellah ;
  - Imini ;
  - Iriri ;
  - Tidili.
- **Le sous - bassin versant de l'oued N'Ait Douchen :** Drainant le massif de Siroua et la boutonnière de Zenaga.

**Le Moyen Draa :** S'étend d'Agdez à M'Hamid, sur une superficie d'environ 9 000 Km<sup>2</sup>. Il s'agit en fait d'une succession de six palmeraies qui sont d'amont en aval : Mezguita, Tinzouline, Ternata, Fezouata, Ktaoua et M'Hamid.

**Le Bas Draa :** Ce dernier tronçon du bassin de Draa est alimenté par les oueds du versant sud du jbel Bani, en particulier l'oued Zguid. Son régime est indépendant de celui du Moyen Draa, sauf lors des grandes crues.

L'ensemble de la zone d'étude est sis au niveau du Haut Draa, en particulier au niveau du sous bassin versant de l'oued Dades à l'Ouest du cours d'eau Izerki.

Le périmètre rapproché de cette aire d'étude est drainé essentiellement à l'Est par l'oued Izerki. Le périmètre éloigné est drainé par les confluent de l'oued Izerki à l'Est dont l'assif N'Ougni, l'assif Tizerkit au Sud, l'assif Issil Tfeig au Sud Est et l'oued Wargouine à l'Ouest.

Le site du projet est drainé par un réseau de chaabas et cours d'eau à sec, dont Issil Tfeig. Ce dernier coule vers le Sud Est en traversant les périmètres rapproché et éloigné.

Cet ensemble de cours d'eau dessine ainsi un réseau hydrographique à chevelu moyennement dense.

### 3.4 Accès

L'accès au site du complexe solaire d'Ouarzazate se fait à partir de la piste desservant douar Tasselmante relevant de la commune rurale de Ghassate et partant de la RN10 en direction d'Errachidia.

Cette piste, non classée, non goudronnée et non entretenue traverse tout le site sur environ 10 km avant d'atteindre Tasselmante.

### 3.5 Occupation des sols

Sise au versant Sud du haut Atlas à une quinzaine de kilomètres au Nord Est de la ville d'Ouarzazate, la zone d'étude dans son ensemble est constituée essentiellement des éléments d'occupation des sols suivants :

Sols nus caillouteux dominants au niveau des plateaux, y compris le site d'implantation du projet ;

Espace de culture correspondant à de petites parcelles irriguées, essentiellement le long des vallées de l'oued Izerki et son principal confluent l'assif N'Ougni au niveau des périmètres rapproché et éloigné ;

Surface en eau, le long des cours d'eau, au niveau des périmètres rapproché et éloigné ;

Zone de Bâti correspondant à des habitats dispersés et/ ou groupés en douars au niveau des périmètres rapproché et éloigné.



**Photo 1 : Sol nu du site du complexe solaire d'Ouarzazate**



**Photo 2 : Oued Izerki traversant douar Tasselmente – Espace de culture en étage (Palmier et céréaliculture)**



**Photo 3 : Douar Oum Romane au niveau du périmètre éloigné de centrale solaire d'Ouarzazate**



**Photo 4 : Douar Tasselmente**



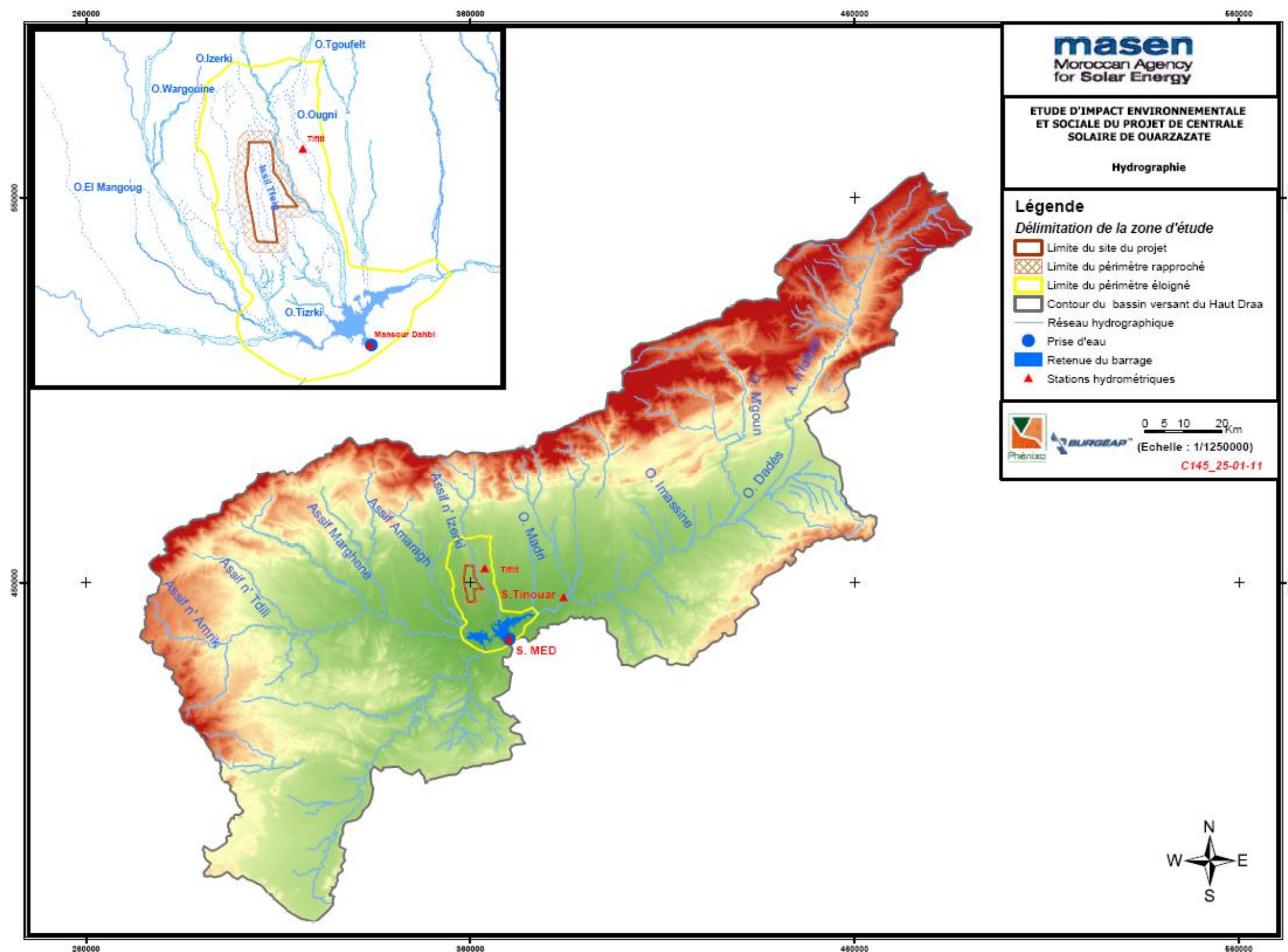


Figure 26 : Situation hydrographique



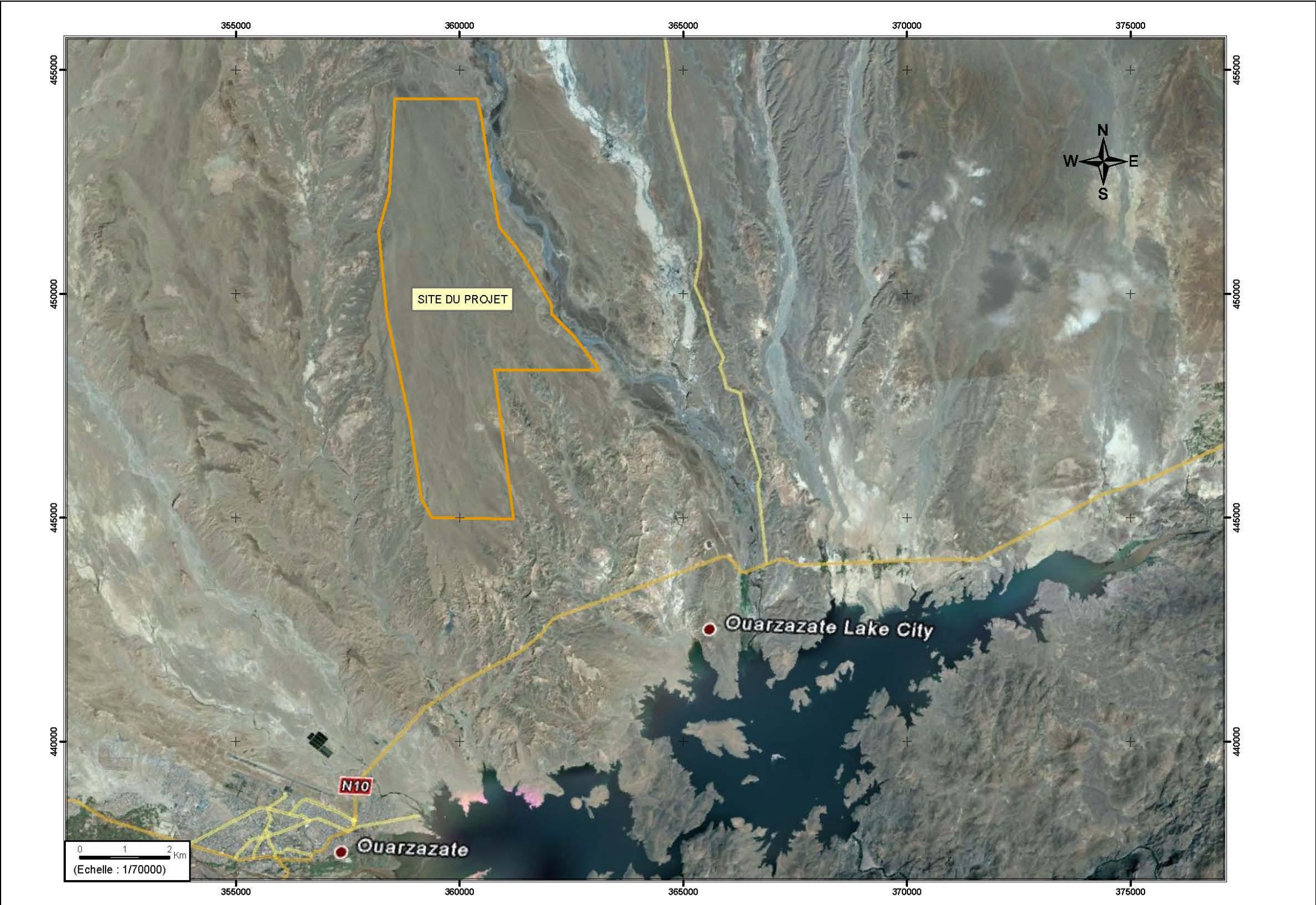


Figure 27 : Vue aérienne de la zone d'étude

## 3.6 Milieu physique

### 3.6.1 Morphologie et topographie

Dans son ensemble, le Haut Draa est subdivisé en trois zones bien distinctes :

**La bordure septentrionale, haut atlasique,** avec des altitudes atteignant les 4165 m ;

**La zone de dépression centrale,** avec des altitudes allant jusqu'à 1700 m ;

**La bordure méridionale, anti-atlasique,** avec des altitudes n'atteignant pas les 3000m.

La pente topographique décroît du Nord vers le Sud. La classe des pentes dominantes dans des valeurs comprises entre 0 et à 5%, au niveau de la zone de dépression centrale (figures 28 et 29).

L'ensemble de la zone d'étude est localisé à l'Est de la zone de dépression centrale. Les aires rapprochée et éloignée au site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate correspondent à des zones de plateaux morcelés par l'érosion, avec des altitudes fluctuant dans une fourchette de valeurs allant de 1100m à 1450m. Leur surélévation au-dessus des vallées des oueds qui les entaillent est de l'ordre de quelques dizaines de mètres.

Au niveau du plateau support du site du projet, la pente dominante y est douce ( $\leq 5\%$ ) ; elle décroît vers le Sud et est presque uniforme sur tout le plateau.

Dans sa majeure partie, le plateau est sillonné par des dépressions de faible profondeur issues de la partie septentrionale et deviennent plus profondes vers Sud. Ce réseau de dépressions assure le drainage naturel des eaux pluviales et leur acheminement vers les oueds bordiers sud (cas d'Issil Tfeig), est et ouest.

Les bordures du plateau correspondent à des unités de pente sur substrat hétérogène, du fait de l'érosion. Au Sud Est du site, de nombreuses falaises y sont tracées, des éboulis de grandes tailles sont basculés vers le bas. A l'Ouest et au Nord Est du site, des formations argileuses et gypseuses en pente sont fortement ravinées.



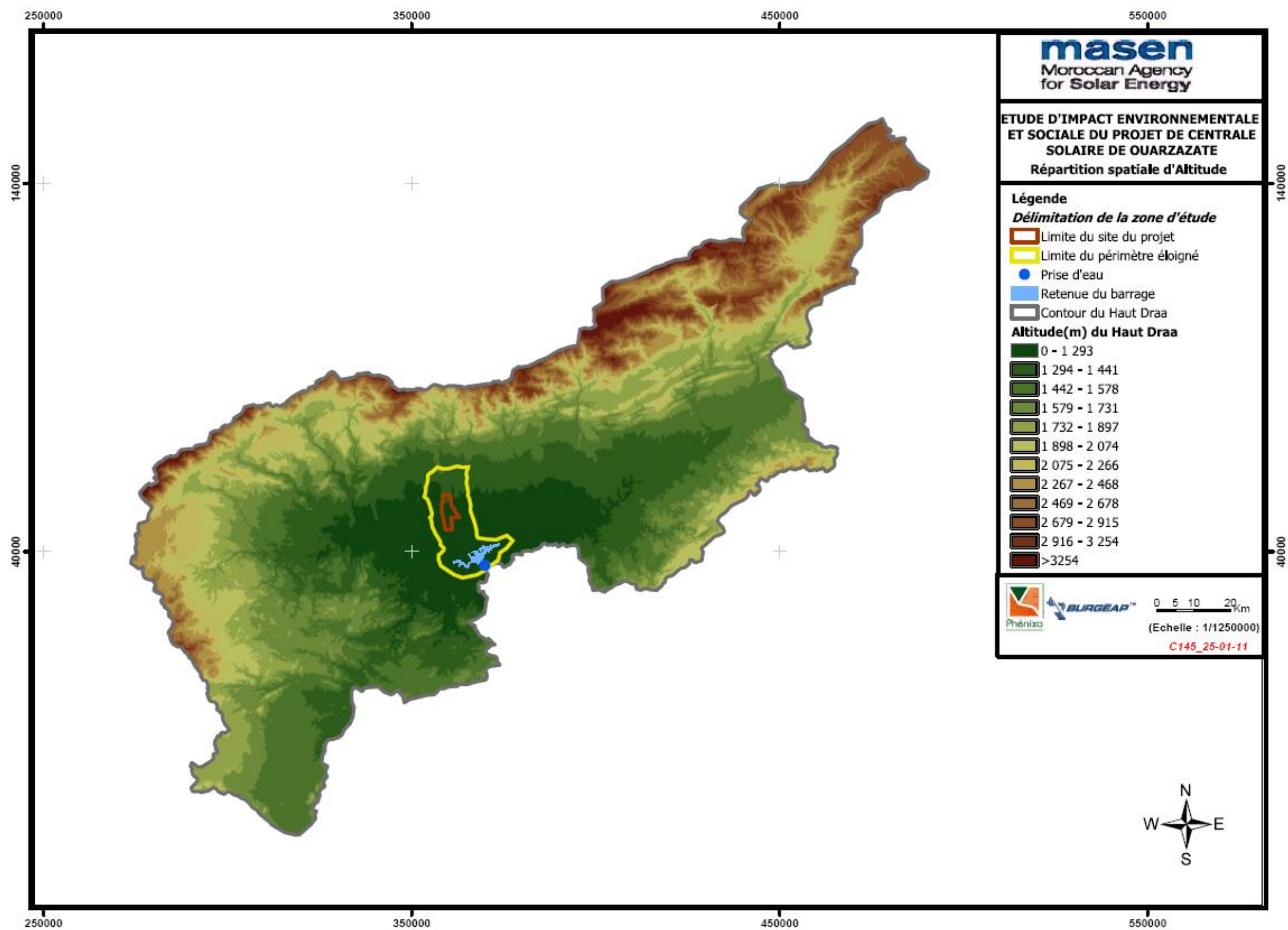


Figure 28 : Répartition spatiale de l'altitude



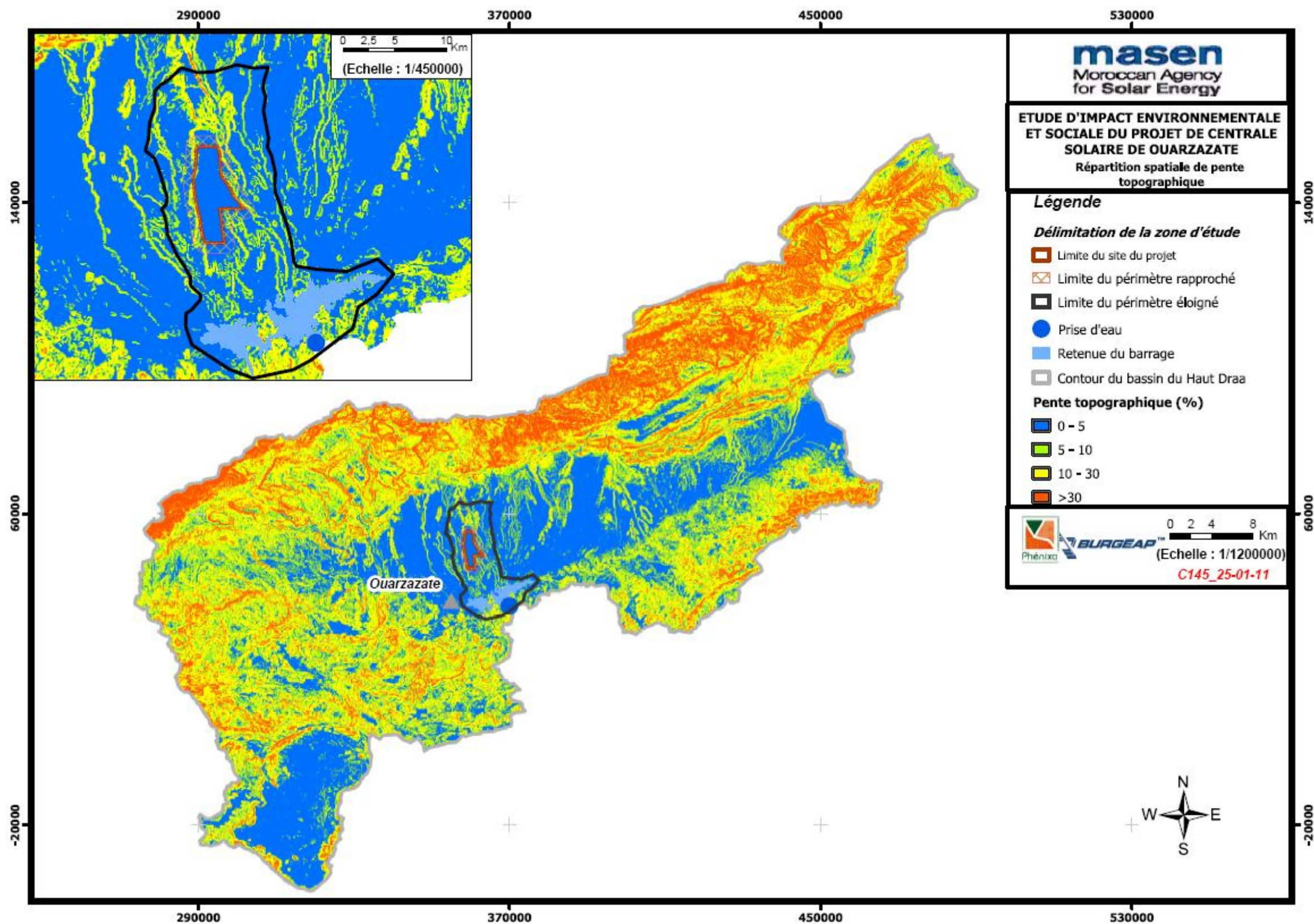


Figure 29 : Répartition spatiale de la pente topographique

3.6.2 Géophysique

3.6.2.1 Stratigraphie

Entre l'accident sud-atlasique et l'Anti-Atlas, les affleurements du sous bassin versant du Haut Draa, support de la zone d'étude sont représentés par des faciès post-liasiques qui vont du Crétacé inférieur au Quaternaire récent ; le remplissage sédimentaire s'étend du Trias au Quaternaire récent.

Dans la partie occidentale, de ce sous - bassin, l'oued Mellah, principal affluent de l'oued Ouarzazate, ainsi que de nombreux petits cours d'eau centraux, drainent des formations évaporitiques (souvent gypseuses) d'âge Crétacé et Eocène supérieur, responsables de l'augmentation de la salinité des eaux superficielles drainantes et l'individualisation des croûtes salies blanchâtres le long des lits de ces cours d'eau.

Au Sud, les formations anti atlasiques, sont représentées par des termes éruptifs métamorphiques et sédimentaires du Précambrien, à l'Est d'Ouarzazate formant ainsi le principal faciès du massif de Saghro. A L'Ouest d'Ouarzazate, un socle infracambrien et cambrien anti atlasique, affleure.

Le Nord Ouest du Haut Draa, au niveau du massif de Siroua, est couvert d'un plateau crétacé carbonaté.

Dans ce cadre géologique, le matériel stratigraphique dominant à l'affleurement est représenté par :

**Formations géologiques du Crétacé :** La série complète du Crétacé comprend quatre termes principaux :

- Des termes rouges gréseux, conglomératiques, souvent gypseux et lagunaires, qui peuvent représenter le Crétacé inférieur ou Infracénomanién ;
- Un horizon marno-gréseux et argileux où s'intercalent des niveaux de calcaires dolomitiques dans le Dadès -Todrha. Cet horizon est attribué au Cénomanién inférieur ;
- Des calcaires marins cénomano-turonien, à caractère néritique, formant des bancs épais souvent dolomitiques ;
- Des termes argilo-gréseux et lagunaires sénoniens, recouvrant les horizons crétacés.

**Les formations géologiques de l'Eocène :** Les formations tertiaires sont très puissantes. On y distingue trois horizons principaux :

- Eocène inférieur, phosphaté où l'on différencie plusieurs séries marines représentées par des grès coquilliers et des niveaux calcaires peu épais, séparés par des horizons marneux et des formations détritiques grossières ;
- Eocène moyen, débutant presque toujours par un épisode calcaire formé de plusieurs assises séparées par des niveaux marneux ;
- Eocène supérieur, laguno-continental rouge, essentiellement déritique. Des grès calcaires marneux et des marnes roses gypseuses alternent, dans une succession de bancs résistants et de petites combes évidées.

**Les formations géologiques du Néogène et du Villafranchien :**

Dans ces formations, le matériel pontico-Pliocène est continental et discordant sur les formations antérieures. La lithologie dominante est très variée ; elle varie des grès et marnes roses à des poudingues et conglomérats, passant accessoirement par des marnes et calcaires lacustres. Au Nord du bassin, ces formations recouvrent le Crétacé et se poursuivent au Sud sur les contreforts du Sarhro où elles sont discordantes sur le Précambrien. En général, les formations pontico-pliocènes se biseautent vers l'Est près de Tinerhir. Le Villafranchien, peu étendu, se rencontre sous forme de conglomérats et d'éboulis. Son rôle hydrogéologique est faible et localisé.

Au niveau des périmètres rapproché et éloigné du site du complexe solaire d'Ouarzazate, les formations géologiques dominantes et observées à l'affleurement correspondent aux alluvions récentes, surmontées de limons le long des vallées des cours d'eau.

Les plateaux morcelés correspondent à des terrains crétacés et éocènes qui s'énnoient sous un complexe déritique tertiaire et quaternaire.

**A une échelle locale, les sondages carottés SC1 à SC5 (Cf. Figure 38) de reconnaissance réalisés au niveau du site du complexe solaire d'Ouarzazate, pour le compte de l'ONE, sont en faveur de la coupe lithologique type suivante :**

Couche meuble superficielle, constituée d'une variété de limons sablo-graveleux, dont l'épaisseur peut atteindre 6,00 m ;

Couche sous-jacente alluvionnaire, qui n'a été rencontrée que dans le sondage SC4. Ces alluvions sont à matrice sableuse. L'épaisseur de cette couche est de 2,20 m ;

Formation de conglomérats polygéniques à passages non cimentés. Elle apparaît à partir d'une profondeur comprise entre 5,50 m et 8 m. Elle s'étend au-delà du fond des sondages, arrêtés à 10 m de profondeur.

D'autre part, les résultats de la reconnaissance géophysique (étude de la résistivité du sol, réalisée par l'ONE) ainsi que des observations in situ, on permi d'établir une coupe lithologique synthétique au seIn du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate :

Tableau 18 : Coupe lithologique synthèque du site du complexe solaire d'Ouarzazate

Horizon	Nature	Epaisseur et profondeur	Vitesse sismique de l'onde de cisaillement	Résistivités électriques
H1	Couches de couverture (conglomérats et alluvions cimentées)	7 à 10 m (7 à 10 m)	350 à 550 m/s	> 120 Ω.m
H2	Argile sableuse	8 à 16 m (10 à 25 m)	500 à 800 m/s	20 à 100 Ω.m
H3	Massif gréseux	20 m environ (15 à 45 m)	900 m/s	60 à 250 Ω.m
H4	Marne argileuse	- (34 à 50 m)	-	< 30 Ω.m

Comme précisé plus haut, le terrain est constitué essentiellement de matériaux détritiques plus ou moins grossiers (conglomérats et grès), comportant une intercalation de couches d'argile sableuse. L'ensemble de cette couverture est souligné par un substratum conducteur ( $\rho < 30 \text{ } \Omega.m$ ) de nature probablement marneuse situé entre 34 et 50 m de profondeur.

Les formations détritiques grossières et résistantes dominant au Nord et au Nord Ouest du site. Quant aux formations détritiques fines et les argiles sableuses, elles sont conductrices et occupent l'Est et le Sud Est du site.

Toutes ces formations détritiques sont globalement homogènes. Elles se poursuivent latéralement avec peu ou pas de variation de leurs faciès.



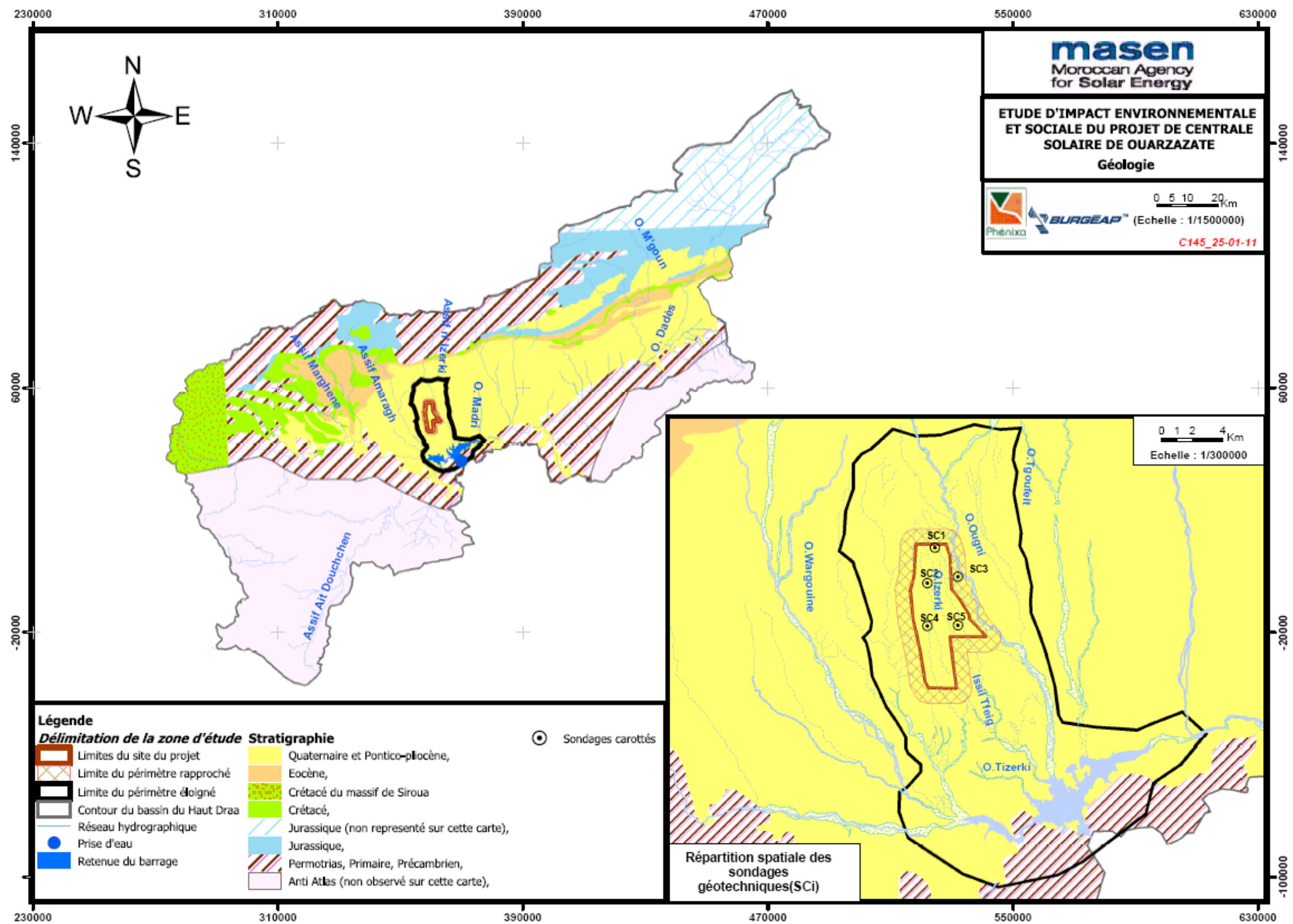


Figure 30 : Répartition spatiale des couches géologiques

### 3.6.2.2 Néotectonique et failles actives

#### 3.6.2.2.1 Tectonique autour du site

Le bassin d'Ouarzazate est un bassin sédimentaire à remplissage Plio-Quaternaire. Il consiste en dépôts intra-montagneux et d'épandages sur la surface du Miocène. Il est inséré entre les formations éocènes et crétacées au Nord ; et précambriennes au Sud.

D'après l'étude de l'aléa sismique par rapport au site du complexe solaire d'Ouarzazate (réalisée pour le compte de l'ONE), le site en question, est caractérisé par un environnement tectonique compressif. La cinématique autour du site correspond à la limite Mio-Pliocène. Il s'agit d'une compression dont la trajectoire est d'orientation SSE/NNW. La tendance de déformation correspond à un décrochement par rapport au massif atlasique au Nord. Il en a résulté des failles de deux types :

- Failles inverses à composantes chevauchantes ;
- Failles décrochantes.

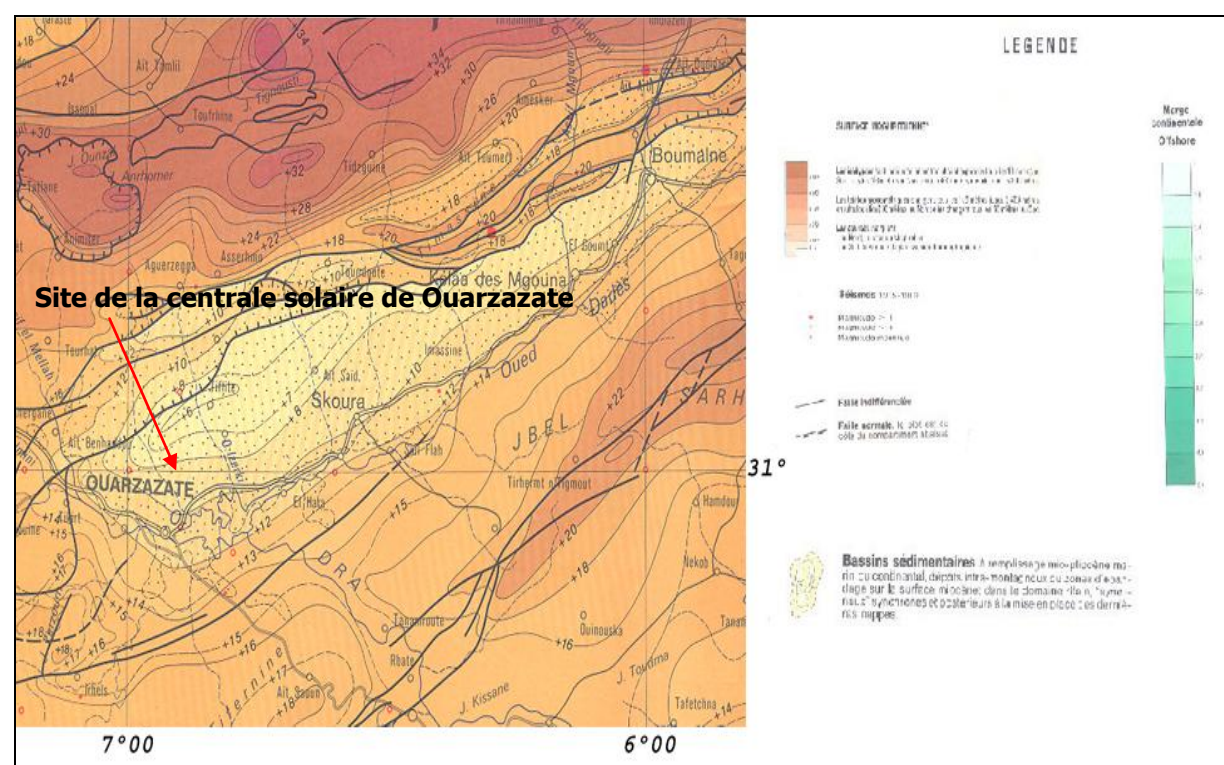


Figure 31 : Secteur néotectonique du projet, en bordure Sud du Haut Atlas

Le Haut Atlas fut le siège d'une intense compression au cours du cycle tectonique alpin. La figure ci-après représente le réseau des failles qui l'affecte et la répartition des foyers sismiques.

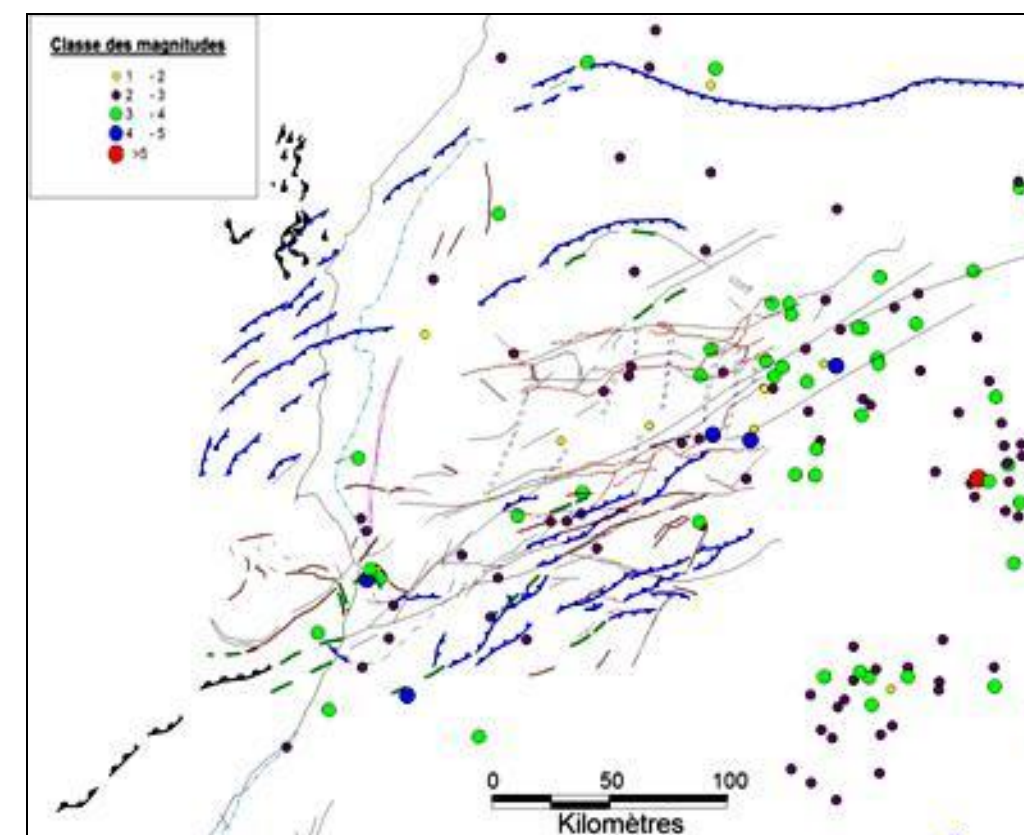


Figure 32 : Carte séismotectonique du Haut Atlas

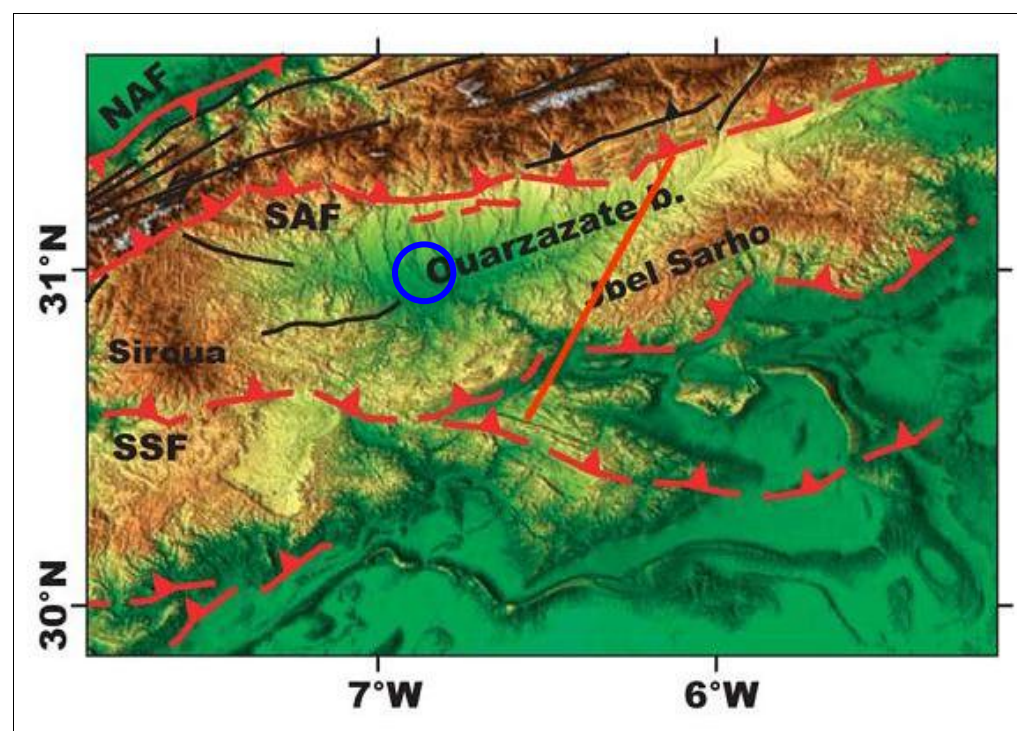
#### 3.6.2.2.2 Failles influençant le site

Le site du complexe solaire d'Ouarzazate est bordé par des structures tectoniques complexes, autour de la zone Toundout - Boumalène. Trois grands ensembles y sont distingués :

- Les unités décollées, en avant de la nappe de Toundout ;
- La nappe de Toundout elle-même et les duplex sous-jacents ;
- Le substratum soulignant la nappe de Toundout. Ce substratum est lui-même constitué des formations suivantes :

- Unité de Tinzar-Azda ;
- Unités de Iamtiq ;
- Unités du sillon Tamezrit-Megdaz.





**Figure 33 : Carte schématique des failles actives du bassin d'Ouarzazate**  
(En bleu : Emplacement du site du projet)

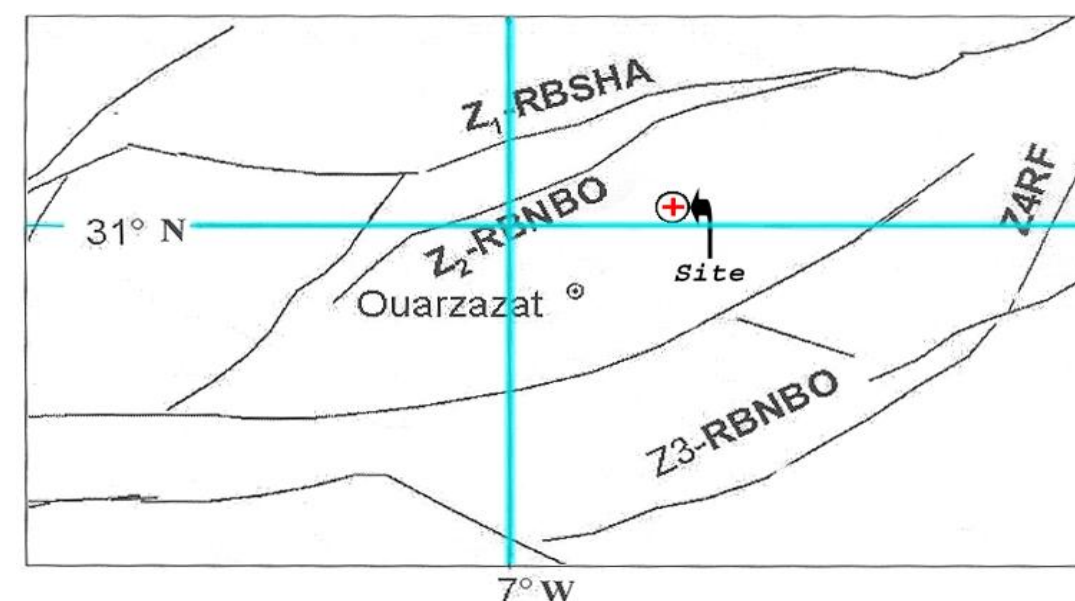
Le bassin d'Ouarzazate forme, entre les deux Atlas, un vaste synclinal dissymétrique. Quatre grands réseaux de failles l'affectent. On y distingue, en effet, successivement du Nord au Sud :

Réseau de failles ENE-WSW :

- Bordure Sud du Haut Atlas (Z<sub>1</sub>-RBSHA) : Ce réseau, qui longe la bordure Sud du Haut Atlas, présente plusieurs branches, avec un jeu en failles inverses à chevauchantes, responsables de la structuration du Haut Atlas au Néogène et au Quaternaire ;
- Bordure Nord du bassin d'Ouarzazate (Z<sub>2</sub>-RBNBO) : Ce réseau, qui longe la bordure Nord du bassin d'Ouarzazate, présente plusieurs branches avec un jeu en faille inverse à chevauchante intra-bassin, dont certaines sont aveugles. Elles affectent les formations détritiques récentes du bassin d'Ouarzazate ;
- Bordure Sud du bassin d'Ouarzazate (Z<sub>3</sub>-RBNBO) : Ce réseau longe la bordure sud du bassin d'Ouarzazate de la localité d'Anezal à Tagdilt.

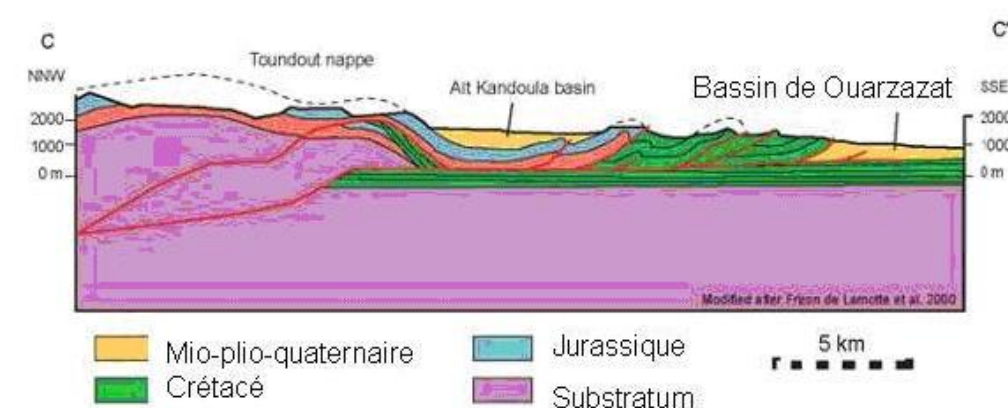
Réseau NNE-SSW (Z<sub>4</sub>RF).

C'est un réseau pluri kilométrique qui prend naissance au niveau d'Agdz. Il se prolonge au Nord dans le bassin d'Ouarzazate, vers Kelaâ des Mgouna et Boulmane.



**Figure 34 : Carte des principales failles à potentiel sismique dans la région d'Ouarzazate**

Ainsi, la bordure Sud du Haut Atlas est une zone faillée qui se traduit par des séries de failles importantes, parallèles à la chaîne ; par des plis en genoux et des flexures importantes ; parfois par des chevauchements du Lias de l'Atlas sur les sédiments plus récents du bassin. Le flanc Sud des synclinaux présente au contraire des pentes faibles vers la plaine, qui peuvent cependant cacher des accidents tectoniques importants. L'axe des synclinaux du bassin d'Ouarzazate est sans doute proche de l'accident atlasique. Il peut ainsi être relayé par une série de failles de style alpin, sous les remplissages de la dépression.



**Figure 35 : Coupe schématique de la bordure Sud du Haut Atlas**  
(Existence de failles inverses aveugles intrabassins)  
Coupe cc' de la figure 42 ci-dessus

### 3.6.3 Pédologie

A partir de la figure 37 issue de la digitalisation de l'esquisse préliminaire de la carte des sols du Maroc, les principaux sols développés sur le sous - bassin versant du Haut Draa sont partagés en douze classes, groupées en deux grandes catégories. Chaque classe représente un type ou une association de sols dominants. Ainsi :

Pour **les sols des plaines et plateaux**, les classes caractéristiques, représentent les sols suivants :

- **Classe 14** : Sols châtains et châtains clairs des espaces dénudés et érodés des Hauts plateaux avec horizon encroutés, développés principalement sur roches mésozoïques (du Crétacé et du Jurassique) portant *Stipa tenacissima* et *Artémisia Herba Alba* ;
- **Classe 15** : Sols châtains rouges, châtains clairs et les autres sols de la vallée de la Moulouya à horizon encrouté ou à concrétions de *bieloglazka* et *bielovatitza* sur dépôts d'aspect loessique, souvent durcis par cimentation, portant : *Stipa tenacissima*, *Artémisia Herba Alba*, etc. ;
- **Classe 17** : Sols sableux et pierreux désertiques rouges bruns, jaunes bruns et blanchâtres des espaces dénudés du Tertiaire et du Quaternaire, des bassins des oueds Draa, Douara et autres avec une végétation sahariennes raréfiée : *Anabasis aretiodes* – xerophytesépineux – *salsola vermiculata*, *Launaea arborescens*, *Haloxylon scoparium*, *Carthamus fruticosus*, *Acacia*, etc. ;
- **Classe 18** : Sols squelettiques, pierreux sur roches éruptives et paléozoïques des montagnes dénudées et désertiques de la zone transatlantique avec une végétation désertique très rare ;
- **Classe 21** : Sols gris-clairs (*sierozems*) des oasis sur dépôts d'aspect loessique des vallées des oueds et des dayas du désert ;

Pour **les sols des régions montagneuses de l'Atlas et de la Meseta**, les classes caractéristiques, représentent les sols suivants :

- **Classe 31** : Sols de montagnes forestiers podzolisés : sols rouges et sols de type latéritique de formations contemporaines ou anciennes, sur les versants sud de hautes montagnes et des vallées étroites et profondes. Sols rouges et sols bruns, légèrement lessivés ou carbonatés, souvent érodés squelettiques, du Paléozoïque ou d'origine éruptive, couverts de forêts sèches ;
- **Classe 32** : Sols forestiers de montagnes bruns rouges, sols châtains, en général érodés, squelettiques, entrecoupés de surfaces rocheuses du paléozoïques ou d'origine éruptive, couverts rarement de forêts clairsemées : *Argania spinosa*, *Callitris (Tetraclinis) articulata*, *Juniperus phoenicea* et autres avec *Euphorbia Echinus* (ce dernier près de la zone océanique) ;

- **Classe 33** : Sols forestiers de montagnes ; sols rouges, sols bruns et sols carbonatés érodés, squelettiques, entrecoupés de grandes surfaces rocheuses de calcaire mésozoïque et couverts de forêts sèches composés principalement de *Juniperus phoenicea* ;
- **Classe 34** : Podzols, sols bruns et rouges podzolisés, sols bruns des forêts de *Q.Ilex*, avec formations de Cypres, pins d'Alep et autres. Sols érodés et des espaces dénudés rocailloux, désertiques, sur roches paléozoïques et éruptives etc ;
- **Classe 35** : Sols podzoliques, sols rouges et bruns podzolisés, sols rouges, sols bruns et sols humifères- carbonatés de forêts *Q.Ilex*, Cèdres, etc. en association avec des sols érodés et des espaces dénudés désertiques avec sols dans les fissures de roches calcaires mésozoïques ;
- **Classe 38** : Sols de haute montagne : Podzols (rares), sols podzolisés et sols régénérés, portant des *Juniperus thurifera* (en voie de disparition) et, en associations variées, *Genêts*, *Pyrethrum*, *Artemisia*, sur « *terra rossa* » et sur roches calcaires mésozoïques, en association avec des espèces dénudées, rocailleuses, et désertiques ;
- **Classe 40** : Sols de hautes montagnes de prairies humifères, souvent acides parmi des espaces dénudés, rocheux et pierreux de désert montagneux avec végétation de genêts et autres xérophytes épineux sur roches calcaires mésozoïques.

Au niveau de la zone d'étude, les sols dominants appartiennent à la classe 14, soit des sols châtains et châtains clairs des espaces dénudés et érodés des Hauts plateaux avec horizons encroutés. Localement, sur les plateaux morcelés, s'étendent des sols bruns isohumiques calcaires à surface caillouteuse. Sur les lits des oueds, se sont développés des sols minéraux bruts d'apport à texture sableuse, et caillouteuse. Sur la majorité des basses terrasses, se forment des sols peu évolués, d'apports alluviaux moyennement profonds.

#### 3.6.4 Erosion du sol

D'après l'étude IMPETUS Atlas du Maroc établie en 2007, le bassin du Drâa est particulièrement vulnérable à l'érosion du sol en raison de la forte déclivité du terrain, du surpâturage, de la végétation clairsemée et de l'agressivité des précipitations. Cette érosion cause des effets indésirables pour le réservoir Mansour Eddahbi, tel que l'ensablement (causant également des problèmes pour l'agriculture irriguée en aval).

La figure ci-après présente une estimation du risque d'érosion dans la zone d'étude.

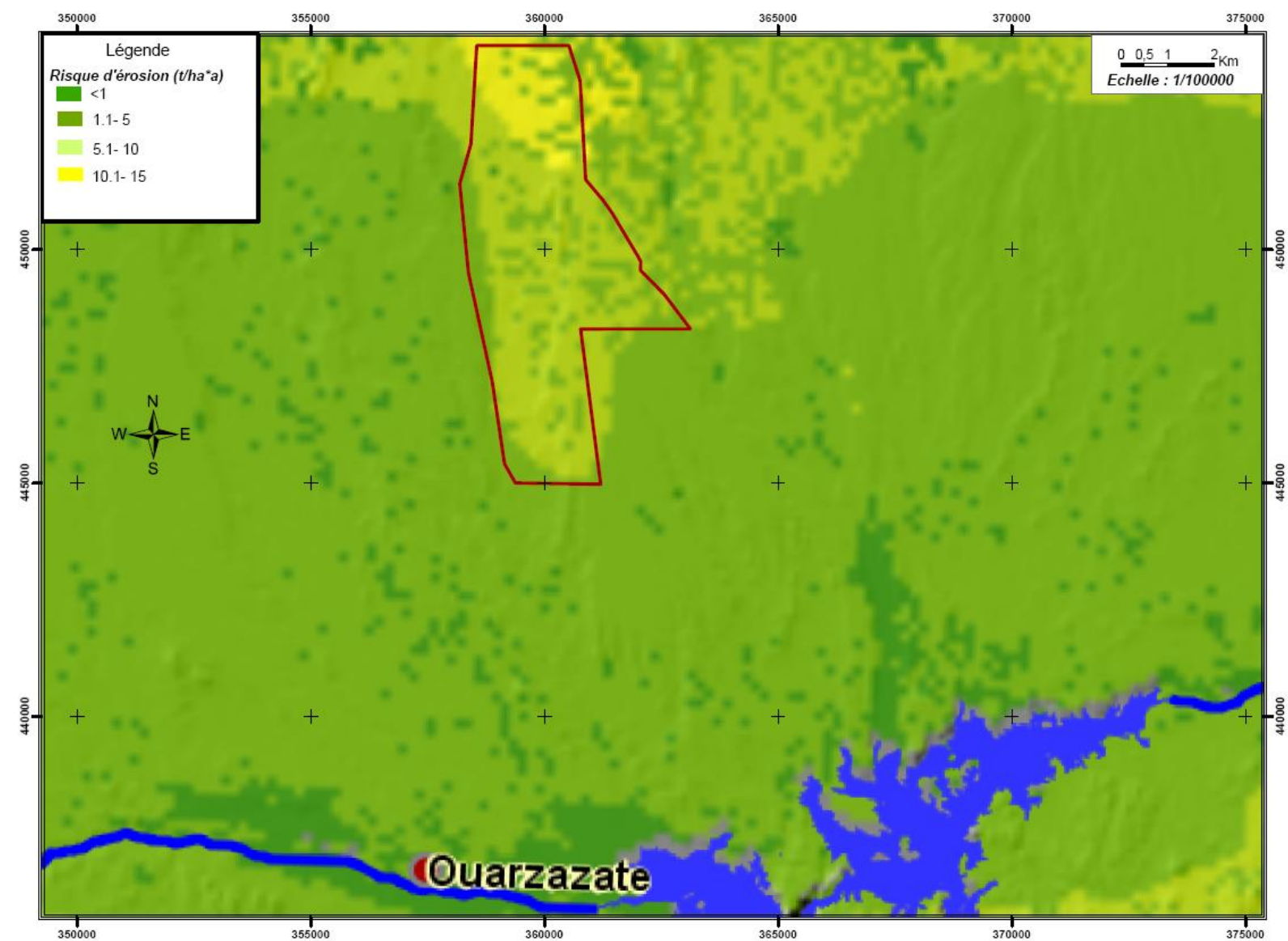


Figure 36 : Erosion du sol - Source : Etude IMPETUS Atlas du Maroc établi en 2007

Le site du projet se trouve ainsi au niveau d'une zone à fort risque d'érosion. En effet, le risque d'érosion est estimé dans la grande partie du site à des valeurs comprises entre 5 et 10 t/ha\*an à l'exception de la partie Nord du site où le risque d'érosion peut atteindre 15 t/ha\*an.



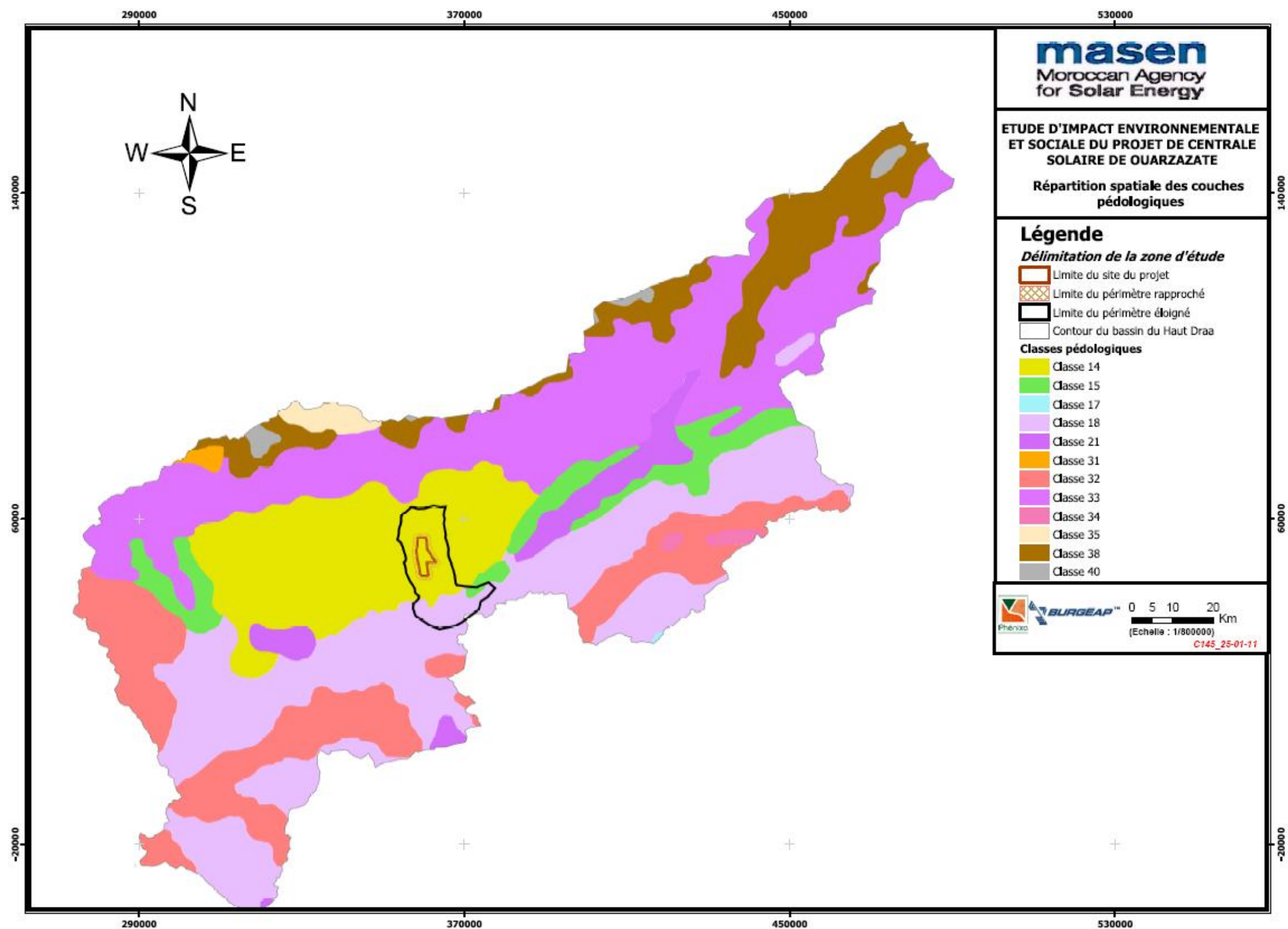


Figure 37 : Répartition spatiale des couches pédologiques



3.6.5 Climatologie

Pour l'étude climatologique, les données des stations Tinouar, Tiflité, Mansour Ed Dahbi et Ouarzazate ont été utilisées.  
La situation de ces stations par rapport au site du complexe solaire d'Ouarzazate est donnée dans le tableau ci-après :

Tableau 19 : Coordonnées des stations Tinouar, Tiflité et Mansour Ed Dahbi

Poste	Distance à vol d'oiseau Par rapport au site du complexe	Paramètre
Tinouar	20 km au Sud Est du site Altitude : 1136m	P (Annexe 2.1 - Tableau 1)
Tiflité	2.5 km à l'Est	P P (Annexe 2.1 - Tableau 2)
Mansour Ed Dahbi (MED)	12 km au Sud Est du site Altitude : 1052.40m	P, T, T Max absolue, T Min absolue, ETP, Hr P (Annexe 2.1 - Tableaux 3 à 6)
Ouarzazate	8 Km au Sud Ouest du site Altitude : 1136m	Vent (direction, vitesse et rose des vents), insolation, orage, neige, grêle, givre, pluviométrie quotidienne (Annexe 2.1 - Tableaux 7 à 12)

P : Pluviométrie ; T : Température ; Hr : Humidité relative de l'air ; ETP Colorado : Evaporation au bac Colorado.

3.6.5.1 Pluviométrie

Régime intra-annuel des pluies

Au niveau de l'ensemble de la zone d'étude, le régime annuel des précipitations est caractérisé par quatre saisons de durée inégale.  
L'été constitue une période de sécheresse quasi-absolue et qui peut durer de quatre à cinq mois, d'avril à août inclus. Puis s'en suivent deux périodes relativement humides séparées par une période hivernale demi-sèche, de janvier à février. La première période humide, s'étend de septembre à décembre et la seconde, de très courte durée se situe au mois de mars.  
L'automne et le printemps sont donc relativement humides, l'hiver est moins humide alors que l'été est très sec.  
La grande part de ces précipitations se condense dans la période d'automne. A l'intérieur de cette période, les pluies tombent en quelques jours à quelques heures seulement, ce qui témoigne d'une faible fréquence des pluies, de leur rapidité ainsi que de leur violence. Ces pluies sont souvent sous forme d'averses torrentielles.

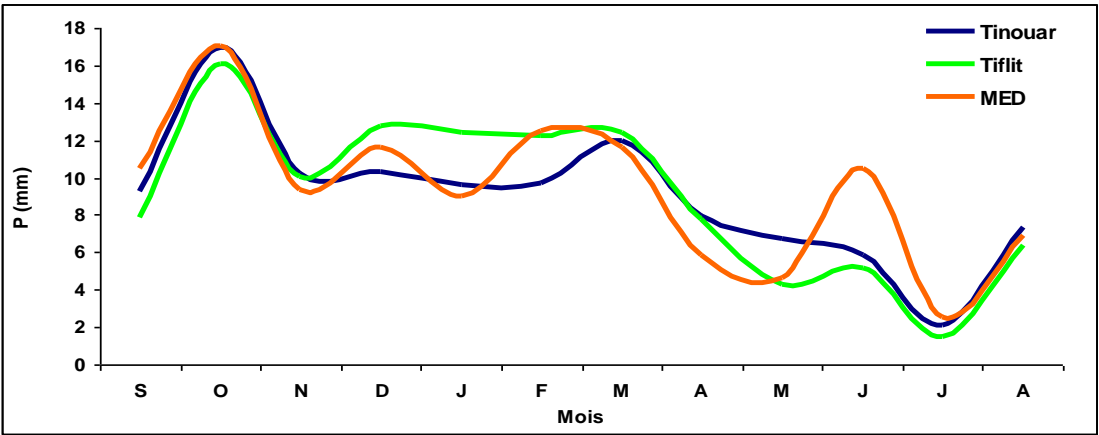


Figure 38 : Pluviométrie moyenne mensuelle - Période : 1975/76 - 2008/09

Régime interannuel des pluies

Au niveau de la zone d'étude, le régime pluviométrique est très irrégulier. A partir des représentations graphiques des figures ci-après, on remarque que des années sèches et des années humides se sont succédées.  
Au cours des années sèches (1983-1984) et (2000-2001), les précipitations moyennes annuelles ne dépassent pas 30mm. Pendant les années humides, la pluviosité enregistrée, a atteint les 268mm au niveau de la station Mansour Ed Dahbi.

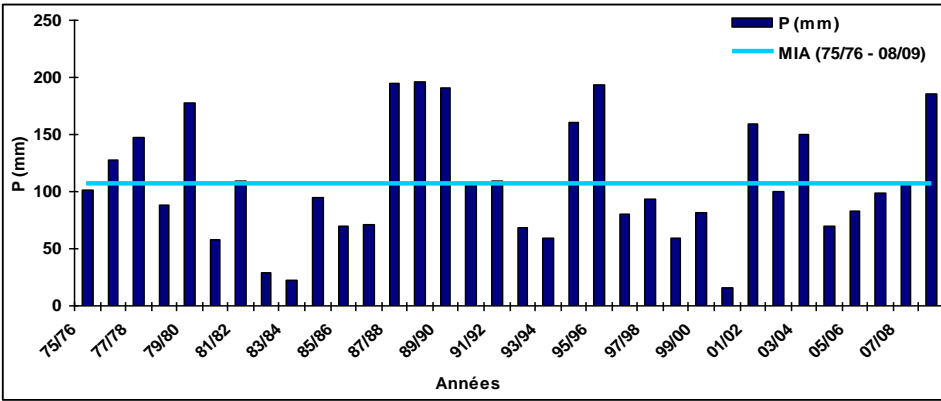


Figure 39 : Pluviométrie moyenne interannuelle (MIA) - 1975/76-2008/09 - Station Tinouar

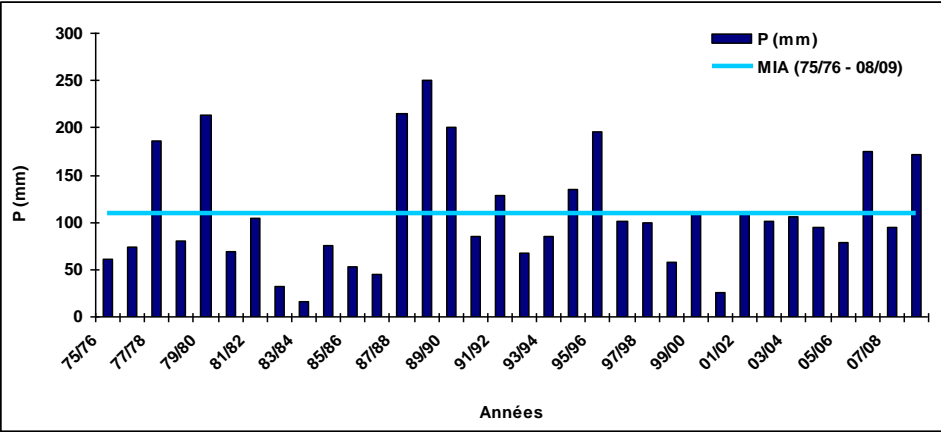


Figure 40 : Pluviométrie moyenne interannuelle - 1975/76-2008/09 - Station Tiflité

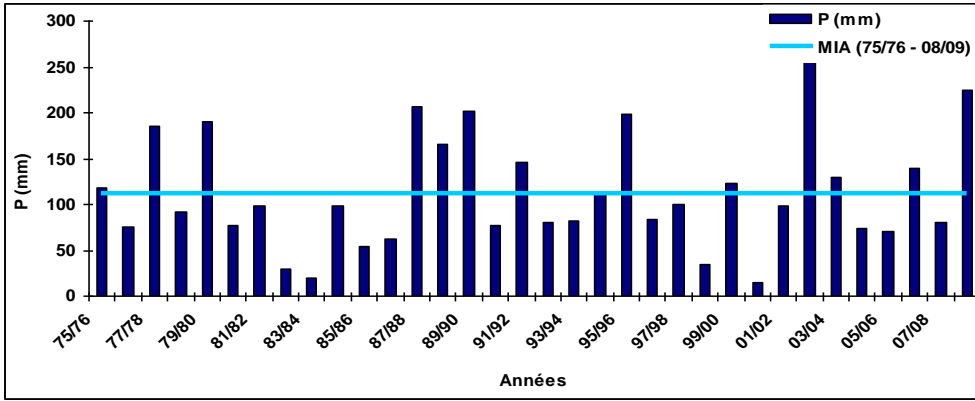


Figure 41 : Pluviométrie moyenne interannuelle - 1975/76-2008/09 - Station Mansour Ed Dahbi

Pour chaque station, la pluviométrie est très variable d'une année à l'autre figurant ainsi l'irrégularité du régime inter-annuel. Les coefficients de variation des précipitations moyennes, sont faibles à l'échelle annuelle. Alors qu'à l'échelle mensuelle, ils dépassent les 100% traduisant ainsi la constance du risque de sécheresse dans ces contrées (Tableaux 1, 2 et 3 en Annexe : 2.1 - Climatologie).

D'après les données climatologiques de la station d'Ouarzazate, pour une période allant de 2000 à 2009 :

- Le nombre de jours d'orage est de 2jours/an en moyenne, avec un maximum qui s'enregistre au mois d'août ;

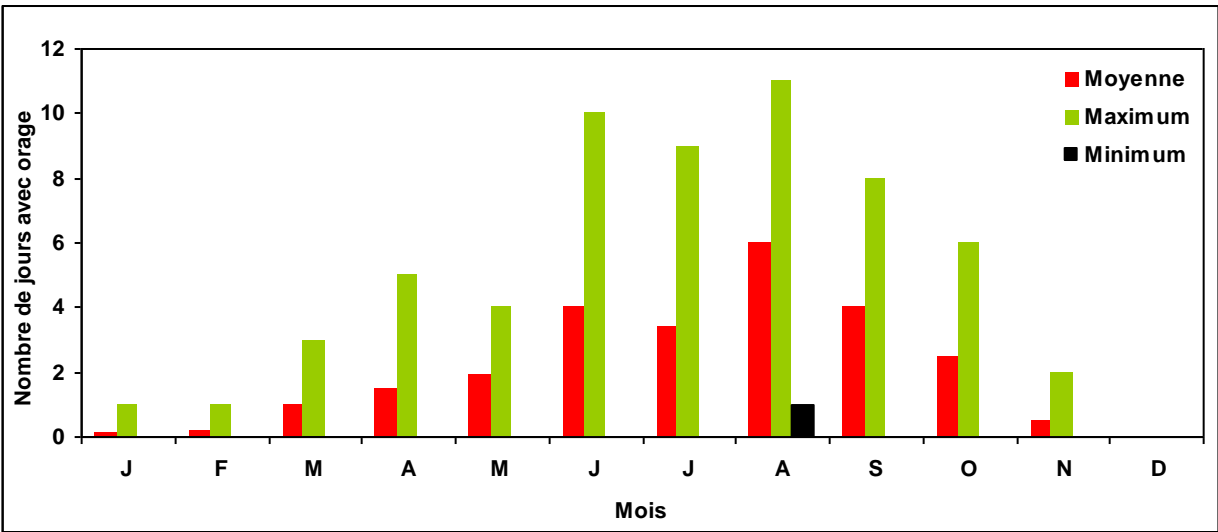


Figure 42 : Nombre de jours avec orages - Station Ouarzazate - Période : 2000 - 2009

- La neige tombe très rarement au niveau de la zone d'étude, seuls deux jours de neige sont enregistrés en janvier 2003 et 2009 ;
- Le nombre de jours de grêle est très limité ;

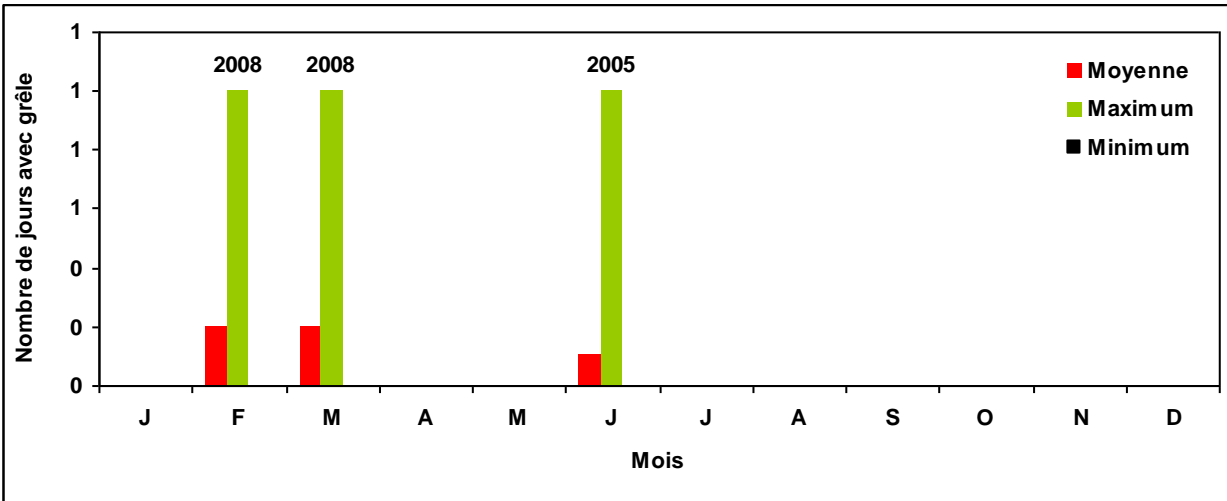


Figure 43 : Nombre de jours avec grêle - Station Ouarzazate - Période : 2000 - 2009

- Les jours pour lesquels la température est inférieure à 0°C, sont très limités durant l'année et s'enregistrent courant les mois de janvier, février, novembre et décembre.

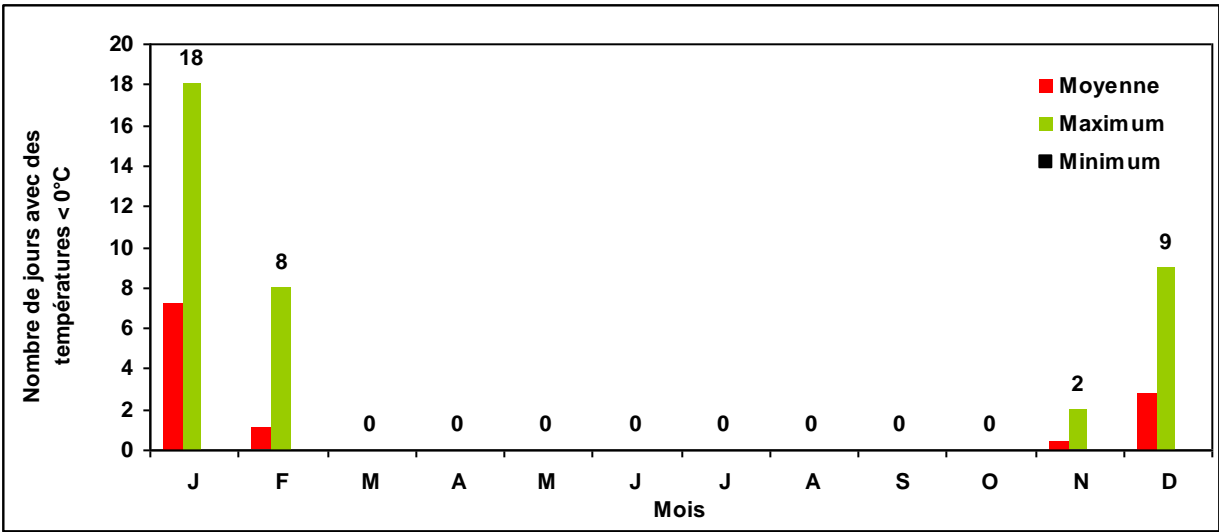


Figure 44 : Nombre de jours avec température < 0°C - Station Ouarzazate - Période : 2000 - 2009

### 3.6.5.2 Température

Au niveau de la zone d'étude, les mois les plus chauds, se situent entre mai et septembre. La moyenne mensuelle la plus forte, est enregistrée en juillet (30°C), les mois de juin, août et septembre ont des moyennes fortes mais sont relativement moins chauds. Par contre les mois les plus froids, sont de novembre à avril.

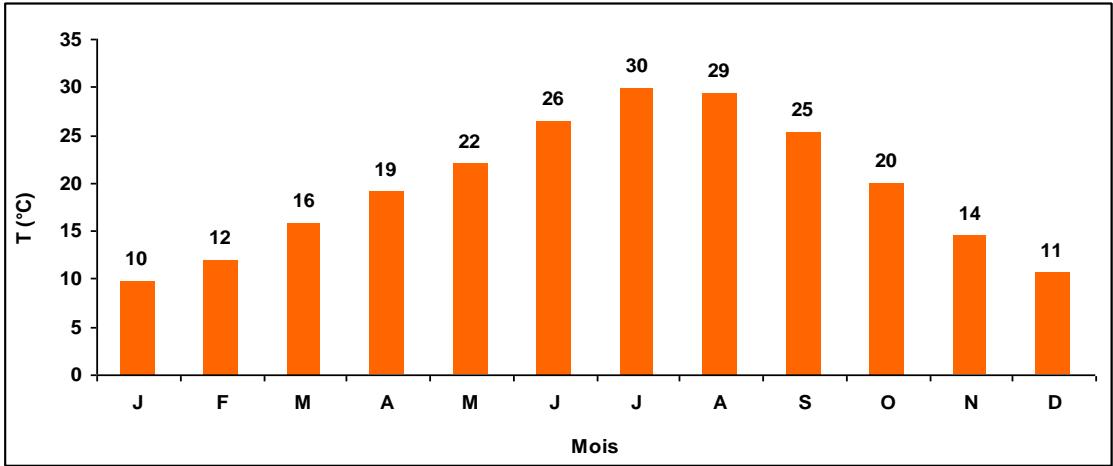


Figure 45 : Température moyenne mensuelle (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi

La moyenne interannuelle des températures est de l'ordre de 20°C. Le coefficient de variation des températures moyennes mensuelles est de 7%.

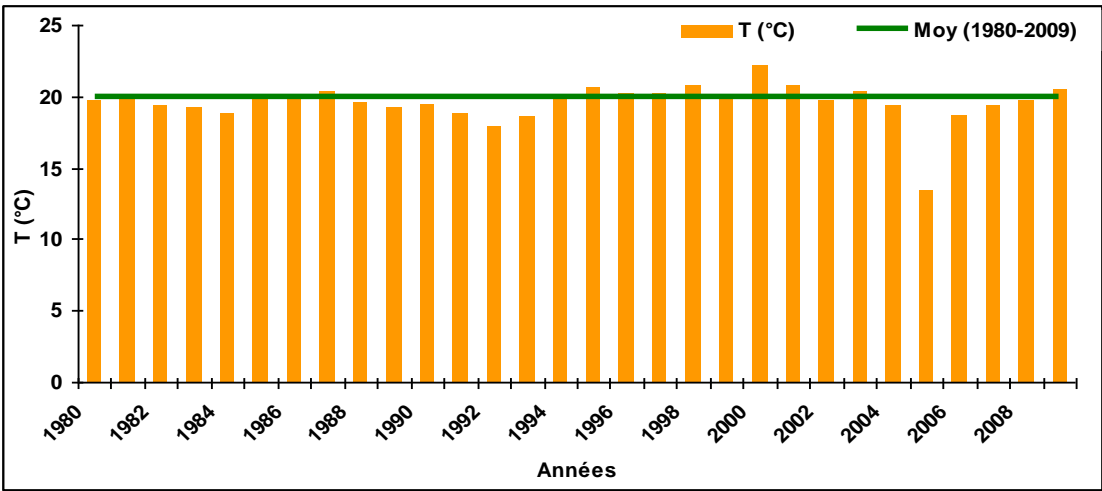


Figure 46 : Température moyenne interannuelle (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi

La température maximale absolue enregistrée est de l'ordre de 42°C (Juillet et aout 1983). Alors que le minimum absolu est de - 12°C (Février 1983).

Les mois pour lesquels la température minimale absolue est négative s'étendent de janvier à avril, puis de novembre à décembre.

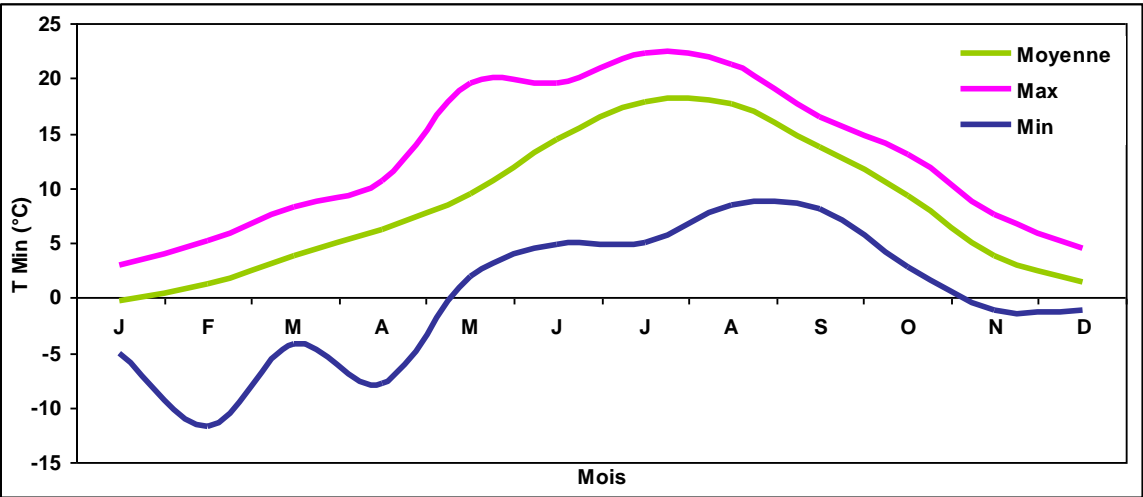


Figure 47 : Température minimale absolue (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi

### 3.6.5.3 Diagramme ombrothermique

Afin de mieux analyser le type du climat de la zone d'étude, le diagramme ombrothermique ci-dessous a été dressé pour la période 1980-2008, à partir des données de la station Mansour Ed Dahbi.

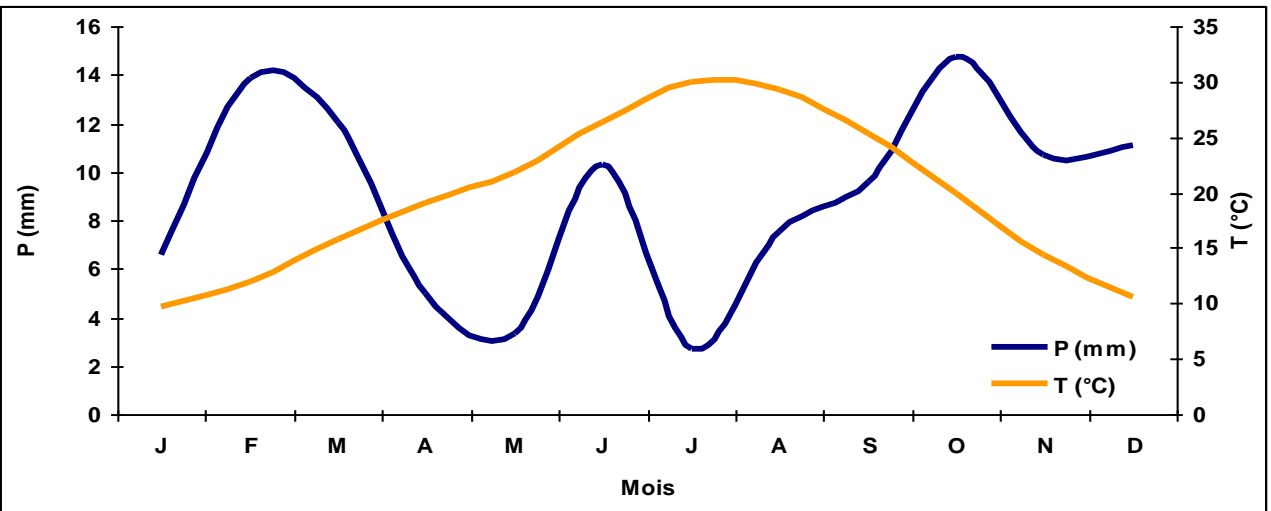


Figure 48 : Diagramme ombrothermique - Station : Mansour Ed Dahbi - Période : 1980 - 2009

Deux périodes humides s'étalant respectivement de mi - septembre à la fin du mois de décembre et de janvier jusqu'à la fin de mars. Ces deux périodes s'alternent avec un épisode climatique sec s'étalant du mois d'avril jusqu'à la mi-septembre.

### 3.6.5.4 Hygrométrie

Au niveau de la zone d'étude, l'humidité de l'air croît du mois d'août jusqu'au mois de décembre, puis elle va en décroissant jusqu'à atteindre une valeur minimale au mois de juillet. Cette variation évolue relativement en sens inverse avec la température (Cf. Figure ci-après).

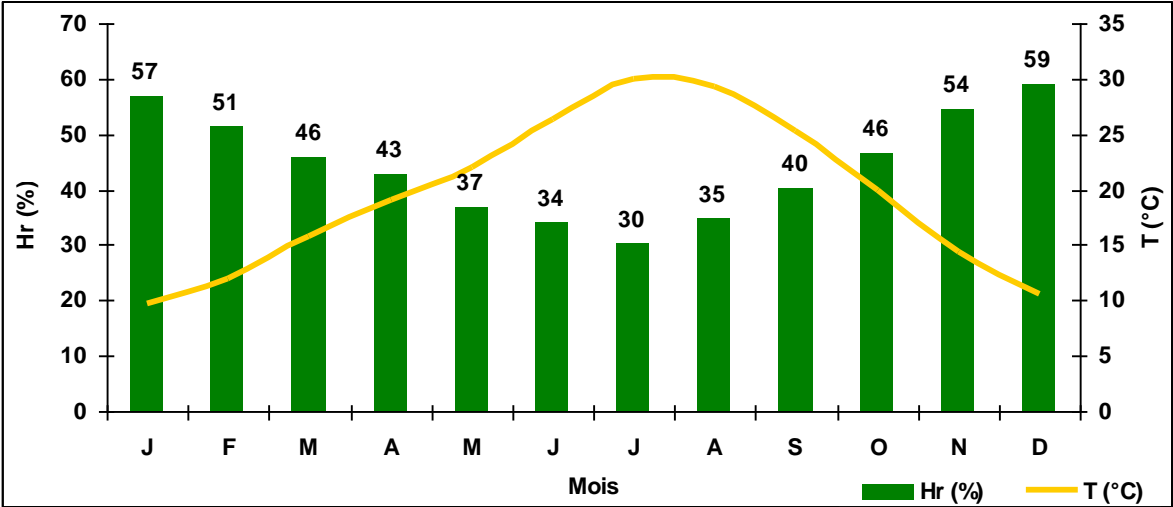


Figure 49 : Température moyenne interannuelle et hygrométrie de l'air  
Station Mansour Ed Dahbi - Période : 1980 - 2009

### 3.6.5.5 Insolation



A l'échelle annuelle, la durée d'insolation la plus élevée 349h, est enregistrée au mois de mai contre un minimum de 246h241 h, enregistré au mois de décembre.

La moyenne interannuelle est de l'ordre de 288 Heure.

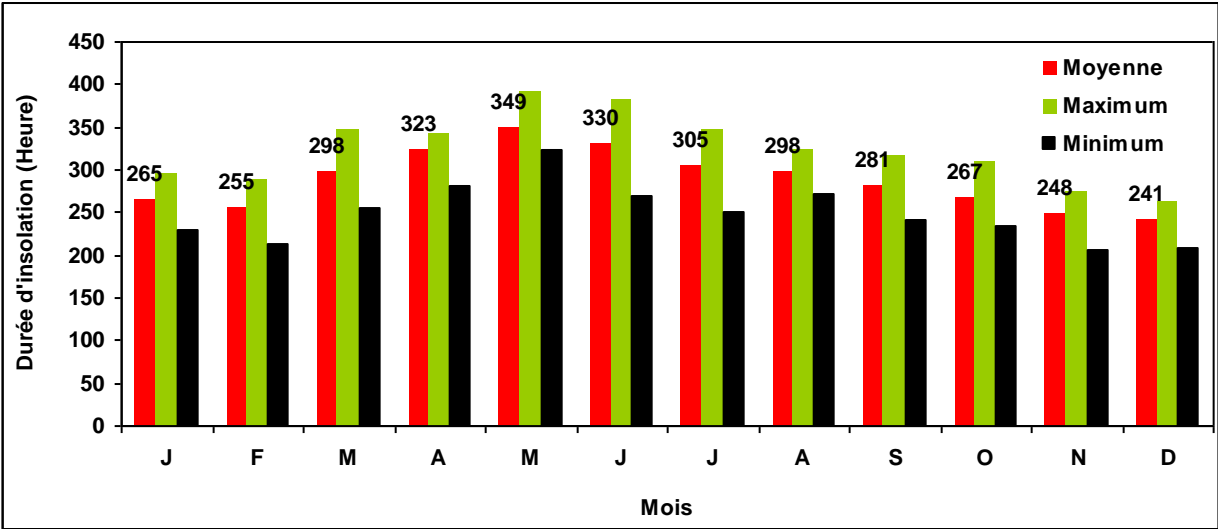


Figure 50 : Durée d'insolation moyenne mensuelle - Station : Ouarzazate - Période : 2000 - 2009

3.6.5.6 Le vent

Les vents dominants soufflent de l'Ouest à Nord Ouest avec des vitesses modérées de 2 à 4 m/s à très fortes en cas de perturbations liées à l'influence atlantique quoique le massif de Siroua (Bassin de Tikert) constitue un fort obstacle vis-à-vis de cette influence océanique.

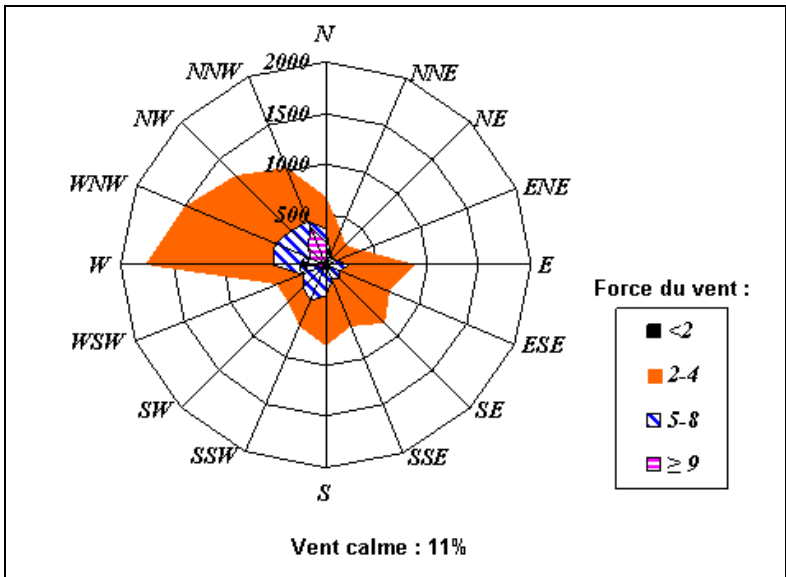


Figure 51 : Rose des Vents à base de données Tri-Horaires  
Station : Ouarzazate - Période : 2000 - 2005

3.6.5.7 Evaporation potentielle

Au niveau de la zone d'étude, l'évapotranspiration potentielle est forte, (plus de 2 m/an). Elle varie pendant toute l'année, elle est faible en hiver et augmente en été. En effet, plus de 50% de l'évaporation s'effectuent du mois de mai au mois de septembre. Le maximum s'enregistre en juillet au cours duquel, les températures les plus élevées se font sentir (Cf. Figure ci-après).

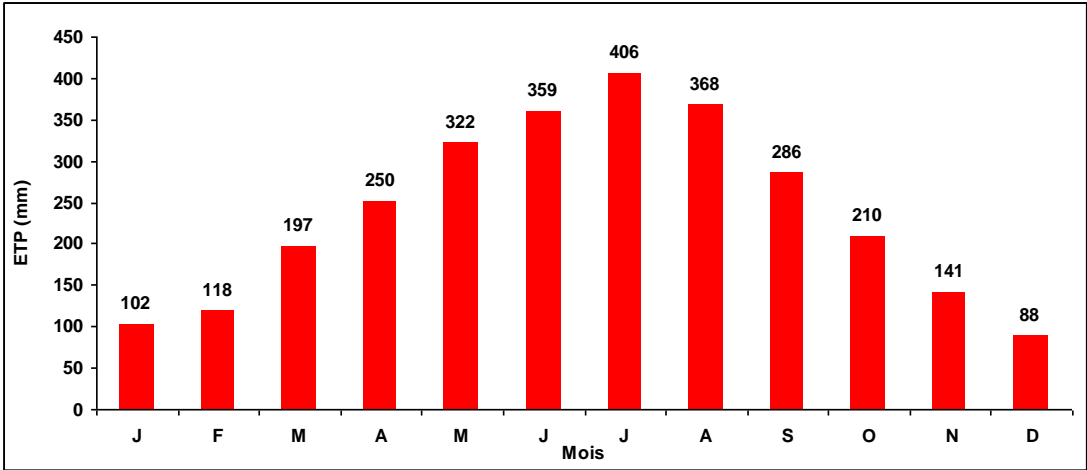


Figure 52 : ETP moyenne mensuelle au bac Colorado (1980 - 2009) - Station Mansour Ed Dahbi

3.6.5.8 Degré d'aridité et type du climat

Au niveau de la zone d'étude, le degré d'aridité climatique approché par les indices de Martonne et de Moral (Cf. Tableau ci-après), a été caractérisé via les données climatologiques de la station Mansour Ed Dahbi.

Tableau 20 : Degré d'aridité du climat au niveau du Haut Draa

Indice	Formule	Paramètres	Etage climatique
Martonne (I) (Martonne, 1948)	$I = P / (T + 10)$	P : Hauteur annuelle des précipitations (mm)	$I < 10 \Rightarrow$ Aride
		T : Température moyenne annuelle (°C)	$10 < I < 20 \Rightarrow$ Semi - aride
Moral (IM) Guyot, 1999)	$IM = P / (T^2 - 10 T + 200)$	P : Hauteur annuelle des précipitations (mm)	$I < 1 \Rightarrow$ Sec
		T : Température moyenne annuelle (°C)	$I > 1 \Rightarrow$ Humide

Ainsi, la faiblesse des précipitations et leur irrégularité, les températures excessives ainsi que l'importance de l'évaporation, sont en faveur d'un climat à caractère aride dominant (Cf. Tableau ci-après).

Tableau 21 : Caractérisation du climat de la zone d'étude d'après les indices (I) et (IM)

Station	I	Etage climatique	IM	Etage climatique
Barrage Mansour Ed Dahbi	3.7	Aride	0.28	Aride

Source : Agoussine et al, 2004

3.6.6 Hydrologie

3.6.6.1 Réseau physiographique local

Une étude hydraulique et hydrologique visant l'identification des zones inondables, la création d'un modèle hydrologique et hydraulique ainsi que l'élaboration des solutions techniques nécessaires pour l'assainissement des apports d'eau au niveau du site du complexe solaire d'Ouarzazate a été élaborée pour le compte de MASEN en novembre 2010. De cette étude, il a été déduit ce qui suit :

Le réseau physiographique de l'aire d'étude se compose de neuf chaâbas traversant le site du projet et de deux oueds longeant la zone d'étude : Oued Izerki (de longueur 46 km) et oued Wargouine dit aussi Argouin (de longueur 26 km). Ces deux cours d'eau rejettent les eaux au niveau du barrage Mansour Ed Dahbi sis à environ 9 km au Sud du site.

Les caractéristiques géométriques de ce réseau sont présentées sur les tableaux 1 et 2 de l'annexe 2-2. Ces caractéristiques ont été établies sur la base de la carte topographique 1/50 000 de l'aire d'étude pour les oueds et du levé topographique au 1/5000 pour les chaâbas.

### 3.6.6.2 Régime hydrologique des cours d'eau

Le bassin hydrologique du Haut Draa dans son ensemble y compris le bassin de l'oued Dades et ses principaux affluents et/ou confluentes « Izerki, N'Ougni, Tizerkit, Wargouine, Issil Tfeig, etc », se caractérisent par un régime d'écoulement annuel et interannuel très irrégulier et tributaire des conditions climatiques. Au cours d'une même année, les crues les plus brutales et les étiages les plus bas, coïncidant avec des périodes de sécheresse estivales longues peuvent être enregistrés, ce qui se répercute sur la rentabilité de la production agricole.

Afin de caractériser le régime hydrologique de la zone d'étude dans son ensemble, les données de la station hydrométrique Tinouar installée au niveau du sous bassin de Dades ont été utilisées.

Le régime annuel du Haut Draa est caractérisé par deux saisons de hautes eaux ou de crue, séparées par deux saisons de basses eaux ou d'étiage.

La première saison de hautes eaux, se manifeste en automne et la seconde en printemps. Par contre, les périodes de basses eaux s'enregistrent en été et en hiver, avec des débits très faibles à quasi - nuls.

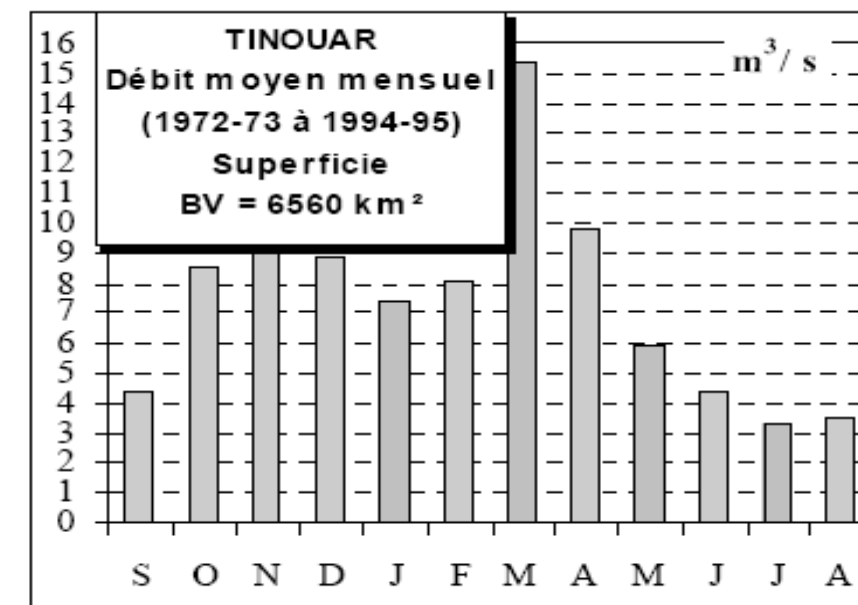
Les crues les plus fortes s'enregistrent en automne, de septembre à décembre suite aux averses de l'Anti Atlas. Ces crues sont brusques, mais à pointe forte ; celles du printemps sont d'une intensité moindre et de durée plus étalée. Elles sont essentiellement occasionnées par les précipitations sur les reliefs de l'Atlas ainsi que la fonte de la neige. Entre ces deux périodes de crue, l'étiage hivernal constitue une phase de transition de courte durée et de faibles apports pluviométriques. En été, la durée de l'étiage est plus étalée, conséquence directe de l'aridité du climat. Au cours de cette saison, tous les affluents du Haut Draa tarissent, seul l'oued Dades reste pérenne.

Les débits caractéristiques de cette zone d'étude sont portés sur le tableau ci-après.

**Tableau 22 : Débits caractéristiques au niveau de la zone d'étude**

Station	Période d'observation	Superficie (km <sup>2</sup> )	QCM (m <sup>3</sup> /s)	QCE (m <sup>3</sup> /s)	MA (m <sup>3</sup> /s)
Tinouar	1972/73 -1995/96	6560	37	0.05	7.4

**QCM : Débit caractéristique maximum (débit dépassé 10 jours par an) ; QCE : Débit caractéristique d'étiage (débit dépassé 365 jours par an) ; MA : Module annuel.**



**Figure 53 : Apports moyens mensuels du Haut Draa - Station Tinouar**

### 3.6.6.3 Aménagements hydrauliques

Outre les réseaux de seguias et khetaras, le schéma hydro - agricole du sous bassin du Haut Draa est constitué principalement par le barrage Mansour Ed Dahbi, mis en service en 1972, avec une capacité initiale de 560 Mm<sup>3</sup> (439 Mm<sup>3</sup> le 04/05/2010) et une réserve de 425 Mm<sup>3</sup> le 04/05/2010). Cet ouvrage, est construit sur le site de Zaouiat N'Ourbaze, à la confluence des oueds Dades et Ouarzazate à l'entrée d'une gorge très étroite de 45 km de longueur, à 25 km de la ville d'Ouarzazate. Le but principal de cet ouvrage est :

- La protection de la vallée du Draa contre les crues dévastatrices ;
- La mise en valeur des six palmeraies de la moyenne vallée du Draa ;
- L'AEP du Grand Ouarzazate, notamment via la prise d'eau flottante installée au niveau de la retenue du barrage Mansour Ed Dahbi avec **un débit de pointe de 170 l/s et une capacité moyenne de production au niveau de la station de traitement de l'ordre de 140 l/s.**
- La production de l'électricité.

Les principaux cours d'eau alimentant la retenue du barrage Mansour Dahbi sont :

- L'oued Dades, avec un débit moyen annuel de l'ordre de 7.4 m<sup>3</sup>/s soit un apport de l'ordre de 233 Mm<sup>3</sup>/an (au niveau de la station hydrométrique Tinouar) ;
- L'oued Ouarzazate avec un débit moyen annuel de l'ordre de 4.6 m<sup>3</sup>/s soit un apport de l'ordre de 145 Mm<sup>3</sup>/an (au niveau de la station hydrométrique Tinouar).

### 3.6.6.4 Disponibilités et usages de l'eau

De 1985 à 2009 les apports annuels à la retenue du barrage Mansour Ed Dahbi varient de 54 (en 1986) à 1300 Mm<sup>3</sup> (en 1989) avec une moyenne de 384 Mm<sup>3</sup> sur ces 25 années.

En prenant une capacité normale de 445 Mm<sup>3</sup><sup>8</sup>, le taux de remplissage du barrage a connu au fil des années des fluctuations allant de 18% à 96%. Depuis 2007, le taux de remplissage est supérieur à 70% (il était de 97% le 04/05/2010 et de 100% à la fin février 2011).

<sup>8</sup> Source : <http://www.water.gov.ma> / février 2011.

**La dotation réservée à l'eau potable à partir du barrage Mansour Ed Dahbi est de 3.5 à 4 Mm³/an contre environ 180 Mm³/an pour l'irrigation. Les pertes par évaporation sont estimées à environ 56 Mm³/an.**

Les usages pour l'irrigation varient en fonction des apports. Les usages pour l'eau potable étant privilégiés lors des fortes années de sécheresse (2001 à 2003).

Le volume moyen mensuel minimal observé de la retenue est de 56,5 Mm3 en mars 2002 (voir données en annexe ).

Le site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate est sis à environ 9 km à vol d'oiseau au Nord du barrage Mansour Ed Dahbi.

Cet ouvrage hydraulique est situé à environ 8 km au Sud Est.



**Photos 5 : En Haut : Retenue du barrage Mansour Ed Dahbi observée à partir de la bordure Sud Ouest du site du complexe solaire d'Ouarzazate**

**En Bas à gauche Photo 5-a : Prise d'eau flottante implantée dans la retenue du barrage**

**A droite Photo 5-b : Station « ONEP Ouarzazate » pour le traitement des eaux du barrage**

### 3.6.7 Hydrogéologie

Au niveau de la zone d'étude, il n'existe pas de nappe d'eau souterraine générale d'intérêt patrimonial. Le substrat géologique du plateau caillouteux, support du site du projet du complexe est constitué de formations tertiaires et quaternaires perméables et de pendage subtabulaire, rendant cet ensemble de matériel géologique stérile de point de vue hydrogéologique.

Par ailleurs, au niveau des périmètres rapproché et éloigné de la zone d'étude, la faiblesse des pentes et l'élargissement des lits des vallées des cours d'eau ravinant ce plateau, permettent la formation de nappes alluviales locales gisant essentiellement au-dessous des lits majeurs des cours d'eau locaux. Ces nappes souvent d'accompagnement de cours d'eau sont peu profondes, peu épaisses et proches de la surface du sol. C'est le cas de la nappe alluvionnaire liée à l'oued Izerki, captée au niveau des douars Tasselmante, Oum Romane ou encore Essour ; et celle liée à l'assif N'Ougni, captée au niveau de Tiflité, Igherm Amellal, Tidghiste, etc.

En effet, l'oued Izerki et son affluent N'Ougni, dont l'écoulement est très fugace, donnent naissance à des sous - écoulements pérennes marqués par des trames de verdure en surface.

Les eaux souterraines captées localement sont saumâtres, conséquence probable de l'interaction de plusieurs facteurs à savoir :

La contamination des eaux souterraines par des eaux superficielles drainant des formations évaporitiques souvent gypseuses d'âge Crétacé et Eocène supérieur (Cf. Figure 9 relative à la géologie) ;

L'évaporation importante des eaux souterraines du fait de la faible profondeur du plan d'eau.

In situ, l'individualisation des croûtes salines blanchâtres le long des lits de ces cours d'eau est marquante.



**Photo 6 : Croûte saline apparente sur les berges de l'Oued Izerki**

La profondeur du plan d'eau souterraine (PPE) mesurée dans le cadre de cette étude, en particulier au niveau des douars Tasselmante, Oum Romane et Essour, varie entre 12m et 26m avec une conductivité électrique (CE) atteignant les 2 ms/cm (Etat de Mars 2010, Cf. Tableau ci-après).

**Tableau 23 : Situation et caractéristiques des puits prospectés au niveau de la zone d'étude**

N°	Situation des puits par rapport à la zone d'étude			PPE/Sol (m)	CE (ms/cm)	Usage	Observation
	Douar	Périmètre	Distance (Km) et orientation				
P1	Tasselmante	Rapproché	0.500 à Est du site	10	0,75	AEP Domestique Agricole	Puits artisanal doté d'une margelle
P2			0.712 à	14	2	AEP	Puits artisanal équipé d'une pompe



			<i>l'Est du site</i>			Domestique Agricole	électrique, doté d'une margelle et protégé dans un local constituant son périmètre de protection immédiate  Puits connecté à un château d'eau  Mis en service en 1996 dans le cadre de Coopération maroco-japonaise - PAGER <sup>9</sup>  Q:3 l/s / PT : 25m
<b>P3</b>	Oum Romane	Eloigné	2.6 au Nord <i>Est du site</i>		1,26	AEP Domestique Agricole	Puits artisanal fermé, doté d'une margelle Equipé d'une pompe manuelle
<b>P4</b>	Essour	Eloigné	3.8 au Nord <i>Est du site</i>	23,46	1.8	AEP Domestique Agricole	Puits fermé, doté d'une margelle Equipé d'une pompe manuelle
<b>P5</b>		Eloigné	3.9 au Nord <i>Est du site</i>	26,14		AEP Domestique Agricole	Puits non équipé Sans margelle

**Pour l'ensemble de ces points de prélèvement d'eau souterraine, aucun périmètre de protection n'est défini.**

Des forages pétroliers implantés au niveau de Tafergoust et Tidgheste (Périmètre éloigné du site du projet), sont en faveur d'un aquifère conglomératique calcoargileux.

La coupe du forage pétrolier 738/63 implanté au niveau du périmètre rapproché, à Tidghiste, accuse les termes géologiques suivants :

**Tableau 24 : Coupe lithologique du forage pétrolier 738/63**

Epaisseur (m)	Description
0 – 3	Limon sablo-argileux
3 - 18	Conglomérats polygéniques à ciment argileux brun - rouge avec passées de grès ± dur moyen à grossier à ciment argileux entre 15 et 18m
18 – 88	Argile calcaire brun rouge pâteuse siltogréseuse passant localement à marne argileuse brun rouge à brun verdâtre pâteuse légèrement dolomitique à rare niveau conglomératiques
88 – 110	Conglomérats polygéniques à ciment argileux brun rouge légèrement carbonaté passant localement à argile calcaire avec de très fines passées d'argile calcaire pâteuse
110 – 296	Argile brun rouge tendre à pâteuse légèrement carbonatée passant localement à argile gréseuse et à argile calcaire avec passées d'argile grès pâteux entre 134 et 136m et avec de minces niveaux conglomératiques
296 – 364	Alternance de grès gris vert à gris fin à moyen très friable à ciment légèrement carbonaté et argile brun rouge pâteuse gréseuse passant localement à argile calcaire
364 – 375	Alternance d'argile brun rouge pâteuse légèrement carbonatée localement gréseuse et d'andésite brun foncé à gris foncé et gris vert très altéré avec conglomérats
375 – 402	Argile brun rouge sableuse à gréseuse passant localement à argile calcaire pâteuse avec minces niveaux conglomératiques
402 – 406	Calcaire argileux blanc compact siltogréseux passant rapidement à marnocalcaire blanc tendre à plastique avec très fines passées d'argiles brun rouge pâteuse
406 – 486	Grès argileux brun rouge à brun calcaire fin tendre à pâteux localement légèrement dolomitique et passant localement à argile gréseuse, avec passée d'argile blanche tendre dolomitique à partir de 478m
486 – 535	Conglomérats polygéniques localement à ciment argileux brun rouge pâteux
535 – 619	Andésite brun à gris foncé localement pyriteuse dur très altéré

**NB :** La profondeur du plan d'eau par rapport au sol mesurée à partir de ce forage est de 22.54m (Etat de mai 1982)

Il est à noter que d'après les services de l'eau, des forages pétroliers ont été réalisés au droit du site et qu'aucune eau n'a été trouvée. Cette information a été transmise oralement car ces forages ne sont pas recensés.

<sup>9</sup> Programme d'Approvisionnement Groupé en Eau Potable des Populations Rurales

### 3.6.8 Mobilisation des ressources en eaux souterraines et superficielles

Au niveau de la zone d'étude, l'exploitation des eaux est principalement localisée autour des cours moyens des assifs Izerki et N'Ougni.

Les eaux superficielles sont dérivées par un réseau de seguias. Alors que les eaux souterraines sont captées par un réseau de points de prélèvement souvent sous forme de puits et/ou dérivées par un réseau de Khettaras.

Dans son ensemble, la commune de Ghassate, compte plus de 70 puits équipés en motopompes et/ou en pompes électriques et un réseau de six Khettara reparties essentiellement au niveau des douars longeant l'assif N'Ougni.

On note là, une nette préférence pour les eaux superficielles, conséquence directe de la faible épaisseur et la forte variabilité saisonnière des nappes gîtant dans des couches alluviales minces et très proches de la surface.

A l'Est du site du projet du complexe solaire, au niveau de ses périmètres rapproché et éloigné, les eaux souterraines d'une nappe alluviale liée au cours moyen de l'assif N'Ougni (Tiflité Zaouiat Bou Naji) sont mobilisées par un ensemble de puits (Douars Tiflité, Tafergoust, Tidgheste, etc) et Khettaras en particulier au niveau de Tiflité (Cf. Photo ci-après).



**Photo 7 : Khettaras réhabilitée au niveau de Tiflité**

Au niveau des douars Tasselmante, Oum Romane et Essour, les eaux souterraines sont exclusivement mobilisées via un lâche réseau de puits. Les eaux superficielles sont mobilisées par un réseau de seguias réhabilité par l'ORMVAO (Cf. Photos ci-après).



Photo 8 : Douar Essour - Puits artisanal équipé d'une pompe manuelle à 2.7 km au Nord Est du site du complexe solaire d'Ouarzazate



Photo 9 : Douar Tasselmente - Entre le Plateau caillouteux support du site du complexe solaire d'Ouarzazate et la vallée cultivée de l'oued Izerki

Vue sur le réseau de seguias réhabilitées par l'ORMVAO

### 3.6.9 Air

La zone d'étude dans son ensemble n'abrite pas de sources notables d'émissions de polluants atmosphériques. Le périmètre éloigné n'est exposé qu'à une faible pollution routière liée au trafic routier de la RN10 et la RP1511.

Le site du projet étant implanté dans un milieu rural isolé, loin de toute activité industrielle polluante, la qualité de l'air peut être considérée localement comme bonne.

### 3.6.10 Ambiance sonore et vibration

Lors de la visite de la zone d'étude, l'Ingénieur Conseil n'a pas identifié des sources de bruits remarquables, ni un niveau sonore inhabituel. Les puits équipés à usage collectif, implantés au niveau des périmètres rapproché et éloigné au site d'implantation du projet du complexe solaire sont dotés de motopompes électriques ou pompes manuelles ne dégageant aucune nuisance sonore notable.

Les extrémités méridionale et orientale du périmètre éloigné, bordées respectivement par la RN10 et la RP 1511, peuvent être impactées par le bruit du trafic routier.

Le long de la RN10, en particulier le tronçon reliant Ouarzazate à Klaat M'Gouna, le trafic moyen journalier annuel est de 2140 véhicules/jour. Le long de la RP1511, le trafic moyen journalier annuel est de 187 véhicules/jour (Etat de 2008).

A la limite Ouest du périmètre éloigné, à environ 2 km du site du projet, le champ de tir militaire en place pourrait générer occasionnellement du bruit et de la vibration.

Enfin, le site du projet se situe à environ 7 km à vol d'oiseau au Nord Nord Est de l'aéroport international d'Ouarzazate, d'une capacité d'accueil de trois avions Boeing 373. Le mouvement d'avions enregistrés en 2009 y est de 3086 avec en moyenne de deux vols réguliers/jour.

A l'état actuel, aucun plan d'exposition au bruit au voisinage de cet aéroport n'est disponible.

### 3.6.11 Les risques naturels

#### 3.6.11.1 Risque inondation

D'après les résultats de l'étude hydraulique et hydrologique mentionnée plus haut, le réseau physiographique de l'aire d'étude se compose de neuf chaâbas traversant le site du projet et de deux oueds longeant le site du projet. Ainsi, de l'est vers l'ouest, on cite respectivement : l'oued Izerki (46 km) et l'oued Wargouine (26 km). Pour les chaâbas, les longueurs varient de 1,5 km (pour la chaâba I) à près de 13 km (pour la chaâba D).

#### Oueds longeant le site du complexe solaire d'Ouarzazate

##### Oued Izerki

Ce cours d'eau longe le côté est du site, il présente les particularités suivantes :

- Largeur importante qui varie entre 650 à 1500 m ;
- Le niveau du site du projet qui se trouve à environ 50 m par rapport au niveau du lit de l'oued.

Le village de Tasselment se trouve au niveau du lit majeur de cet oued.

Selon des représentants de la commune de Ghassat, 5 à 6 petites crues de l'oued Izerki, ont été observées durant les dernières années avec un niveau d'eau de l'oued ne dépassant pas 1 m de hauteur. Ce niveau d'eau ne constitue aucun risque d'inondation pour les habitants du village Tasselment (situé en contrebas du site du projet).





Photo 10 : Vue Oued Izerki



Photo 11 : Vue Oued Izerki

**Oued Wargouine**

Ce cours d'eau se trouve sur le côté Ouest du site, la largeur de son lit est d'environ 2 000 m au niveau de la zone adjacente au site. La différence d'altitude entre le niveau du site et le lit de l'oued est d'environ 60 m.

Comme pour l'oued Izerki, cet oued ne présente pas de risque d'inondabilité pour le site du projet.

Les deux principales raisons sont la largeur importante du lit et la dénivelée importante entre le lit de l'oued et le site du projet.



Photo 12 : Vue de l'oued Wargouine



Photo 13 : Vue de l'oued Wargouine

Les deux cours d'eau de Warouine et Izerki ne constituent aucun risque de débordement le long du site du complexe solaire d'Ouarzazate. Ceci est essentiellement justifié par :

- La hauteur d'eau au niveau des oueds ne dépassant pas 2,69 m pour Oued Izrki et 1,55 m pour Oued Wargouine ;
- Les vitesses d'écoulement au niveau de oued Izrki varient entre 4,34 à 5,21 m/s et pour Oued Wargouine entre 1.02 et 2.29 m/s.

**Chaâbas**

Au niveau du site, 6 chaâbas principales (chaâbas A, B, C, D, E et F) et 3 chaâbas secondaires (G, I et H) ont été identifiées. Les chaâbas traversent le site du projet du Nord vers le Sud. Une description de ces chaâbas est donnée ci-dessous :

**Chaâbas principales**

- Chaâba A : déverse ses eaux vers l'oued Izerki. Elle draine le deuxième grand bassin des chaâbas avec une superficie de 551 ha. Sa longueur est importante, elle est de 8,7 km et sa pente équivalente de 1,3% ;
- Chaâba B : déverse ses eaux vers un affluent de l'oued Izerki. Elle draine un bassin versant de taille 369 ha. Sa longueur est de 6,4 km et sa pente de 0,9 % ;
- Chaâba C : draine un bassin versant de taille importante qui est de 484,5 ha. Elle achemine ses eaux vers l'extérieur du site. Sa longueur est de 9,8 km et sa pente de 1,1 % ;
- Chaâba D : draine le plus grand bassin dont la superficie est de 682,5 ha. Elle achemine ses eaux vers un affluent de l'oued Agouin. Sa longueur plus grande que celles des autres chaâbas, elle est de 12,9 km. Sa pente équivalente est de 0,7% ;
- Chaâba E : draine un bassin dont la superficie est de 296,3 ha. Elle achemine ses eaux vers un affluent de l'oued Agouin. Sa longueur est de 5,9 km et sa pente équivalente de 0,9% ;
- Chaâba F : draine un bassin dont la superficie est de 254,5 ha. Elle achemine ses eaux vers l'oued Agouin. Sa longueur est de 4,6 km et sa pente équivalente de 0,6%.

**Chaâbas secondaires**

- Chaâba G : draine un bassin dont la superficie est de 66,2 ha. Elle achemine ses eaux vers la chaâba F. Sa longueur est de 2,3 km et sa pente équivalente de 2,4 % ;
- Chaâba H : draine un bassin dont la superficie est de 56,6 ha. Elle achemine ses eaux vers la chaâba C. Sa longueur est de 1,9 km et sa pente équivalente de 0,8 % ;
- Chaâba I : draine le plus petit bassin dont la superficie est de 22,6 ha. Sa longueur est de 1,5 km et sa pente équivalente est faible de l'ordre de 0,3 %.



Photo 14 : Vue de la Chaâba A



Photo 15 : Vue de la Chaâba D

Le tableau ci-dessous compile les principales caractéristiques géométriques de ces chaabas.

**Tableau 25 : Caractéristiques des chaâbas**



Chaabas	Surface drainée (ha)	Longueur (Km)	Cote Amont	Cote aval	Pente équivalente (%)
A	551,1	8,7	1350	1230	1,3
B	369	6,4	1300	1240	0,9
C	484,5	9,8	1350	1240	1,1
D	682,5	12,9	1310	1210	0,7
E	296,3	5,9	1265,5	1213,5	0,9
F	254,5	4,6	1280	1245	0,6
G	66,2	2,3	1290,5	1236	2,3
H	56,6	1,9	1249,5	1235	0,8
I	22,6	1,5	1245	1240	0,3

Les chaabas drainant le site du complexe solaire d'Ouarzazate citée ci-dessus ne constituent aucun risque de débordement le long du site du complexe solaire d'Ouarzazate. Ceci est essentiellement justifié par :

- La faible hauteur d'eau au niveau des sections des chaâbas ne dépassant pas 0,75 m de hauteur ;
- Les vitesses d'écoulement au niveau des chaâbas varient entre 0,5 et 3 m/s.

Dans le cadre de cette même étude hydraulique et hydrologique, une vérification des niveaux des oueds Izerki et Wargouine longeant le site a été effectuée par le logiciel Flow Master pour des débits de crue de période de retour 500 ans ⇒ **Aucun risque d'inondation n'est à signaler.**

D'autre part, d'après les résultats de simulation de HEC RAS, le risque d'inondation n'existe pas au niveau des chaâbas.

Ainsi, d'après les résultats de l'étude hydraulique et hydrologique effectuée au niveau du site du complexe solaire d'Ouarzazate, il n'ya pas de risque d'inondation.

3.6.11.2 Risque d'érosion

Le site du complexe solaire d'Ouarzazate est constitué d'un terrain meuble et érosif.



Photo 16 : Exemple de problème d'érosion du site

Ce site se trouve au niveau d'une zone à fort risque d'érosion (5 à 15 t/ha\*an), ce qui est confirmé par la présence de ravines importantes au niveau des chaâbas.

Plusieurs facteurs ont participé à cette forte érosion essentiellement d'origine hydrique dont :

- L'intensité des précipitations et le ruissellement,
- La faible capacité du sol à résister à l'érosion,

- Le gradient et la longueur de la pente,
- La rareté de la végétation.

3.6.11.3 Risque sismique

Selon le règlement de construction parasismique (RPS 2000) applicable aux btiments, le Maroc est divisé en trois zones de sismicité homogène et présentant approximativement le même niveau de risque sismique pour une probabilité d'apparition donnée. Dans chaque zone, les paramètres définissant le risque sismique, tels que l'accélération et la vitesse maximale horizontale du sol, sont considérés constants. La carte de zonage sismique adoptée par le RPS 2000 au Maroc comporte actuellement trois zones<sup>10</sup> reliées à l'accélération horizontale maximale du sol, pour une probabilité d'apparition de 10% en 50 ans (période correspondante à la durée de vie utile d'un bâtiment). Cette probabilité est considérée raisonnable, car elle correspond à des séismes modérés, susceptibles de se produire plusieurs fois dans la vie d'une construction.

Le coefficient d'accélération (A) correspondant au rapport entre l'accélération maximale du sol (A<sub>max</sub>) et l'accélération de la gravité (g), dans les différentes zones de la carte du zonage sismique du Maroc, est donné dans le tableau ci - après.

Tableau 26 : Coefficient d'accélération au niveau des zones sismiques du Maroc

Zones	A
Zone 1	0.01
Zone 2	0.08
Zone 3	0.16

Source : RPS 2000

A une échelle spatiale :

**La zone 1 est faiblement sismique**, correspondant au territoire situé au Sud de la chîne du Haut Atlas et l'extrémité Sud orientale du pays ;

**La zone 2 de sismicité moyenne**, occupant la partie centrale du pays et couvrant le domaine atlasique et le Nord oriental;

**La zone 3 fortement sismique**, correspondant à la zone rifaine et la partie Ouest du Haut Atlas.

Le site du complexe solaire d'Ouarzazate est situé dans la zone 2, de sismicité moyenne. Le coefficient d'accélération correspondant est de 0.08.

D'autre part, de point de vue intensité sismique, le site d'implantation du projet du complexe solaire d'Ouarzazate, se trouve dans une zone à moyenne sismicité. L'intensité sismique maximale enregistrée pendant la période allant de 1901 à 2001 y est de degré V selon l'échelle MSK<sup>11</sup>.

Selon l'institut National de Géophysique, trois séismes se sont déclenchés en mars 2010, à proximité de cette zone. Leurs épicentres sont localisés au niveau des régions de Tata, Marrakech et Tiznite, avec des magnitudes respectives de 3, 2.8 et 2.7 (Cf. Tableau ci-dessous). Quelques légères vibrations ont été ressenties au niveau de la province d'Ouarzazate y compris la commune de Ghessat, siège du site du projet du complexe solaire, suite au séisme déclenché à Tata.

Tableau 27 : Caractéristiques des derniers séismes déclenchés au voisinage du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate

Région	Tiznite	Tata	Marrakech
--------	---------	------	-----------

<sup>10</sup> Ce zonage proposé par le RPS 2000, pourra être révisé et défini par voie de décret, à la lumière de nouvelles connaissances et nouveaux résultats scientifiques et expérimentaux.

<sup>11</sup> Echelle de Medvedev – Sponheuer - Karnik : soit une échelle de mesure de l'intensité d'un tremblement de terre. Elle caractérise les effets ressentis et / ou observés par l'homme (dégâts aux constructions, brèches dans le sol, glissements de terrain...).

<b>Date</b>	28/03/2010	30/03/2010	31/03/2010
<b>Heure</b>	02:15:56	08:58:24	20:55:51
<b>Longitude</b>	-9.72	-7.53	-8.17
<b>Latitude</b>	29.52	29.8	31.09
<b>Magnitude</b>	2.7	3	2.8
<b>Distance à vol d'oiseau par rapport au site du projet du complexe solaire Ouarzazate</b>	Environ 300 km au Sud Ouest	Environ 180 km au Sud Ouest	Environ 120 km au Nord Ouest du

Source : <http://sismo-lag.cnrst.ma> (Site Officiel du Laboratoire de Géophysique au CNRST)

Ces trois foyers sismiques, sont liés à un réseau complexe de failles tectoniquement actives jalonnant les accidents Sud Atlasique et Nord anti-atlasique.

#### 3.6.11.4 Risque mouvement de terrain

Le site du projet correspond à un plateau caillouteux relativement plat, avec une pente douce décroissant du Nord vers le Sud. Ses bordures essentiellement Est, Ouest et Sud, entaillées continuellement par les eaux pluviales et les cours d'eau drainant la zone, correspondent à des falaises subissant des éboulements fréquents pendant les périodes de crue. In situ, les éboulis observés sont souvent carbonato-argileux, dont le caractère plastique dominant pourrait être responsable de ces éboulements.

Dans le cadre du projet du complexe solaire, une étude géotechnique est lancée par l'ONE ; les résultats de cette dernière devront retracer l'état de stabilité et de mouvement du sol au niveau du site.

#### 3.6.11.5 Risque d'incendie

La zone d'étude dans son ensemble est constituée en grande partie de sols nus caillouteux, cas du site d'implantation du projet lui-même. Les quelques zones agricoles plantées, sont exemptes de toutes sources pouvant déclencher des incendies accidentelles (forêts, industries, etc.).

Dans l'ensemble de cette zone d'étude, aucun cas d'incendie n'a été signalé.

#### 3.6.11.6 Risque givre

Le risque d'exposition de la zone au givre est très limité. Les jours pour lesquels la température est inférieure à 0°C, sont très limités durant l'année et s'enregistrent courant les mois de janvier, février, novembre et décembre.

#### 3.6.11.7 Risque foudre

Le nombre de jours d'orage est de 2 jours/an en moyenne, avec un maximum qui s'enregistre au mois d'août.

#### 3.6.11.8 Risque grêle et neige

La neige tombe très rarement au niveau de la zone d'étude, seuls deux jours de neiges sont enregistrés en janvier 2003 et 2009.

Le nombre de jours de grêle est très limité.

#### 3.6.11.9 Risque d'invasion acridienne

Selon les données du PCR<sup>12</sup> d'Ouarzazate lié à l'ORMVAO<sup>13</sup>, les plus anciennes informations disponibles sur les invasions acridiennes au Maroc remontent à 1780. Cependant, on ne dispose d'aucune information sur les durées correspondances. Au 20<sup>ème</sup> siècle, le Maroc a connu 6 grandes invasions durant les périodes s'étalant entre :

1914 et 1919 ;  
1927 et 1934 ;  
1941 et 1948 ;  
1954 et 1961 ;  
1987 et 1989 ;  
2004 et 2005.

Ces invasions sont intercalées par des périodes de rémission dont la plus longue est de 26 ans (1961-1987). La période d'invasion 1987-1989 a été l'une des plus importantes. Elle a nécessité la mobilisation de moyens humains, matériels et financiers considérables (1 milliard de dirhams) pour traiter près de 5 millions d'hectares.

Les conditions écologiques exceptionnellement favorables consécutives aux pluies exceptionnelles généralisées et importantes qu'a connues la Mauritanie durant la dernière décennie du mois d'octobre 2003 ont entraîné une nouvelle multiplication du criquet et l'émergence d'une génération supplémentaire qui, avec le dessèchement de la végétation, a atteint le Maroc depuis mi-février 2004.

A une échelle locale, et toujours selon le PCR d'Ouarzazate, le site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate a fait l'objet de trois invasions acridiennes durant les périodes : Été 1961, 1988 - 1989 et 2004 - 2005.

Durant ces périodes, le site du projet a été envahi à partir de ses bordures Est et Sud, matérialisant des couloirs préférentiels menant les essaims de criquets pèlerins vers le Nord selon que la saison est chaude, ou vers le Sud dans le cas de saison humide. Le site a été envahi par des criquets pèlerins à l'âge adulte, avec un faible risque de reproduction. Les essaims étaient de faible densité et de faible concentration. Le temps de séjour a été très court.

Pour lutter contre cette invasion, des atomiseurs à insecticides (D6) sont le plus souvent utilisés dans la zone. Le recours aux avions est très rare.

Les criquets se déposent la matinée, puis en cas de non traitement s'envolent vers le Nord jusqu'au pied de la chaîne du Haut Atlas, puis retournent vers le Sud ; ou retournent directement vers le Sud de la zone d'étude selon les conditions climatiques.

<sup>12</sup> Poste de Coordination Régionale chargés de la mise en œuvre des opérations de la lutte antiacridienne dans sa zone d'action

<sup>13</sup> Office Régional de Mise en Valeur Agricole de Ouarzazate

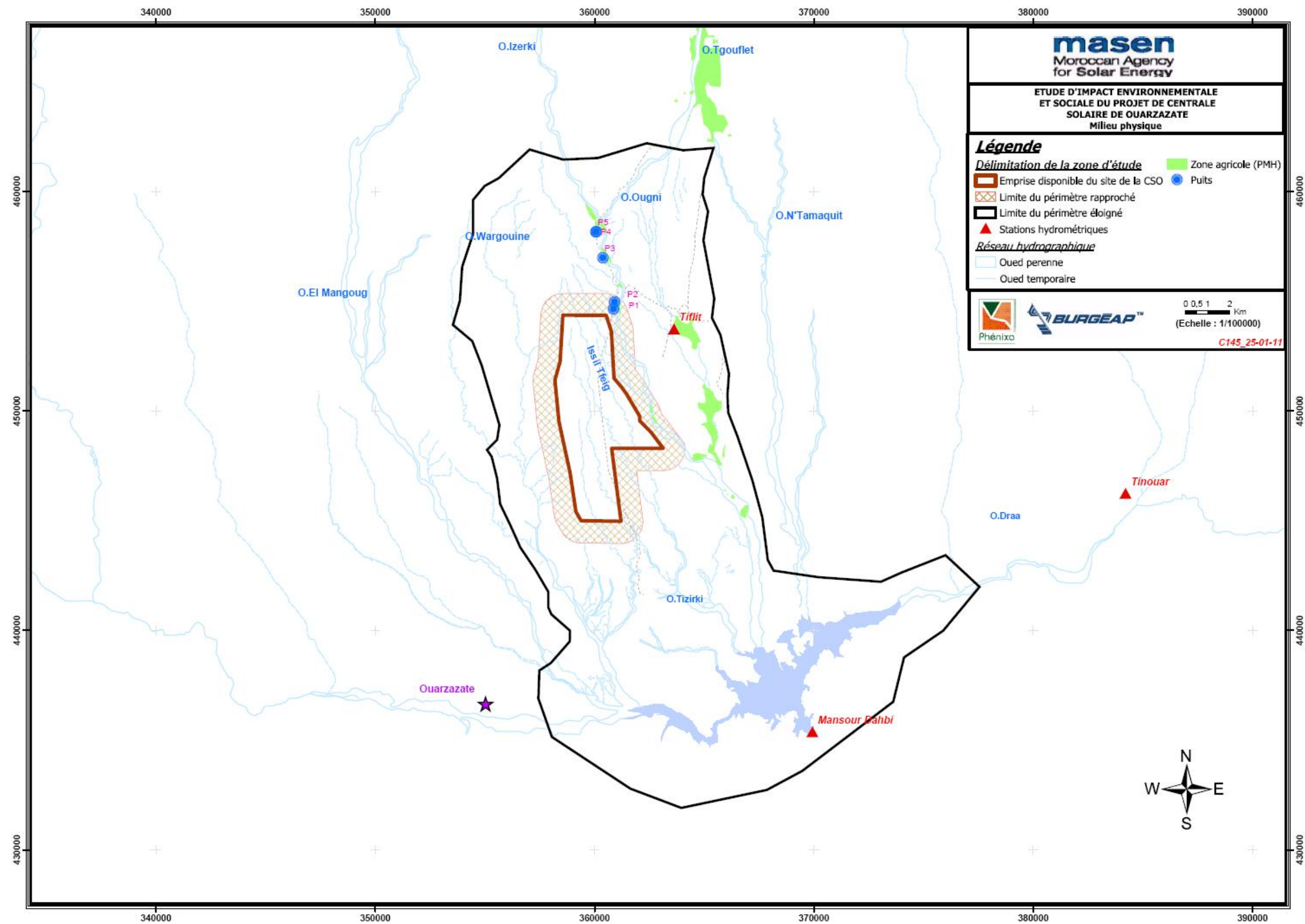


Figure 54 : Inventaire du milieu physique



## 3.7 Milieu biologique

### 3.7.1 Méthodologie de travail

L'ensemble de la zone d'étude a été parcouru pendant 3 jours, les 23, 24 et 25 mars 2010, à pied et en 4x4, en effectuant des relevés GPS (Garmin GPS Map60) en continu. Les deux nuits ont été passées sur le terrain, afin de détecter des espèces de faune à comportement nocturne, et d'être sur place dès le lever du jour.

Au niveau de la végétation, la première phase a consisté en une identification des unités de milieu, avec relevé phytosociologique des espèces végétales dominantes, au moyen d'un parcours rapide de l'ensemble de la zone. Au cours de la deuxième phase, ces unités ont été cartographiées sur fond topographique au 1/50.000 (cartes de Tiflit et Warzazat). Le travail de cartographie a été finalisé au retour du terrain, au moyen du logiciel Mapinfo 7.5, avec utilisation de données satellitaires (Google Earth et images Landsat 2000).

Toutes les espèces de Vertébrés rencontrées ont été identifiées : herpétofaune (observation directe), avifaune (observation directe, chants et cris, « repasse »), mammifères (seuls des traces et indices de présence ont été trouvés). Pour chaque observation de faune, le type de milieu a été relevé.

L'inventaire de terrain a été complété au moyen des divers rapports, publications et bases de données traitant de la région, les plus importants étant les suivants: ensemble des rapports du CBTHA (projet PNUD), Catalogue des plantes vasculaires rares, menacées ou endémiques du Maroc (Fennane & Ibn Tattou, 1998), Amphibiens et Reptiles du Maroc (Sahara occidental compris), atlas biogéographique (Bons & Geniez 1996), Herpetologische Beobachtungen Ouarzazate (Marokko), herpetological observations in the Ouarzazate area (Morocco) (Schweiger 1992), Les oiseaux d'Ouarzazate au début des années 1980 (Danet 1980), The birds of Morocco, an annotated checklist (Thévenot, Vernon & Bergier 2003), Catalogue des Mammifères sauvages du Maroc (Aulagnier & Thévenot 1984), base de données personnelle sur les Mammifères du Maroc (Cuzin 2010).

Les données sur les aires protégées proviennent du Plan Directeur des Aires Protégées (AEFCS 1995) du site Ramsar, et du Plan Cadre de Gestion de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain (Ministère de l'Agriculture, du Développement Rural et des Pêches Maritimes, 2008). L'ensemble des documents consultés figure en bibliographie (cf. partie 8).

Grâce à des pluies antérieures, la végétation était dans un état assez favorable pour une identification des espèces, et l'avifaune commençait son cycle de nidification, mais la température nocturne encore relativement basse n'était manifestement pas favorable à l'activité des Reptiles, très peu observés en cours de mission.

La zone d'étude du milieu biologique inclue :

- le site prévu pour la Centrale, soit environ 2500 ha
- ainsi qu'une zone périphérique d'un kilomètre de largeur autour du site du complexe, soit environ 2.876 ha.

Soit en tout, une superficie d'environ 5376 ha.

### 3.7.2 Etat initial

#### 3.7.2.1 Les unités de milieu

La composition floristique détaillée des diverses unités (à l'exception des douars et cultures) figure en Annexe 2.3.

A l'exception des unités de douar et de cultures, créées par l'homme, toutes les unités de milieu naturel au niveau du site du projet et son périmètre rapproché, sont déterminées par les contraintes géomorphologiques. On distingue donc :

- **Trois unités de reg :**

- Le reg de plateau, sur cuirasse indurée, caractérisé par une très faible biomasse et une très faible biodiversité sur l'ensemble du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate ;
- Le reg de terrasse alluviale, sur des alluvions, substrat plus tendre, situé dans la vallée de l'oued Izerki et dans les vallons du Sud Est, avec une biomasse notablement plus importante, et une biodiversité plus élevée, en particulier au niveau des plantes annuelles ;
- Le reg en pente raviné, sur le glacis à l'ouest en contrebas du plateau principal (support du site du projet), sur substrat tendre, avec une biomasse assez importante, et une biodiversité relativement élevée.

- **Deux unités de pente :**

- L'unité de pente, située juste en dessous du reg de plateau, sur substrat hétérogène, du fait de l'érosion, où la biodiversité et la biomasse sont assez élevés, en particulier dans les secteurs où l'eau se concentre par ruissellement, ainsi que grâce à l'hétérogénéité du substrat ; localement, au sud-est du site, dans le bassin de l'Oued Issil Tfeig, on observe de nombreuses falaises ainsi que d'énormes blocs basculés ;
- L'unité de pente sur argile rouge et gypse, fortement ravinée, située à l'Ouest du plateau principal, avec une très faible biomasse et une faible biodiversité.

- **Deux unités d'oued :**

- Le lit majeur de l'Oued Izerki, avec un faible recouvrement, du fait des crues fréquentes issues du Haut Atlas, qui ravagent ce milieu potentiellement très productif ;
- Les oueds ravinant l'ensemble des autres unités, qui se présentent sous forme linéaire, avec une largeur variable allant de 3 à 20 m ; du fait d'un bilan hydrique relativement favorable et d'un substrat meuble accumulé par l'érosion ; la biodiversité y est élevée, le recouvrement assez important, et la structuration de la végétation assez poussée, du fait de la présence d'arbustes (jujubiers).

- **Deux unités créées par l'homme :**

- Le douar de Tasselmant et ses abords immédiats ;
- Les cultures, tendant à l'oasis, le long de l'Oued Izerki, en 5 unités disjointes.

Les superficies occupées par les unités de milieu sont indiquées dans le tableau suivant en hectares :

Tableau 28 : Occupation du sol au niveau du site du projet du complexe solaire et son périmètre rapproché

Type de milieu	Unité de milieu	Zone d'investigation faune - flore (ha)	Surface site du complexe solaire (ha)	Surface périmètre rapproché (ha)
Reg	Reg de plateau	3667	2440	1227
	Reg de terrasse alluviale	238	0	238
	Reg de pente raviné	513	0	513
Pente	Milieu de pente	715	42	673
	Ravinements argile gypse	50	0	50
Oued	Lit d'oued Izerki	106	0	106
	Oueds secs	41	18	23
Artificiel	Douar	17	0	17
	Oasis cultures	28	0	28
Total			5376	2500

La répartition spatiale de cet ensemble d'unité du milieu est portée sur la figure suivante.

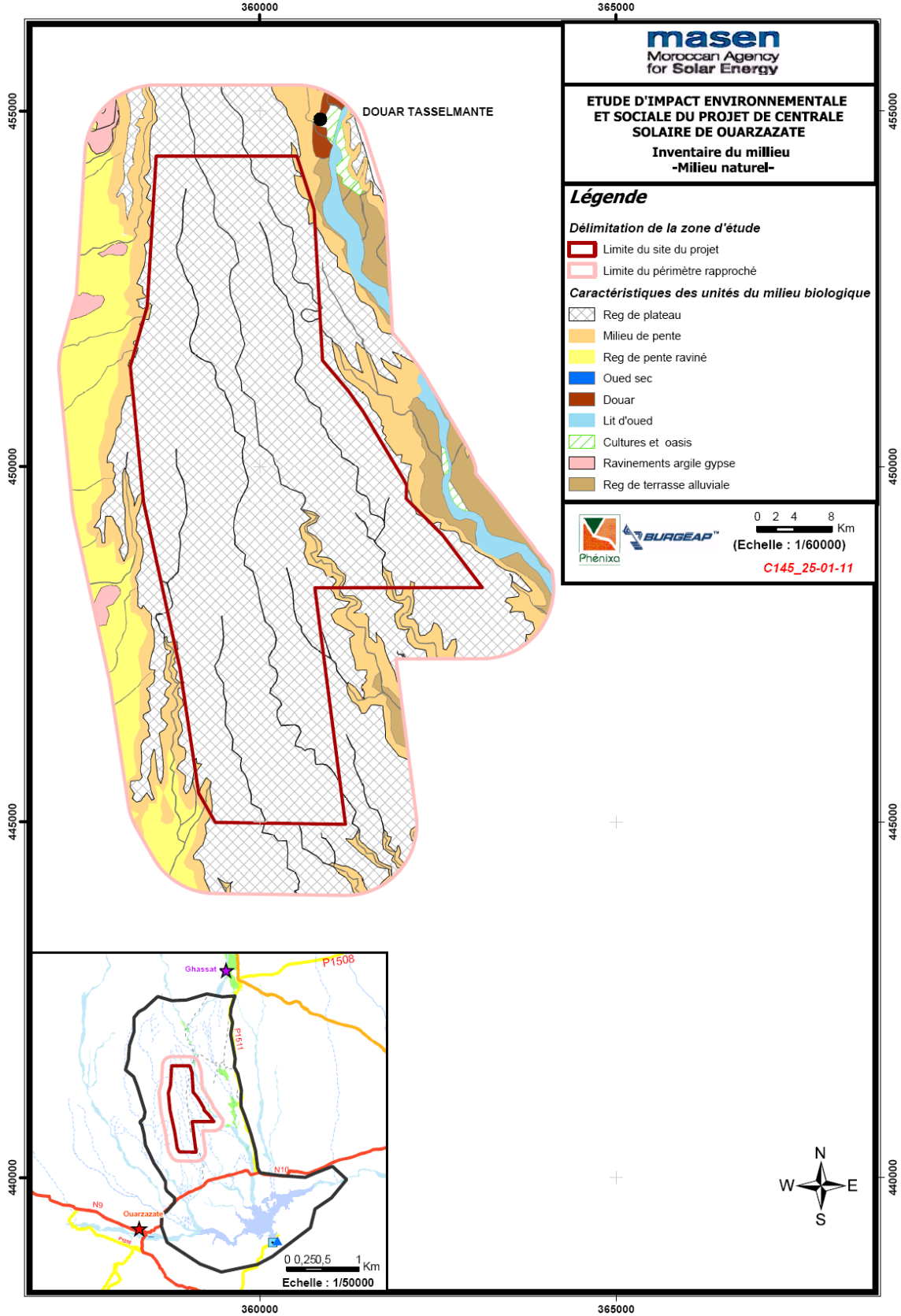


Figure 55 : Unités de milieu au sein de l'aire d'investigation faune - flore

3.7.2.2 La flore

67 espèces ont été identifiées dans la zone d'étude (Cf. Annexe 2.3), alors qu'une liste exhaustive, effectuée avec un meilleur développement de la végétation, comporterait de l'ordre d'une centaine d'espèces dans ces types de milieux. Le niveau d'endémisme y est faible, puisque seules 4 espèces sont endémiques du Sud marocain : *Carthamus fruticosus*, *Convolvulus trabutianus*, et *Astragalus mareoticus*. Le niveau d'endémisme réduit est caractéristique des grandes plaines présahariennes.

Aucune des espèces trouvées au niveau du site du projet et son périmètre rapproché n'est considérée comme rare ou menacée.

### 3.7.2.3 La faune

#### 3.7.2.3.1 L'herpétofaune

Du fait du régime thermique défavorable, seuls l'Agame de Bibron (actif seulement sur les tas de fumier, où il fait plus chaud), et la grenouille verte d'Afrique du Nord (au niveau de l'oued Izerki), ont été observés. Cependant, les environs immédiats sont connus pour leur nombre important d'espèces (17 espèces connues), parmi lesquelles un fort contingent d'espèces sahariennes en limite nord de leur aire (cas de la vipère à cornes, la couleuvre de Moila, l'Eremias à gouttelettes, le fouette queue, le gecko d'Oudri, le tropicocolotes). Trois espèces sont endémiques du Maghreb (crapaud de Mauritanie, grenouille verte d'Afrique du Nord, gecko d'Oudri), et une est menacée, le fouette-queue. Les Amphibiens en particulier sont très liés à l'eau et donc aux cultures, très localisées dans la zone d'étude.

#### 3.7.2.3.2 L'avifaune

Sur le terrain, 10 espèces probablement nidificatrices dans la zone d'étude ont été identifiées :

- Sur les regs : traquet du désert, ammomane isabelline, ganga unibande, courvite isabelle ;
- Sur les pentes et les oueds : ammomane isabelline, traquet à tête blanche, roselin gitagine, traquet à tête blanche, traquet deuil ;
- Dans les oueds secs : pie-grièche méridionale, ammomane isabelline, roselin gitagine ;
- Plusieurs groupes d'alouettes calandrelle ont été observés en déplacement depuis l'oued Izerki vers l'Ouest, où cette espèce pourrait nicher pendant une année relativement humide, comme cela était le cas cette année.

L'ensemble de ces espèces est assez largement répandu dans ce type de région, à l'exception du traquet deuil, relativement rare et localisé au Maroc.

9 espèces migratrices, de passage dans la région ont été observées : guêpier d'Europe (passages nombreux), hirondelle de cheminée (nombreux oiseaux), pie-grièche à tête rousse, traquet oreillard (3 individus), aigle botté (un individu), busard cendré (un individu), fauvette grisette (un individu), pouillot véloce, cigogne noire (un individu). Le secteur ne constitue pas un lieu de passage privilégié de la migration pré-nuptiale, qui s'effectue sur un large front sur le versant sud du haut Atlas.

La liste en annexe 2.3, de l'avifaune observée en période de nidification dans les environs immédiats et dans des milieux homologues est beaucoup plus fournie :

- Plusieurs espèces sahariennes non observées sur le terrain (alouette bilophe, alouette de Clot-Bey, sirli du désert, ammomane élégante...) présentent des effectifs avec de fortes fluctuations, dépendant non seulement des conditions locales de milieu, mais aussi des conditions de milieu dans des régions allant jusqu'à plus de 100 km autour de la zone d'étude ; cette avifaune va alors se concentrer dans les milieux les plus favorables ;
- De nombreuses espèces plus ou moins arboricoles sont inféodées aux cultures et à leurs environs (tourterelle maillée, agrobate roux, bulbul des jardins, merle noir, hypolais obscur, fauvette mélanocéphale, gobemouche gris, mésange bleue d'Afrique du Nord, pinson des arbres, serin cini, verdier d'Europe, chardonneret élégant...), qui sont très localisées dans la zone d'étude.

#### 3.7.2.3.3 Les Mammifères

Seules des traces de renard roux ont été observées le long de l'Oued izerki. Des terriers de Rongeurs, très probablement de *Meriones crassus*, ont été trouvés sous les touffes de jujubier dans les oueds. Des chauves-souris, non identifiées, ont été observées en cours de soirée. La faune de Mammifères du secteur est actuellement pauvre. La gazelle dorcas a disparu dans les années 60 du secteur, à cause d'une chasse excessive. Il est probable que la gazelle de Cuvier se trouvait dans les escarpements, mais elle en a aussi disparu. L'hyène rayée et le porc-épic ont également disparu de la région.

### 3.7.3 Hiérarchisation des unités de milieu

L'intérêt patrimonial des différentes unités de milieu de la zone d'étude est résumé dans le tableau suivant. Un indice d'intérêt patrimonial a été attribué en fonction de la flore (essentiellement sur la base de la richesse floristique), et pour la faune (richesse, espèces d'intérêt patrimonial, secteurs de nourrissage...). Leur cumul permet de définir un indice global d'intérêt patrimonial.

**Tableau 29 : Classement des éléments du milieu naturel au niveau du site du projet du complexe solaire et son périmètre rapproché**

Type de milieu	Unité de milieu	Flore	Indice flore	Faune	Indice faune	Indice global d'intérêt patrimonial
Reg	reg de plateau	4 espèces: Très faible diversité	1	Très faible diversité, mais quelques espèces d'intérêt (gangas)	2	<b>3</b>
	reg de terrasse alluviale	28 espèces: Forte diversité	4	faible diversité, mais quelques espèces d'intérêt ; site de nourrissage	3	<b>7</b>
	reg de pente raviné	9 espèces: Diversité faible	1	Faible diversité	2	<b>3</b>
Pente	milieu de pente	17 espèces: Assez forte diversité	3	Diversité moyenne, avec espèces d'intérêt (en particulier traquet deuil) ; sites à chauves-souris et refuge (Issil Tfeig)	5	<b>8</b>
	ravinements argile gypse	7 espèces: Faible diversité	2	Faible diversité	1	<b>3</b>
Oued	lit d'oued Izerki	13 espèces: Faible diversité	2	Faible diversité"	2	<b>4</b>
	Oueds secs	41 espèces: Forte diversité	5	Assez forte diversité, site de nourrissage fondamental	4	<b>9</b>
Artificiel	village	Pas de flore sauvage	0	Très peu d'espèces et espèces banales	0	<b>0</b>
	oasis cultures	Nombre assez réduit d'espèces, et faible intérêt	1	Nombreuses espèces en limite d'aire	5	<b>6</b>

Hiérarchiquement, on distingue donc au niveau de la zone d'investigation faune - flore :

- Des unités à intérêt patrimonial maximal (indice 9 ou 8) correspondant aux oueds secs et les milieux de pente ;
- Des unités à fort intérêt patrimonial (indice 7 ou 6) correspondant aux regs alluviaux, oasis et cultures ;
- Des unités à intérêt patrimonial réduit (indice 4 ou 3) correspondant aux regs de plateau et regs de pente ravinés, ravinements sur argile et gypse et lit de l'Oued Izerki ;
- Une unité à intérêt patrimonial très faible (indice 0) correspondant au douar Tasselmant.



Les pourcentages des diverses unités dans la zone d'investigation faune - flore, sont classées en fonction de leur intérêt patrimonial dans le tableau suivant.

Tableau 30 : Pourcentage des éléments du milieu naturel en fonction de leur intérêt patrimonial

Intérêt patrimonial	Unité de milieu	% Surface zone d'investigation faune - flore	% Surface site du projet du complexe (ha)	% Surface périmètre rapproché
Maximal	Oueds secs	0,8	0,7	0,8
	Milieu de pente	13,3	1,7	23,4
Fort	Reg de terrasse alluviale	4,4	0,0	8,3
	Oasis cultures	0,5	0,0	1,0
Réduit	Reg de plateau	68,2	97,6	42,7
	Reg de pente raviné	9,5	0,0	17,8
	Ravinements argile gypse	0,9	0,0	1,7
	Lit d'oued Izerki	2,0	0,0	3,7
Très faible	Douar	0,3	0,0	0,6
Total		100	100	100

On constate donc que :

- Les unités à intérêt patrimonial maximal occupent des surfaces réduites dans la zone d'étude (environ 14%), et très réduites (environ 2,4%) dans la zone du complexe.
- Les unités à intérêt patrimonial réduit occupent la majorité des surfaces dans la zone d'étude (environ 81%), et encore plus dans la zone du complexe (environ 97,6%).

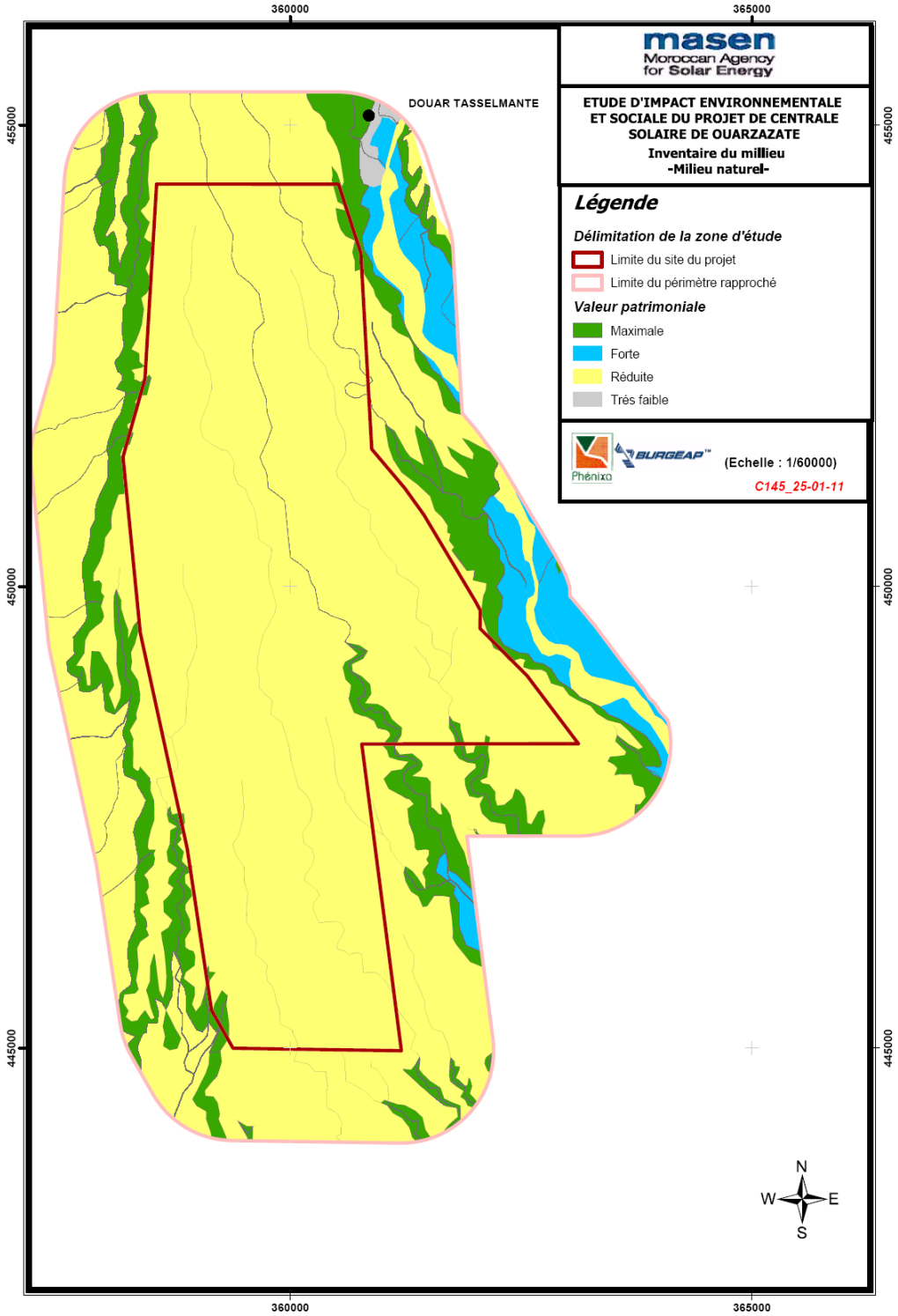


Figure 56 : Valeur patrimoniale relative des unités de milieu

### 3.7.4 Aires protégées

Au voisinage de la zone d'étude globale du projet du complexe solaire d'Ouarzazate, se trouvent les aires protégées suivantes :

### 3.7.4.1 Le lac du barrage Mansour Ed Dahbi, partie d'un site RAMSAR

Ce site se trouve à environ 6 km au Sud de la limite Sud du site du complexe solaire d'Ouarzazate. Lors de l'étude nationale du Plan Directeur des Aires Protégées (AEFCS 1995), le site du lac a été identifié comme Site d'Intérêt Biologique et Ecologique de priorité 2. La justification est l'abondance de l'avifaune aquatique, surtout en période d'hivernage.

En 2005, le Maroc a désigné l'ensemble du Moyen Draa, qui inclue le lac en amont, comme site RAMSAR, sur une superficie totale de 45.000 ha. Rappelons que la convention RAMSAR est un traité intergouvernemental qui sert de cadre à l'action nationale et à la coopération internationale pour la conservation et l'utilisation rationnelle des zones humides et de leurs ressources. Les critères pour lesquels le site a été retenu sont les suivants :

- **Critère 1** : le site représente un type de zone humide original représentatif à l'échelle de l'Afrique du Nord, sous-représenté dans la liste de la convention Ramsar ;
- **Critère 2** : présence régulière d'une espèce d'oiseau menacée la sarcelle marbrée, *Marmaronetta angustirostris* (statut mondial Vulnérable) et d'une autre le Tadorne casarca, *Tadorna ferruginea*, non menacée au niveau mondial, mais dont les populations de Méditerranée occidentale sont considérées comme menacées, selon les critères IUCN ;
- **Critère 3** : peuvent être considérées dans le cadre de ce critère plus d'une vingtaine d'espèces d'oiseaux qui hivernent ou nidifient dans la zone du barrage et une centaine d'autres espèces liées aux palmeraies ;
- **Critère 4** : ce critère intéresse principalement les oiseaux migrateurs, notamment les passereaux trans-sahariens, pour lesquels les oasis servent de zone essentielle de recharge d'énergie avant et après la traversée du désert ;
- **Critère 6** : site accueillant des populations hivernantes et nicheuses du Tadorne casarca *Tadorna ferruginea*, dont l'effectif dépasse souvent le seuil 1% de la population ouest-méditerranéenne de l'espèce.

En 2005, dans le cadre du Projet de Conservation de la Biodiversité par la Transhumance sur le versant sud du Haut Atlas (CBTHA / PNUD), lors de l'étude visant à identifier les sites clés pour la biodiversité, le même lac a été retenu parmi les sites clé, associé à la Tarhia du Draa, en aval du barrage.

### 3.7.4.2 La Réserve de gazelle dorcas de Bouljir

Un enclos de 30 ha renferme des gazelles dorcas à Bouljir (effectif en 2007 : 25 animaux). Cet enclos se situe à environ 13 km au Nord Ouest du site du complexe solaire d'Ouarzazate. Cette réserve n'est pas prioritaire dans le cadre des Lignes Directrices pour la Gestion des Ongulés au Maroc. La situation est donnée dans la figure 57.

### 3.7.4.3 La Réserve d'Iguernane

En 2005, dans le cadre du Projet de Conservation de la Biodiversité par la Transhumance sur le versant sud du Haut Atlas (CBTHA / PNUD), lors de l'étude visant à identifier les sites clés pour la biodiversité, le secteur d'Iguernane a été sélectionné, sur la base d'une forte richesse en espèces végétales, dont de nombreuses endémiques, ainsi qu'une forte richesse en biodiversité animale, avec en particulier la présence d'une quinzaine d'individus de gazelles de Cuvier d'origine locale, espèce menacée au Maroc. Cette réserve se situe à environ 15 km au Nord Ouest du site d'étude (voir figure 57).

Depuis, cette réserve a connu un début de mise en œuvre, et a été reconnue comme prioritaire dans le cadre des Lignes Directrices pour la Gestion des Ongulés au Maroc.

### 3.7.4.4 Le Site clé de Sbaa Chaab

En 2005, dans le cadre du Projet de Conservation de la Biodiversité par la Transhumance sur le versant sud du Haut Atlas (CBTHA / PNUD), lors de l'étude visant à identifier les sites clés pour la biodiversité, le secteur de Sbaa Chaab a été sélectionné, essentiellement pour des raisons de représentativité, car, dans les plaines de la région, il s'agit d'un des sites les mieux conservés. Ce site se situe à environ 20 km à l'Est du site du complexe solaire, et il n'a pas connu de mise en œuvre (figure 57).

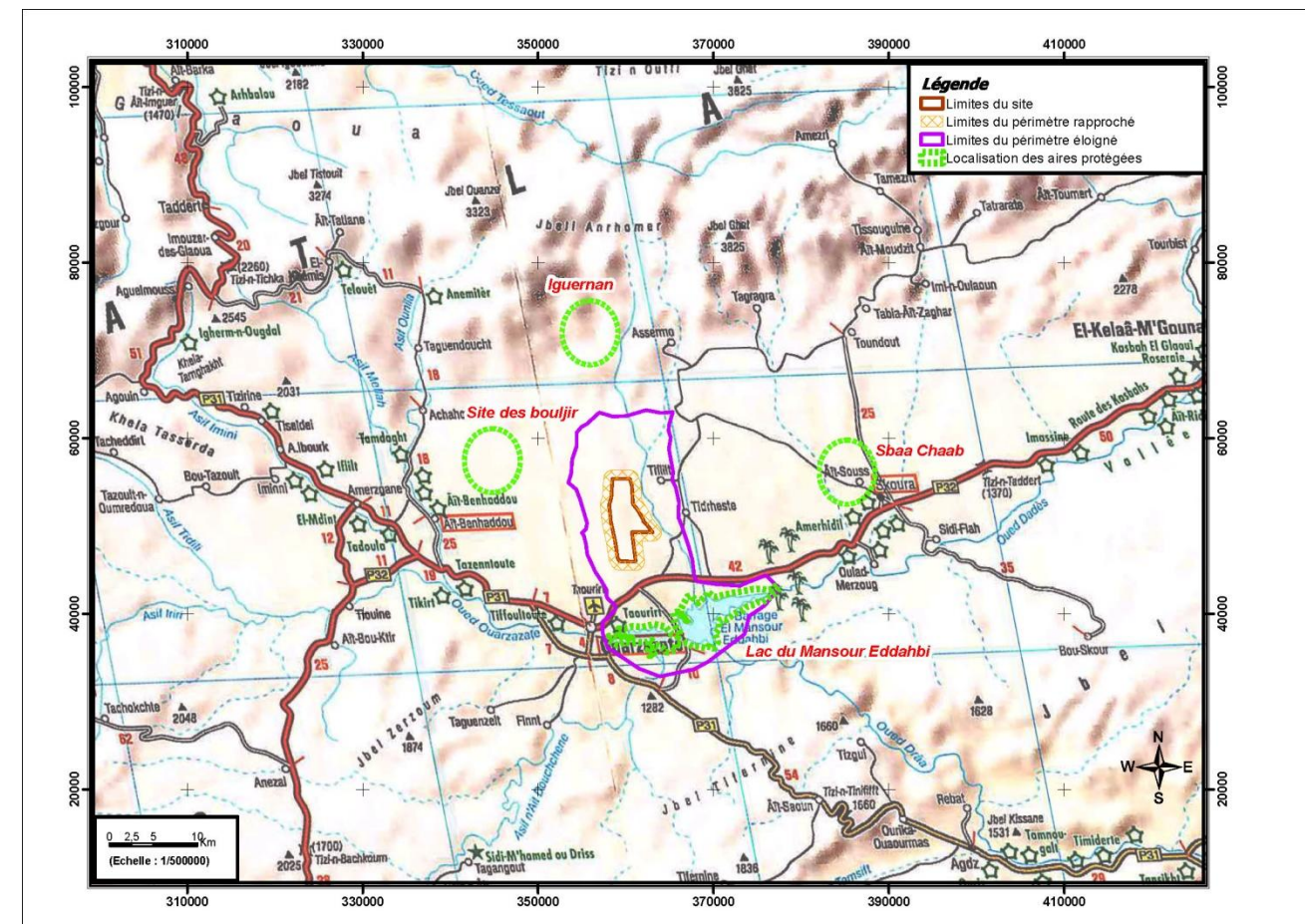
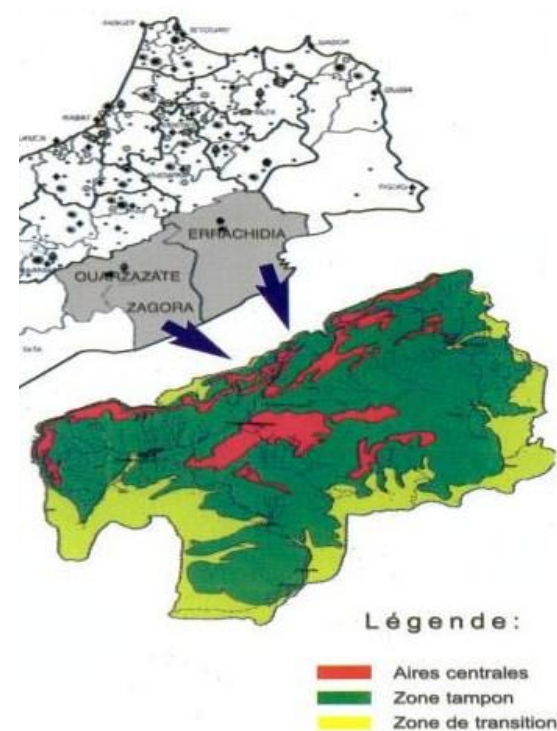


Figure 57 : Localisation des aires protégées dans la région

### 3.7.4.5 La Réserve de Biosphère

Un Plan cadre pour la Gestion de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain a été élaboré en 2008. Il prévoit un zonage de l'ensemble des trois Provinces d'Ouarzazate, Er Rachidia et Zagora, qui permet une compatibilité entre les actions de développement et les actions de conservation. Dans la région du projet du complexe, les unités de zonage suivantes ont été proposées :

- Zones A, avec un objectif majeur de conservation des milieux, avec les zones d'Iguernan / Anrhemer, de la Tarhia du Draa, et d'Igoudlane n'Aït Zarhar ; ces zones s'appuient souvent sur les aires protégées existantes ou en projet ;
- Zone C, avec un objectif majeur de développement économique, correspondant au secteur d'Ouarzazate ;
- Zone B, ou zone tampon, avec un objectif majeur de développement compatible avec la conservation, qui correspond à l'ensemble des autres zones, et en particulier à la palmeraie de Skoura. Le zoning ne définit pas les servitudes particulières à mettre en œuvre.



**Figure 58 : Situation du zonage de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain**

La construction du complexe est prévue en zone B. compte tenu des faibles enjeux du complexe vis-à-vis du milieu il n'y a pas d'incompatibilité entre le zoning et le projet de complexe solaire.

La version finale du zoning des aires C et B n'est pas encore décidée.



### 3.8 Milieu humain

#### 3.8.1 Organisation administrative

Administrativement, la zone d'étude relève des structures suivantes :

Région économique de Sous, Massa et Draa ;  
Province : Ouarzazate ;  
Cercle : Ouarzazate ;  
Caïdat : Imghrane ;  
Commune rurale : Ghassate.70

La province d'Ouarzazate s'étend sur une superficie totale de l'ordre de 41 679 km<sup>2</sup> et comptait au recensement de 2004 une population de 782 000 habitants dont 36% repartis en 7 communes urbaines et 64% repartis en 55 communes rurales.

Au sein de cette province, la commune de Ghassate s'étend sur une superficie de 1034 km<sup>2</sup> (selon les délimitations administratives 381 et 382), englobant les contrées ethniques des Igrnane et des Ait Ougrrour. Elle a été délimitée administrativement, en 1992, à partir de terres qui faisaient, depuis 1960, partie des communes d'Imi N'Oulaoun, Toundout, et Ahl Ouasate.

Les limites administratives actuelles de cette commune correspondent à :

La Province d'Azilal au Nord ;  
Les communes rurales de Tarmigt et Idelssane respectivement au Sud et au Sud Est ;  
Les communes rurales d'Ait Zineb au Sud Ouest et Telouet au Nord Ouest ;  
Les communes rurales de Toundout au Nord Est et Skoura Ahl El Oust au Sud Est.

Le site du projet du complexe solaire est sis à environ 10 km au Sud Ouest du centre de la commune Ghassate et à 14 km au Nord Est de la ville d'Ouarzazate.

#### 3.8.2 Statut foncier du site et situation urbanistique

De point de vue foncier, le site du projet était sur un terrain collectif couvrant environ 2500 Ha, appartenant au groupement ethnique Ait Ougrrour Toundout (Délimitation Administrative 382), en particulier les Ait Ougrrour Sud, dont la population est groupée en 9 principaux douars qui sont : Tasselmante, Oum Romane, Essour, Agouddim Izerki, Iznaguene, Tiflite, Igherm Amellal, Tidgheste et Taferghouste. La MASEN a acquis le site au cours du troisième trimestre 2010 selon la réglementation en vigueur.

L'ensemble du terrain du site d'implantation du projet est à vocation pastorale.

D'autre part, selon l'Agence Urbaine d'Ouarzazate - Zagora, le site du projet ainsi que son périmètre rapproché ne sont actuellement couverts par aucun document urbanistique. Toutefois, le périmètre éloigné du site du projet se trouve à la limite des aires couvertes par les documents d'urbanismes suivants :

Le SDAU<sup>14</sup> du Grand Ouarzazate qui est homologué en 2001 ;  
Le PDAR<sup>15</sup> du centre Ghassate en cours d'étude ;  
Le PDAR du centre d'Idalsane prorogé en 2009.

#### 3.8.3 Analyse démographique et socio-économique

<sup>14</sup> Schéma Directeur d'Aménagement Urbain

<sup>15</sup> Plan de Développement des Agglomérations Rurales

#### 3.8.3.1 Analyse démographique

Au recensement de 1994, la population de la commune rurale de Ghassate était de 9843 habitants, avec 1166 ménages. En 2004, la population de cette commune a atteint les 8815 habitants avec un taux de croissance négatif en raison d'un taux de migration de (-2.4%). Le nombre de ménages a atteint les 1233, ce qui reflète la tendance à la subdivision des ménages familiaux traditionnels en ménages nucléaires. En 2009, la population de cette commune rurale en voie de dépeuplement a atteint les 8300 habitants, conséquence directe et continue de l'exode rural.

D'autre part, étant située en partie en zone de montagne très étendue, la commune de Ghassate accuse une densité de l'ordre de 8,8 habitants/km<sup>2</sup> contre une moyenne de 25,5 habitants/km<sup>2</sup> pour les autres communes rurales de la province d'Ouarzazate.

Selon l'étude relative au « Diagnostic Territorial Participatif de la commune rurale de Ghassate », réalisée pour le compte de « la Direction Générale des Collectivités Locales - Agence du Développement Social - Initiative Nationale pour le Développement Humain », en 2009, la migration locale vers les autres communes de la province domine largement. L'émigration est particulièrement élevée vers les communes les plus proches, soit Ouarzazate et Tarmigte. A l'échelle extra-provinciale, l'émigration concerne principalement les autres provinces de la région (Agadir...Etc), et la côte atlantique (Casablanca, Kénitra, Skhirate). La migration internationale touche aussi la commune de Ghassate mais de façon modérée.

La population de cette commune est répartie sur 38 douars appartenant aux groupements ethniques : Igrnan (Montagne) et Ait Ougrrour (plateau et plaine).

La zone d'étude dans son ensemble compte environ 9 principaux douars dont trois seulement seraient les plus proches au site du projet : Tasselmant, Oum Romane et Essour.

Le premier douar est sis au sein du périmètre rapproché du site d'implantation du projet, les deux sites suivants sont sis au sein du périmètre éloigné.

Le tableau ci-dessous compile les principales caractéristiques démographiques des douars relevant de la zone d'étude.

**Tableau 31 : Principales caractéristiques démographiques des douars relevant de la zone d'étude**

Douar	Situation par rapport au site du projet			Habitants		Ménages		Enfant âgés de 6 à 11 ans		Femmes en âge de procréer
	Périmètre	Distance (Km)	Orientation par rapport au site	2004	2008	2004	2008	Filles	Garçons	
Tasselmante	Rapproché	0.500	Est	280	324	40	40	10	12	25
Oum Romane	Eloigné	1.6	Nord Est	40	42	6	8	5	4	4
Essour	Eloigné	3.5	Nord Est	131	190	19	20	24	20	15
Agouddim Izerki	Eloigné	2.3	Nord Est	179	263 *	18	25*	10	14	18
Iznaguene	Eloigné	3.7	Nord Est	112	112	14	13	9	7	10
Tiflite	Eloigné	3.4	Est	400	362	65	57	26	30	40
Igherm Amellal	Eloigné	3.6	Est	150	143	20	20	20	15	20
Tidgheste	Eloigné	3	Est	248	146	42	23	70	40	35
Taferghouste	Eloigné	2.3	Est	134	156	30	23	12	13	28

: y compris la population et ménages des douars Imi'n Tgouflet et Ifred

#### 3.8.3.2 Analyse socio – économique

Notons qu'une étude d'impact socio-économique détaillée, commandée par la MASEN, est en cours de réalisation sur la zone d'étude. Elle sera finalisée au cours de l'année 2011.

3.8.3.2.1 Organisation socio-économique

Au niveau de la commune de Ghassate, la population entièrement rurale, s'active essentiellement dans les domaines suivants : Elevage, agriculture, artisanat et commerce.  
Cette population, s'organise en 51 associations opérant dans différents domaines (social, économique, culturel,...) et couvrant la majorité des douars de la commune. Cas de :

- La « Near East Fondation » pour la lutte contre la désertion scolaire ;
- L'association Techka pour l'exploitation du sel ;
- L'association Rosa et Nour, s'occupant de la promotion des activités féminines et dont un local est implanté au niveau du douar Tasselmante ;
- Les différentes associations locales pour l'approvisionnement en eau « potable ».

Les institutions traditionnelles de type Jmaâ sont encore opérationnelles, quoiqu'elles deviennent de plus en plus limitées suite à l'apparition des associations. Leur rôle principal dans la commune se limite actuellement à :

- L'exploitation et la mise en valeur du patrimoine collectif local ;
- L'octroi aux ayants droit des lots pour la construction d'habitat ;
- L'arbitrage des conflits intra et inter collectivités ;
- Mobilisation des terrains collectifs pour la réalisation d'équipements socio collectifs.

3.8.3.2.2 Activité socio-économique

3.8.3.2.2.1 Elevage

Au niveau de la commune de Ghassate, l'élevage extensif des ovins et des caprins, associé à un élevage d'engraissement des bovins sont les modes les plus fréquents. Les bovins sont élevés dans les maisons par les femmes, la production laitière est consommée localement et les veaux sont vendus pour des commerçants locaux qui tournent dans les douars ou dans les souks hebdomadaires. Les ovins et les caprins sont commercialisés dans le souk d'Ouarzazate.

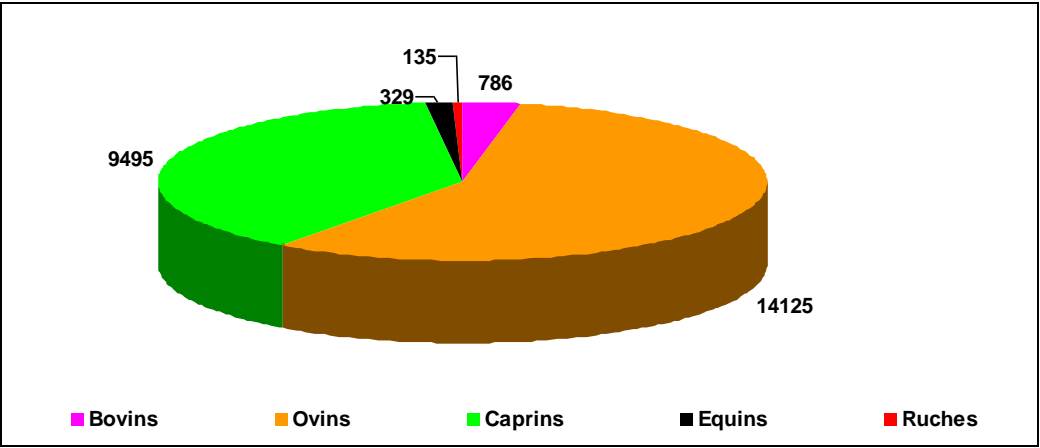


Figure 59 : Recensement animalier - Commune rurale de Ghassate - Etat de décembre 2009

Source : ORMVAO

En année pluvieuse, le bétail s'abreuve dans les flaques des oueds. Partout ailleurs l'eau constitue un facteur limitant pour l'accès et l'installation des troupeaux. En l'absence des pluies, les troupeaux s'abreuvent un jour sur deux seulement avec des implications négatives pour les niveaux d'ingestion et la productivité.

Au niveau des périmètres rapproché et éloigné de la zone d'étude, le cheptel est constitué d'ovins, bovins et caprins. Les effectifs les plus élevés sont enregistrés au niveau des caprins et des ovins (Cf. Tableau ci-dessous) :

Tableau 32 : Recensement animalier au niveau de la zone d'étude - Etat de décembre 2009

	Bovins	Ovins	Caprins
Tasselmante	17	400	1800
Oum Romane	1	39	20
Essour	34	870	1200
Agouddim Iezrki	28	640	100
Iznaguene	16	200	400
Tiflité	15	300	400
Igherm Amellal	3	300	100
Tidgheste	2	200	100
Taferghouste	DND	DND	DND

Source : Caïda des Imghrane ; DND : Donnée Non Disponible

En général, l'élevage bovin est sédentaire. L'élevage des ovins et caprins est transhumant.

Au niveau du site du projet du complexe solaire, malgré la faible offre fourragère locale, quelques bergeries sont localisées sur les bordures Sud et Ouest.

Au pied du plateau, ces limites constituent par endroit, des refuges pour bergers.

3.8.3.2.2.2 Agriculture

Au niveau de la commune de Ghassate, la SAU<sup>16</sup> est de 1797 Ha. Avec 1058 exploitants et environ 13 594 parcelles.

Les principaux systèmes de production identifiés sont :

Cultures irriguées (PMH<sup>17</sup>) :

Localisé exclusivement le long des rivières, ce système de production dit « agriculture saharienne » ou « oasisienne » peut être caractérisé comme suit :

- La superficie totale cultivée dans ces oasis varie d'une année à l'autre selon l'intensité et la régularité des précipitations qui conditionnent les débits des rivières. Cependant on note une tendance à la baisse de ces superficies à cause de la sécheresse devenue structurelle ces deux dernières décades et de la désertification qui en découle ;
- La petite taille des parcelles (quelques mètres carrés) qui, ne permettant pas de mécanisation, impose la réalisation des travaux manuellement ;
- La stratification des systèmes de cultures pratiquées en trois niveaux :
  - Niveau 1 : Palmier dattier, espèce dominante des oasis ;
  - Niveau 2 : Arboriculture fruitière (surtout fruits à noyaux et olivier) installée de manière irrégulière entre les palmiers ;
  - Niveau 3 : Cultures annuelles (blé et légumineuses), culture fourragère (surtout luzerne) et autres cultures (Henné).

<sup>16</sup> Surface Agricole Utile

<sup>17</sup> Petite et Moyenne Hydraulique

- La conduite principalement **biologique** de ces systèmes de cultures. Seul le fumier constitue le principal intrant au niveau des parcelles. On ne note pas d'utilisation de pesticides notable.

**Grandes cultures extensives bour et parcours :**

En dehors des oasis, les grandes étendues du versant sud du Haut Atlas au Nord d'Ouarzazate constituent des parcours naturels avec des espèces spontanées adaptées au milieu. Quelques parcelles de taille limitée sont cultivées en années pluvieuses avec de l'orge sans aucun intrant.

Au niveau des périmètres rapproché et éloigné de la zone d'étude, les cultures dominantes sont essentiellement de type irrigué en PMH le long des vallées. Cas de Tiflité, Tasselmante et autre.

Le site du projet est à sol nu à vocation pastorale.

**3.8.3.2.2.3 Activité touristique**

La commune de Ghassate ne figure dans aucun circuit touristique malgré la présence de kasbahs, vallées, grottes et lac ; et une capacité d'accueil/hébergement évaluée à 47 lits et des moyens de télécommunication (couverture par les réseaux de téléphonie mobile et téléboutiques). Les acteurs du tourisme (guides et faux guides locaux) y font défaut.

Toutefois, au niveau du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate, l'IC a remarqué la présence de groupes de touristes amateurs de motocross et quads.

**3.8.4 Aménagement du territoire, maitrise foncière et occupation des sols**

Au niveau des aires rapprochée et éloignée la zone d'étude, comme partout à Ghassate, les habitations sont groupées ou semi-groupées au sein des douars, dont la majorité se concentre le long des cours d'eau. Les formes d'habitations traditionnelles rurales y sont variables. On y distingue :

- L'abri en pierre sèche ;
- La grande maison en pisé (louh) fortifiée et flanquée de quatre tours d'angle (borj) ;
- Les maisons individuelles.

**3.8.5 Contexte culturel et patrimonial**

Dans l'ensemble de la commune de Ghassate, aucun site d'intérêt historique ou culturel n'est recensé. Toutefois, des sites sépulcraux (marabouts, zaouias, etc) sont à noter.

**3.8.6 Les infrastructures et servitudes**

**3.8.6.1 Alimentation en eau potable**

La commune de Ghassate dispose d'un réseau d'eau potable géré par des associations locales, alimentant la grande partie des ménages dans 36 douars, soit 95 % des douars de la commune (Cf. Tableau ci-après).

**Tableau 33 : Situation de l'eau potable par douar**

Douars	Puits Prives		Puits Collectif		Profondeur en mètres	Bornes fontaines	Châteaux	Forages	Source
	Nombre	Motopompes	Nombre	Motopompes					
Tazilalte	7	7	1	1	24	0	1	0	0
Tanzare	6	6	0	0	13	0	0	0	0
Tasamarte	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ait Ali oumoussa	1	1	1	1	30	0	1	0	0
Amsoul	0	0	1	1	12	0	1	0	1
Abrache	0	0	1	1	12	0	1	0	0
Ait Abdi	0	0	1	1	12	0	1	0	0
Tamsale	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tamtgroute	0	0	1	1	12	0	1	0	0
Ait atmame oyoussef	6	6	1	1	18	0	1	0	0
Imidar	3	3	1	1	32	0	1	0	0
Zawyat ban naji	6	6	1	1	20	0	1	0	0
Ait amar oyoussef	0	0	1	1	35	0	1	0	0
Ait ouarab	6	6	1	1	20	0	1	0	0
Iznaguene	0	0	1	1	32	0	1	0	0
Taslmant izerki	0	0	1	1	32	0	1	0	0
Om rammane	0	0	1	1	32	0	0	0	0
Essour	0	0	1	1	32	0	1	0	0
Agouddim Izarki	0	0	1	1	32	0	1	0	0
Taliwine	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Assaghrou	3	3	1	1	30	0	1	0	1
Timtdite	4	4	1	1	25	0	0	0	0
Ighram Amlal	4	4	1	1	23	0	1	0	0
Tiflité	6	6	1	1	16	0	1	0	0
Agrzagi	0	0	1	1	15	0	1	0	0
Tafghoust	6	6	1	1	40	0	1	0	0
Taurirt	2	2	2	2	25	0	1	0	0
Lahwante	1	0	0	0	17	0	0	0	1
Taghya Imi Ntalate	0	0	1	0	18	0	0	0	1
Taghya Ait Lhaj	0	0	1	0	7	0	0	0	1
Asaka Igrnane	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Ihsirane Igrnane	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tigarte	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Agdime									
Tamzrit Soufla	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tamzrit L'oulya	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Source : Diagnostic Territorial Participatif de la commune rurale de Ghassate (2009)

Au niveau de l'aire rapprochée de la zone d'étude, le taux de branchement des foyers au réseau d'AEP<sup>18</sup> est de 89% au niveau du douar Tasselmante.

<sup>18</sup> Alimentation en Eau Potable



Au niveau de l'aire éloignée, ce taux de branchement est de :

- 100% au niveau des douars Tafergoust, Tidgheste et Igherm Amelal ;
- 96% au niveau de Tiflité ;
- 0% au niveau des douars Agouddim Izerki, Oum Romane, Essour et Iznaguene.

Le type de branchement dominant est individuel.

3.8.6.2 Electrification

La totalité des douars de la commune rurale de Ghassate a été concernée par le Programme d'Electrification Rurale Global « PERG », et les travaux sont en cours d'achèvement.

Le taux d'électrification est passé de 24% en 2004 à 99 % en 2009. Actuellement, les travaux sont en cours pour l'électrification de trois douars (Ait Ouarabe, Ait Atman Ou Youssef et Ait Ali Ou Moussa) parmi les cinq non encore électrifiés.

La gestion et la production de l'électricité sont assurées par l'ONE.

Au niveau des périmètres rapproché et éloigné de la zone d'étude, les 9 douars recensés sont électrifiés. A environ 4km au Sud Est du site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate, le poste source 225/60 est implanté. Le site est traversé par une ligne électrique de 60 kv.



Photo 17 : Ligne électrique de 60 kV traversant le site du complexe solaire d'Ouarzazate



Photo 18 : Douar Tasselmente - Maisons electirifiées

3.8.6.3 Le gaz naturel

Les différentes personnes suivantes ont été contactées :

- Le délégué de l'Agence du Bassin Hydraulique de Souss Massa Draa à Ouarzazate ;
- Le chef du service Infrastructures à la Direction Provinciale de l'Equipement à Ouarzazate ;
- Le chef du service Infrastructures à la Province d'Ouarzazate ;
- Le délégué de l'Energie et Mines à Ouarzazate

D'après eux, aucune source d'alimentation en gaz naturel ni conduite n'est disponible à l'état actuel, ni projetée dans tout le bassin du Souss Massa Draa.

A Ouarzazate, il existe seulement une usine de stockage et de distribution du butane.

3.8.6.4 Infrastructure routière

La commune dispose d'un réseau de pistes long de 260 km, qui permet de rejoindre la totalité des douars de la commune. D'autres pistes sont aménagées par les populations organisées en associations. Soixante-quatre kilomètres de routes bitumées relient Ghassate aux communes voisines.

Tableau 34 : Réseau routier de la commune de Ghassate

	Routes goudronnées	Piste permanente
Longueur (hm)	64	260
Densité Km²/km	0,064	0 ,26
Km/habitant	0,0073	0,029

Source : Diagnostic Territorial Participatif de la commune rurale de Ghassate (2009)

Le réseau routier classé est constitué essentiellement de la RP 1511 et la RR<sup>19</sup> 307.

Le périmètre éloigné de la zone d'étude est limité par deux principales routes goudronnées et classées. Il s'agit des RN 10 constituant sa limite Sud (en particulier le tronçon reliant Ouarzazate à Klaa M'Gouna) et la PR 1511 à l'Est.

<sup>19</sup> Route Régionale



Photo 19 : La RN10 point de départ de la piste menant vers Tasselmante

Un réseau de pistes non classées et non goudronnées menant aux différents douars a été tracé. La majorité de ces pistes a été réalisée dans le cadre du projet de désenclavement de la population rurale.

Le tableau ci-dessous présente les accès des douars de la zone d'étude à partir du siège de la province d'Ouarzazate.

Tableau 35 : Accès des douars de la zone d'étude par rapport au siège de la province d'Ouarzazate

Douar	Route goudronnée	Piste carrossable	Chemin non carrossable
Tasselmante	Inexistante	Environ 13 km	-
Oum Romane	Inexistante	Environ 15 km	-
Essour	Inexistante	Environ 16 km	-
Agouddim Izerki	Inexistante	Existante	-
Iznaguene	Inexistante	Existante	-
Tiflité	Inexistante	1 km	-
Igherm Amellal	20 km	-	500 m
Tidgheste	18 km	-	-
Taferghouste	16 km	-	800 m

Le site du projet est traversé par la principale piste desservant les douars : Tasselmante, Essour, Oum Romane, Agouddim Izerki et Iznaguene. De cette piste divergent d'autres pistes secondaires difficilement carrossables constituant des raccourcis desservant d'autres douars déjà desservis par la route goudronnée.



Photo 20 : Douar Oum Romane - Piste d'accès au douar (à partir de Tasselmante) entre le plateau caillouteux vers l'Est et douar Oum Romane le long de la vallée

3.8.6.5 Moyens de communication disponibles

Transport

Les moyens de transport agréés sont limités à quelques grands taxis au niveau de la commune. Le siège de cette dernière, situé à mi chemin entre la Province d'Ouarzazate et les douars, constitue une étape de transit.

Ce manque de moyens de transport, très ressenti dans la commune, est compensé par le transport informel qui peut dicter ses exigences suivant les conjonctures (jours de fête, période pluvieuse, etc). Des zones de montagnes sont complètement enclavées, excepté le jour du souk pour lequel des fourgonnettes acceptent de s'y rendre.

Les 9 douars implantés au niveau de l'ensemble de la zone d'étude sont les plus désenclavés des douars de la commune.

Télécommunication

La commune compte deux téléboutiques, deux cybers, une antenne du réseau GSM au centre de la commune. L'agence postale qui existe au centre assure les principaux services postaux, essentiellement la distribution des mandats.

3.8.6.6 Assainissement liquide

Dans l'ensemble de la commune rurale de Ghassate, le système d'assainissement est autonome. En général, 70% de la population recourt aux latrines, puits perdus, le reste, opte pour le rejet dans la nature. Aucun système de collecte et/ou de traitement n'est actuellement en place.

3.8.6.7 Assainissement solide

Aucune décharge publique ni point noir de taille importante ne sont repérés in situ. Les déchets ménagers sont incinérés devant les maisons et ne constituent aucun point d'accumulation significatif.

3.8.6.8 Hygiène et Santé

La commune de Ghassate compte :

- Un centre de santé communal (CSC) au centre ;
- Un dispensaire à Imi N'Ouassif.

Pour cette infrastructure sanitaire, les ressources humaines mobilisées se limitent à un médecin au centre de santé communal, soit un médecin pour 8300 habitants (environ 400 consultations par mois). Ce centre dispose d'un stéthoscope, d'un réfrigérateur, d'un appareil pour mesure de la glycémie et d'un tensiomètre. Le centre ne dispose pas de maison d'accouchement, l'hôpital et la maternité les plus proches sont situés à 40 km (Ouarzazate). Une équipe mobile vient de Skoura pour assurer ses visites chaque trois mois aux douars de Ghassate.

Les principales maladies qui touchent la population sont, le diabète, les problèmes de goitre et les infections respiratoires en hiver

Le dispensaire d'Imi N'Ouassif dispose d'un seul infirmier.

Une seule ambulance est disponible pour l'ensemble de la commune.

Selon la Délégation du Ministère de la Santé d'Ouarzazate, aucune maladie d'origine ou à support hydrique n'est et n'a été enregistrée au niveau de l'ensemble de la zone d'étude. Cette zone ne dispose d'aucun passé de maladie à caractère épidémiologique.

3.8.6.9 Autres équipements socio-économiques

La commune rurale de Ghassate, y compris la zone d'étude dispose des principaux équipements socio - économiques suivants :

- Des sites sépulcraux représentés par des :
  - Mosquées : Chaque douar possède au moins une mosquée ;

- Marabouts : Sidi Hnini au Sud de Tasselmante (au niveau du périmètre rapproché du site d'implantation du complexe solaire), Sidi Ait Tlamdayt, Sidi Ahmed El Fallah, Sidi Iregregene (au niveau du périmètre éloigné du site), Etc.
- Cimetières au niveau de chaque douar ;

Des associations et coopératives locales en grande partie féminines ;

Un Souk hebdomadaire fonctionnant chaque samedi « Sebt Ghassate », au niveau du centre de la commune ;

Une infrastructure d'enseignement constituée :

- D'un lycée collégial au centre de la commune et de six groupes scolaires offrant 76 salles. 82% de ces établissements scolaires disposent d'infrastructures sanitaires. Ils sont électrifiés à 14%.
- Internat pour élèves au centre de la commune (Dar talib et dar taliba) ;
- Une école traditionnelle.

Autre infrastructure en projet ou encours d'exécution (Cf. § suivant).

Le projet de construction d'un centre polyvalent (financé par la fondation Mohammed V pour la solidarité).

L'étude d'impact socio-économique en cours de réalisation par MASEN va identifier avec la population les principaux projets de développement.

3.8.7 Principaux projets

Les principaux projets d'investissement prévus en 2009 au niveau de la commune de Ghessat se résument dans le tableau suivant :

Tableau 36 : Projets d'investissement de la commune Ghassate programmés en 2009

Type	Objet des travaux	Lieu d'exécution
Construction	Construction d'un pont sur oued Tamezrite Iguernane	Douar Tamezrite Iguernane
Fonçage de puits	Approfondissement du puits d'AEP	Centre de Ghassate et douars Zaouiaye Bennaji, Ighrem Amelal, Tiflité et Taourirte
Construction	Construction d'ouvrages d'art sur des pistes	Douars : Tamezrite Essoufla Izerki, Zaouiate Talouine Taghia ait El Haj, Tamenagroute, Imider et Tiflité
Construction	Construction de blocs sanitaires et de cuisine à l'école traditionnelleProjet de construction du barrage	Centre de Ghassate
Construction	Construction d'un terrain de football	Centre de Ghassate
Construction	Construction d'un logement de gardien du noyau lycée collégial de Ghassate	Centre de Ghassate
Electrification	Electrification basse tension du puits	Douars Ait Ouarabe, Ait Atman Ou Youssef et Ait Ali Ou Moussa
Electrification	Electrification basse tension du noyau lycée collégial de Ghassate et Dar Talib et Dar Taliba au centre de Ghassate	Centre de Ghassate
AEP	Construction et équipement de la station de pompage du douar Ait Ali Oumoussa	Douar Ait Ali Oumoussa
AEP	Extension et Aménagement des réseaux d'AEP	Douars : Ait Ali Oumoussa, Talouine, Asseghmou, Ihsiran Assaka, Lahouante, Tamezrite et Tiguerte

D'après ce tableau, il semble que les projets d'AEP prennent du poids dans les projets d'investissement de la commune de Ghassate.

D'autres projets sont programmés et/ ou en cours au niveau de cette commune, à citer :

- Le projet de construction d'un barrage sur oued Aseghmou ;
- Le projet de construction de la réserve naturelle d'Iguarnane ;
- Le projet du lotissement Ghassate ;



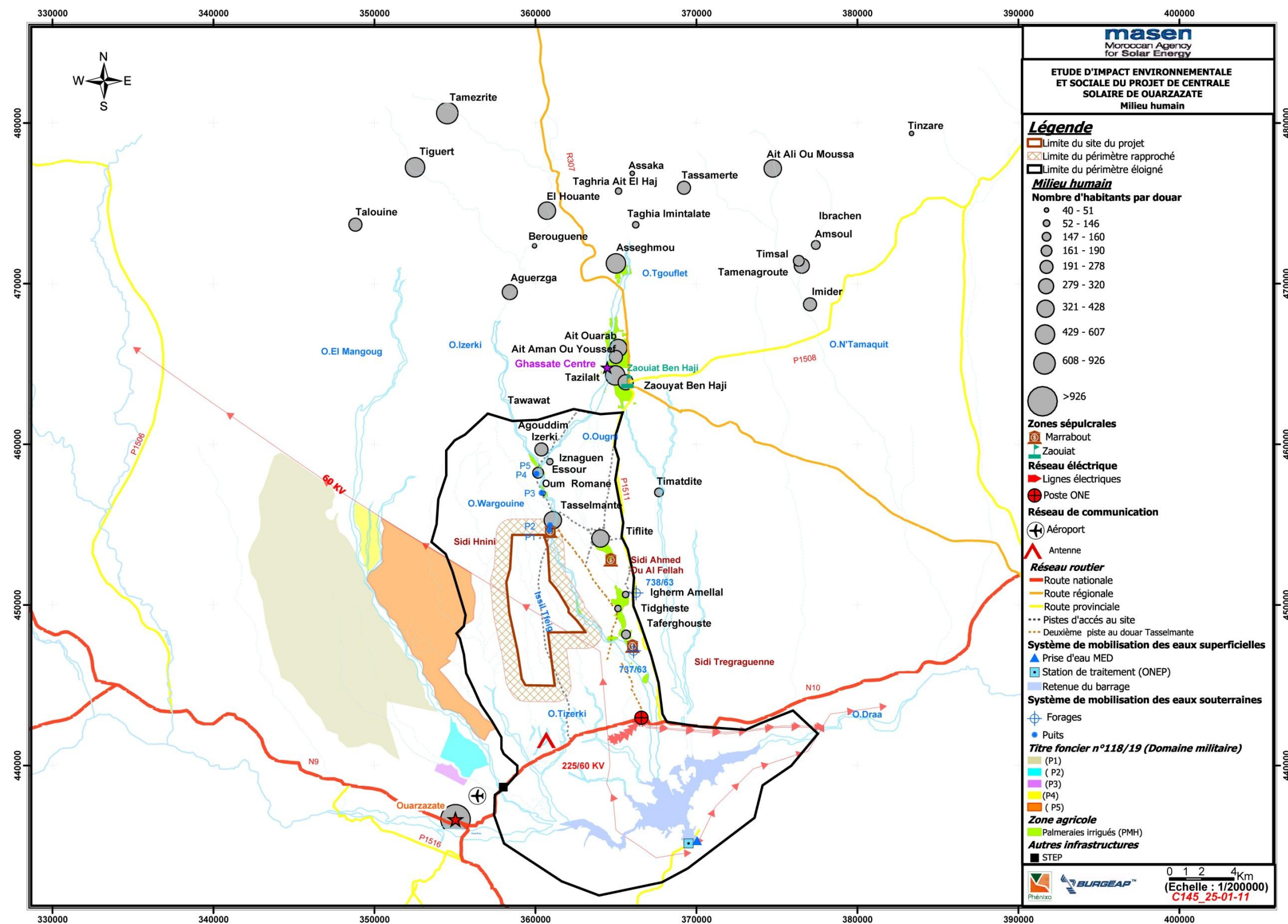


Figure 60 : Inventaire du milieu humain

3.8.8 Le paysage

### **3.8.8.1 Données paysagères générales**

Le site du projet du complexe solaire d'Ouarzazate fait partie des plateaux qui forment le piémont Sud du Haut Atlas central. Avec les oueds qui les traversent, ces plateaux relient la chaîne montagneuse à la dépression occupée actuellement par le barrage « Mansour Ed Dahbi ».

L'exposition de ces plateaux vers le Sud, les précipitations qui ne dépassent pas 200 mm ainsi que les crues provenant du Haut Atlas et la nature des sols très peu évolués formés par des sédiments néogènes et quaternaires sont autant de facteurs qui ont façonné le paysage de cette zone. Ainsi, on se retrouve avec des plateaux rocheux presque dépourvus de sol, des oueds secs en été et torrentiel lors des crues automnales ou hivernales. Le site se trouve dans une zone bioclimatique aride avec une formation pré-steppique et steppique. L'étage de végétation est thermo-méditerranéen dominé par l'armoise (*Artemisia herba alba*) et le jujubier (*Zyziphus lotus*).

Les photos ci-après donnent des indications sur les différents éléments du paysage prévus au sein du projet.



**Photo 21 : Vue sur la partie centrale du site du projet du complexe solaire - Sol caillouteux très peu évolué**



**Photo 22 : Vue sur le côté Ouest du site du projet où l'aspect désertique est dominant**





**Photo 23 : Vue sur le coté Est du site d'étude, le végétal est assez présent**



**Photo 24 : Formation végétale dans une ravine dominée par *Ononis natrix*, *Astragalus* sp. et *Artemisia herba-alba* avec une strate arbustive en *Zyzyphus lotus***



**Photo 25 : Vue sur la limite Nord du plateau depuis le douar d'Oum Rommane**

### **3.8.8.2 Données paysagères locales**

Les unités paysagères que l'on peut distinguer dans le périmètre rapproché de l'aire de l'étude sont : le plateau support du site du projet, la falaise et la vallée de l'oued Izerki.



Le plateau support du site du projet, se trouve encadré par deux vallées. La vallée de l'oued Izerki à l'Est et la vallée de l'oued Wargouine à l'Ouest. La première se caractérise par le passage d'un cours d'eau presque permanent « Oued Izerki » ; ce dernier permet le développement d'une flore assez abondante et irrigue les vergers des douars avoisinants. La seconde vallée traversée par un cours d'eau éphémère « Oued Wargouine » est caractérisée par un paysage sec et aride, une végétation halophile installée dans un périmètre très rapproché au cours d'eau (notamment le *Tamarix aphylla*).

Les abords du plateau se divisent en deux types. Le premier est sous forme d'une pente assez prononcée mais franchissable, laissant s'installer un couvert végétal dispersé. Le second est sous forme de falaise abrupte infranchissable créée par les cours d'eau.



Photo 26 : Le cours d'eau de l'Oued Izerki



Photo 27 : Le Tamarix aphylla (plante halophile) formant la strate arborée aux abords des oueds

### 3.8.8.3 Lecture paysagère in-situ

Le plateau support du site, visuellement plat renferme une richesse paysagère non négligeable. Une pente douce vers le Sud presque uniforme sur tout le plateau. Ce dernier est traversé par des petites dépressions qui naissent dans la partie Nord et deviennent plus profondes en allant vers le Sud. Ces dépressions jouent un rôle primordial dans l'équilibre du plateau rocheux puisqu'elles permettent le drainage naturel des eaux

pluviales et les acheminent vers les oueds de part et d'autre. Ces dépressions sont aussi un lieu favorable au développement d'une flore et une faune assez riche.



Photo 28 : Vue sur une dépression au sein site du projet du complexe solaire mettant en évidence la prolifération des végétaux dans ces endroits sensibles. En premier plan Peganum harmala verte au fond de la dépression se développent l'Ononis natrix, Astragalus sp. et Artemisia herba

Le plateau principal, support du site du projet, par sa nature caillouteuse de son sol, est carrossable partout. Convoité par les amateurs de motocross et quads, on perçoit à sa surface une sorte de toile d'araignée gigantesque formée par les traces des pneus. Cependant, il est traversé par une piste carrossable principale qui dessert le douar Tasselmante en particulier. Sur cette piste, divergent d'autres pistes secondaires qui sont des raccourcis desservant d'autres douars déjà desservis par la RP1511 à l'Est.



Photo 29 : Trace des pneus ajoutant un trait de vie dans un paysage hostile

### 3.8.8.4 Habitat et patrimoine

La ressource en eau est depuis toujours le facteur qui détermine le choix des lieux d'installations des populations, ce qui est le cas autour du site du complexe solaire d'Ouarzazate. En effet, les douars des périmètres rapproché et éloigné de la zone d'étude, sont greffés autour du cours d'eau provenant du Haut Atlas (Oued Izerki) et ses confluent.

Le côté Est et Nord-est du site est plus verdoyant grâce à la présence de l'eau. Les populations avoisinantes ont façonné à travers des siècles les fonds et berges des oueds pour y installer leurs cultures. Les



constructions sont souvent sur les espaces rocheux afin de libérer au maximum la terre fertile à l'agriculture pour subvenir aux besoins alimentaires des habitants et leurs bétails.

En plus de l'eau superficielle qui disparaît en été, les habitants des douars captent les eaux souterraines par puits ou les acheminent par les Khetaras depuis la montagne. Récemment, ces khetaras ont fait l'objet d'une restauration pour alimenter les douars. Ensuite, l'eau est stockée dans des châteaux pour qu'elle soit redistribuée avec une pression permettant de couvrir les besoins de tous les habitants.



**Photo 30 : Un puits traditionnel fonctionnel dans le douar de Tiflité**



**Photo 31 : La palmeraie de Tasselmante ; on distingue bien l'amandier associé au palmier dattier ainsi que les cultures céréalières (ou fourragères)**

Dans les douars de la zone d'étude, les habitations se rassemblent autour d'une kasbah, sur les espaces infertiles, et évitant la trajectoire des crues. Les espaces fertiles sont exploités au maximum, de l'arboriculture (des vergers d'Amandier, Olivier, Grenadier,...) ainsi que les cultures céréalières ou fourragères entre les arbres.

Les constructions sont réalisées par des matériaux puisés dans la nature, la terre en particulier. Malgré la présence de certaines nouvelles constructions en maçonnerie moderne, la construction en pisé reste la plus utilisée, grâce à ces atouts fonctionnels, économiques et culturels.



**Photo 32 : Douar Tasselmante - Contraste entre le nouveau type d'habitat isolé et l'ancien rassemblement d'habitats abandonnés**



**Photo 33 : L'ancien rassemblement d'habitats abandonnés au douar de Tiflité**





**Photo 34 : Nouveau rassemblement du douar de Tiflité autour d'un Kasbah - La mosquée et le château d'eau en construction moderne sont bien évidents**



**Photo 35 : Stock de briques fabriquées par la terre et la paille**



**Photo 36 : Mur construit par la technique du pisé, avec la terre et les galets, avec un couronnement en branches de Jujubier fixées par la terre pour protéger le mur de l'effet érosif des pluies et pour qu'il soit infranchissable**



3.9 Synthèse de l'état initial

Les caractéristiques du secteur d'étude et les compatibilités ou sensibilités vis-à-vis d'un projet de centrale solaire sont listées dans le tableau suivant.

Enjeu très fort	Enjeu modéré
Enjeu fort	Enjeu faible

3.9.1 Milieu physique

Tableau 37 : Synthèse générale de l'état initial – milieu physique

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
Topographie	Il s'agit d'une zone de plateaux plats morcelés par l'érosion, avec des altitudes fluctuant dans une fourchette de valeurs allant de 1100m à 1450m. Leur surélévation au-dessus des vallées des oueds qui les entaillent est de l'ordre de dizaine de mètres. Ces plateaux sont entaillés par des lits de cours d'eau dessinant des vallées verdoyantes localement. Les bordures de ces plateaux sont fragiles avec des éboulements fréquents.	Le périmètre rapproché au site du projet est constitué par une zone de pente ravinée par l'érosion. Au Nord Est et au Sud Est du site du projet, des éboulis argileux sont basculés sur des falaises d'une dizaine de mètres.	Faible	Faible	L'absence de relief est en faveur de faible possibilité de vision lointaine vers le site.  Les enjeux liés à la visibilité du site seront dépendant de la technologie choisie (par exemple les tours pour le CSP qui peuvent atteindre 150m).
Climatologie	<ul style="list-style-type: none"><li>- Le climat de la zone est aride</li><li>- La moyenne interannuelle des températures est de l'ordre de 20°C et le coefficient de variation des températures moyennes mensuelles, est de 7%.</li><li>- Deux périodes humides s'étalant respectivement de mi - septembre à la fin du mois de décembre et de janvier jusqu'à la fin de mars. Ces deux périodes s'alternent avec un épisode climatique sec s'étalant du mois d'avril jusqu'à la mi-septembre.</li><li>- La durée d'insolation moyenne interannuelle est de 288 heures.</li><li>- Les vents dominants soufflent de l'Ouest à Nord Ouest avec des vitesses de 2 à 4 m/s.</li></ul>		Faible		Insolation exceptionnelle (une des plus fortes du monde), très favorable pour un tel projet.
Géologie	Les plateaux morcelés correspondent à des terrains crétacés et éocènes qui s'énnoient sous un complexe détritique tertiaire et quaternaire.  Le long des vallées des cours d'eau les formations géologiques dominantes à l'affleurement correspondent aux alluvions récentes, surmontées de limons.	Le plateau support du site correspond à des terrains crétacés et éocènes qui s'énnoient sous un complexe détritique tertiaire et quaternaire.  Le long de la bordure Est du site, la coupe géologique affleurante sur environ 10m de hauteur montre du haut vers le bas : <ul style="list-style-type: none"><li>- Limons sablo - argileux ;</li><li>- Conglomérats à ciments argileux brun – rouge avec des passées de grès</li><li>- Argiles calcaires brun rouge pâteux.</li></ul>	Faible	Faible	Nature géologique compatible, sous réserve de la prise en compte des résultats de l'étude géotechnique
Eaux souterraines	Au dessous des vallées, gisent des nappes alluviales à eau saumâtre et de faible productivité.	Le plateau support du site est stérile hydrogéologiquement. Au dessous de la vallée de l'oued Izerki, au niveau du douar Tasselmant, circule une nappe alluviale à eau saumâtre et de faible productivité	Aucun	Faible	Les conditions hydrogéologiques locales décrites ne présentent aucune sensibilité notée vis-à-vis du projet quelque soit la variante retenue

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
<b>Eaux superficielles</b>	Le périmètre éloigné est drainé par les confluent de l'oued Izerki à l'Est dont l'assif N'Ougni, l'assif Tizerkit au Sud, l'assif Issil Tfeig au Sud Est et l'oued Wargouine à l'Ouest. Ces cours d'eau sont à régime très irrégulier.	Le périmètre rapproché est drainé essentiellement à l'Est par l'oued Izerki. Ces cours d'eau sont à régime très irrégulier.  Le site du projet est drainé par un réseau de chaabas et cours d'eau à sec, dont Issil Tfeig. Ce dernier coule vers le Sud Est.  Présence du barrage Mansour Eddahbi où les apports moyens sont de 384 Mm3/an.	Faible	Moyen	Régime hydrologique irrégulier. Réseau hydrographique drainant les périmètres rapproché et éloigné ne représentant pas de sensibilité importante vis-à-vis du projet.  Une partie du réseau de chaabas pourra être conservé afin de faciliter les écoulements des eaux.  La disponibilité en eau permet d'envisager un tel projet même en refroidissement humide plus consommateur d'eau
<b>Air</b>	Le périmètre éloigné pourrait être exposé à une pollution routière liée au trafic de la RN10 et la RP1511. Le long du tronçon de la RN 10 reliant Ouarzazate à Klaat M'Gouna, le trafic routier enregistré est de 120 495 véhicule/km/jour (état de 2002), le trafic moyen journalier annuel correspondant est de 1385 véhicules/jour.	Le périmètre rapproché au site du projet correspond à un milieu rural isolé, loin de toute activité industrielle polluante, la qualité de l'air peut être considérée localement bonne. Un seul douar, ne disposant d'aucune infrastructure génératrice de pollution aérienne, y est implanté.	Faible	Faible	Qualité de l'air compatible avec le projet quelque soit la variante retenue
<b>Risques naturels</b>	Risque d'éboulement au niveau des bordures des plateaux morcelés		Modéré		Précautions à prendre pour la stabilité du site d'implantation du projet afin d'éviter les éboulements pouvant toucher ses abords
	- Risque d'inondation - Risque d'invasion acridienne - Risque de vibrations liées aux activités sismiques au voisinage		Faible		Ces risques sont faibles et n'engendrent pas de contraintes pour le projet.
	Le site se trouve au niveau d'une zone à fort risque d'érosion.		Fort		Des mesures devront être mises en place afin de prendre en compte le fort risque érosion au droit du site.

### 3.9.2 Milieu naturel

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques principales du milieu naturel du site d'implantation, et leurs compatibilités avec le projet.

<b>Enjeu très fort</b>	<b>Enjeu modéré</b>
<b>Enjeu fort</b>	<b>Enjeu faible</b>

**Tableau 38 : Synthèse générale de l'état initial – milieu naturel**

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée			Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
					Aire éloignée	Aire rapprochée	
Espaces protégés	La zone d'étude du projet du complexe solaire d'Ouarzazate n'est incluse dans aucune zone naturelle protégée ; toutefois, dans son périmètre éloigné se trouve : <ul style="list-style-type: none"><li>Le lac du barrage Mansour Ed Dahbi, partie d'un site RAMSAR (site du barrage – 6 km au sud du site)</li><li>La Réserve de gazelle dorcas de Bouljir (13 km au nord – ouest du site)</li><li>La Réserve d'Iguernane (15 km au nord – ouest du site)</li><li>Le Site clé de Sbaa Chaab (20 km à l'est du site)</li><li>La Réserve de Biosphère (complexe solaire dans la zone tampon, B de la réserve de biosphère)</li></ul>			Modéré	Aucun	Aucune sensibilité de ces aires vis-à-vis du projet n'est à enregistrer sauf le cas du lac du barrage Mansour Ed Dahbi, sis en aval du site du projet. Ce dernier est sensible à une éventuelle pollution provenant du site.	
Habitat naturel et flore		Milieu	Unité de milieu	Flore			Aucune des espèces floristiques trouvées au niveau du site du projet et son périmètre rapproché n'est considérée comme rare ou menacée  Des valeurs patrimoniales de point de vue faune et flore ont été identifiées,  Le site du projet du complexe solaire est reconnu comme étant de faible valeur patrimoniale.  Les aires à forte valeur patrimoniale se situent en bordures Est et Ouest du site du projet.
		Reg	Reg de terrasse alluviale	28 espèces: Forte diversité	/	Modéré	
			Reg de pente raviné	9 espèces: Diversité faible	/	Faible	
		Pente	Milieu de pente	17 espèces: Assez forte diversité	/	Modéré	
			Ravinements argile gypse	7 espèces: Faible diversité	/	Faible	
		Oued	Lit d'oued Izerki	13 espèces: Faible diversité	/	Fort	
			Oueds secs	41 espèces: Forte diversité	/		
		Artificiel	Douar Tasselmante	Pas de flore sauvage	/	Aucun	
			Oasis cultures	Nombre assez réduit d'espèces, et faible intérêt	/	Faible	
Faune		Milieu	Unité de milieu	Faune			Des mesures pourront être mises en place pour les protéger.
		Reg	Reg de terrasse alluviale	Faible diversité, mais quelques espèces d'intérêt ; site de nourrissage		Modéré	
			Pente	Reg de pente raviné	Faible diversité		
		Milieu de pente		Diversité moyenne, avec espèces d'intérêt (en particulier traquet deuil) ; sites à chauves- souris et refuge (Issil Tfeig)		Fort	
		Oued	Ravinements argile gypse	Faible diversité		Faible	
			Lit d'oued Izerki	Faible diversité		Faible	
		Artificiel	Oueds secs	Assez forte diversité, site de nourrissage fondamental		Modéré	
			Douar Tasselmante	Très peu d'espèces et espèces banales		Faible	



Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
Paysage	<p>Le site est caractérisé par l'absence d'obstacles physique (espace dégagé), la planéité de sa surface (pente très légère de 1.1%) ainsi que sa proximité de la route (RN10).</p> <p>Après exploration et prospection de l'environnement avoisinant le site du projet. Il s'avère que la situation du site choisi et sa géomorphologie se prêt parfaitement à la réalisation de ce projet. La nature des installations ne présente pas d'impact visuel majeur, vu leur très basse hauteur et vu la situation du plateau (son altitude et son positionnement loin des douars).</p> <p>Notant que tout les douars avoisinants le site du projet sont installés dans la vallée (pour s'approcher aux sources d'eaux) ce qui réduit le champ visuel du plateau à presque 0% (on aperçoit que la ligne de crête du haut du talus).</p> <p>Le plateau support du site, visuellement plat renferme une richesse paysagère non négligeable. Une pente douce vers le Sud presque uniforme sur tout le plateau.</p>	Faible	Modéré	<p>Le site accuse peu d'enjeux en termes de co-visibilité lointaine</p> <p>Quelques précautions sont à prendre afin de gérer les enjeux locaux quelque soit la variante retenue</p>	

3.9.3 Environnement socio-économique

Le tableau suivant synthétise les caractéristiques principales de l'environnement socio-économique du site d'implantation du projet, et leurs compatibilités avec le projet.

Enjeu très fort	Enjeu modéré
Enjeu fort	Enjeu faible

Tableau 39 : Synthèse générale de l'état initial – environnement socio-économique

Thème	Caractéristiques aire d'étude éloignée	Caractéristiques aire d'étude rapprochée	Niveau d'enjeu		Compatibilité avec le projet
			Aire éloignée	Aire rapprochée	
Population	La commune de Ghassate comptait en 2009 8300 Habitants avec une densité de l'ordre de 8,8 Habitants/km²  Le périmètre éloigné compte environ 8 douars repartis à l'Est et au Nord Est du site du projet	Seuls quelques habitats isolés du douar Tasselmante sont implantés au niveau du périmètre rapproché mais le site n'abrite aucune construction à détruire.	Faible	Faible	Le projet est situé au sein d'une zone à faible densité de population. Aucune habitation n'est présente directement sur le site du projet.  Le projet produira 500 MW (1150GW/an)  Tous les ayant droits des Ait Ougrrour Toundout ont été indemnisés selon les procédures en vigueur.
Activité économique	La population entièrement rurale, s'active essentiellement dans les domaines suivants : Elevage, agriculture, artisanat et commerce		Faible		A l'état actuel, il n'existe pas de centrale solaire dans la région, ni d'ailleurs au Maroc, cette centrale s'ajoutera aux activités économiques locales et pourra compléter la taxe professionnelle locale.
Patrimoine culturel et touristique	Aucun site d'intérêt historique ou culturel n'est recensé. Toutefois, des sites sépulcraux (marabouts, zaouias, etc.) sont à noter au niveau des deux périmètres rapproché et éloigné.  Le tourisme n'est pas particulièrement développé au niveau de la zone du projet.		Faible		Le site du complexe solaire d'Ouarzazate n'est sis à proximité d'aucun site d'intérêt patrimoniale  Aucune sensibilité vis avis des sites sépulcraux n'est à identifiée vis-à-vis du projet
Servitudes et urbanisme	la zone d'étude, y compris le site du projet, n'est actuellement couverte par aucun document urbanistique. Cette zone se trouve à proximité des aires couvertes par les documents d'urbanismes suivants : - Le SDAU du Grand Ouarzazate qui est homologué en 2001, le PDAR du centre Ghassate en cours d'étude et le PDAR du centre d'Idalsane prorogé en 2009.  Le douar Tasselmante inclus dans le périmètre rapproché ainsi que les douars du périmètre éloigné soient : Oum Romane, Essour, Agouddim Izerki, Iznaguene, Tiflite, Igherm Amellal, Tidgheste et Taferghouste, appartiennent au groupement ethnique des les Ait Ougrrour Par contre, il ne faut pas négliger la piste d'accès au douar Tasselmante, qui traverse le site du Sud au Nord. Cette piste d'accès fait actuellement 14km, jusqu'au douar de Tasselmante. Au démarrage du projet, cette piste devra être déviée.		Aucun		Le site du projet est hors délimitation de tous les documents urbanistiques définis dans la zone  Tous les ayant droits des Ait Ougrrour Toundout ont été indemnisés.
Bruit et vibrations Ambiance sonore	Les extrémités méridionale et orientale du périmètre éloigné, bordées respectivement par la RN10 et la RP 1511, peuvent être impactées par le bruit du trafic routier.  Ponctuellement, le site peut être impacté par les activités du champ de tir militaire (à 2 km du site du projet) et par l'aéroport international d'Ouarzazate (à 7 km).	Aucune source de bruits remarquables, ni un niveau sonore inhabituel ne sont détectés.	Faible	Faible	Le site du projet est inhabité, et loin de toute habitation  Le douar le plus proche, soit Tasselmante, sera a priori protégé de toute nuisance sonore émanant du site.

La zone d'étude parait donc favorable à l'implantation d'un parc solaire sous réserve de la prise en compte des différentes contraintes existantes et d'une étude de variantes d'implantation permettant de proposer la meilleure solution possible.

## 4 Les impacts de l'installation sur l'environnement et les mesures compensatoires associées

### 4.1 Méthodologie

Ce chapitre présente les impacts potentiels du projet sur l'environnement, tout d'abord les impacts généraux d'un parc solaire, puis les variations selon les technologies. L'utilisation d'un code couleur permet de comparer aisément les impacts des différentes technologies.

Dans le cas où des impacts sont identifiés, des mesures visant à supprimer ou compenser ces impacts sont proposées.

L'évaluation des impacts est le résultat du croisement entre l'état initial réalisé, le projet technique et le retour d'expérience.

L'appel à projets étant ouvert sur la technologie à mettre en place, parmi les 4 variantes présentées en partie 1.3 soient :

- le cylindro-parabolique,
- la tour solaire,
- le photovoltaïque sans tracker,
- le photovoltaïque avec tracker (intégrant le photovoltaïque à concentration),

Le descriptif détaillé du projet ne sera disponible qu'à la suite de la sélection de la ou des entreprises qui seront en charge du développement du projet.

**L'évaluation des impacts du projet réalisée dans le cadre de la présente étude est basée sur les données dorées-et-déjà disponibles, préparées par le bureau technique de la MASEN et présentées ci-avant en partie 1.3.**

**Dans une démarche d'exhaustivité et afin de prendre en compte les impacts maximaux du projet, la méthodologie suivante a été adoptée pour l'évaluation des impacts : les impacts sont évalués pour chaque variante pour une centrale solaire de 500 MW composée uniquement d'une technologie. L'impact retenu est le l'impact le plus fort des 4 variantes. Ceci est réalisé pour chaque domaine environnemental et sociétal étudié. Les impacts seront donc surévalués.**

**Ainsi, il est certain que l'impact réel du complexe solaire, qui sera en fait un mélange de plusieurs technologies, sera bien moindre que ce que nous présentons dans la présente étude.**

**Cette méthodologie a été retenue et validée en concertation avec les bailleurs de fonds et avec le Comité National des Etudes d'Impact sur l'Environnement lors de la réunion de cadrage qui s'est tenue le 10 décembre 2010.**

Le code couleur suivant sera utilisé afin d'évaluer l'importance des impacts :

Impact très fort	Impact modéré	Impact positif faible
Impact fort	Impact faible	Impact positif fort

L'ensemble du projet présenté en partie 1.3 (centrale solaire mais aussi équipements et utilités) est ici évalué. Notons cependant que l'impact des projets annexes à la mise en place du complexe, soient la création des lignes électriques et des postes de raccordement ONE, la création d'une canalisation d'eau depuis le barrage afin d'alimenter la centrale, ainsi que la création d'une nouvelle piste permettant d'accéder au douar Tasselmante, seront traités ultérieurement lors d'études spécifiques. Cette étude d'impact environnemental et social spécifique permettra de prendre en compte les spécificités de la

centrale et des installations connexes qui seront nécessaires. Cette étude "spécifique" sera également conforme aux exigences des institutions financières internationales.

Le projet sera mis en œuvre par tranchées différents développeurs. Chacun des développeur réalisera une étude d'impact sur l'environnement détaillée.

### 4.2 Milieu physique

#### 4.2.1 Géologie et sols

##### 4.2.1.1 Impacts

Un projet de parc solaire peut avoir des incidences sur les sols, notamment durant la phase de travaux.

Les impacts potentiels sur le sol sont les suivants :

- imperméabilisation du sol,
- tassement du sol,
- érosion du sol,
- pollution chimique.

Lors de la phase chantier, les sols subiront des travaux superficiels :

- pour la création des voiries internes,
- pour l'ancrage des héliostats ou des panneaux solaires,
- pour l'installation des locaux techniques et des bureaux,
- pour la mise en place des câbles électriques (tranchées),
- pour l'installation des cuves de stockage thermique (pour les projets CSP),
- pour l'installation des tours et des bâtiments abritant la centrale de production d'électricité, pour les projets CSP.

#### L'imperméabilisation du sol

Une piste permettant d'accéder au site existe déjà (piste desservant le douar Tasselmante et partant de la RN10 en direction d'Errachidia), et celle-ci traverse tout le site. Cette piste sera déplacée dans le cadre du projet afin de maintenir l'accès au douar.

L'accès au site sera aménagé et des voiries internes et un parking seront créés. Cependant, la création d'un parc solaire ne nécessite pas d'imperméabilisation des voiries d'accès ni des voiries internes, hormis en cas d'émissions de poussières trop importante.

**Selon la technologie choisie, les besoins en imperméabilisation du sol diffèrent grandement.**

Ces différences sont liées au mode d'ancrage des panneaux / héliostats, à la présence ou non d'une unité de conversion de la chaleur, et au besoin plus ou moins élevé d'employés à temps plein lors de l'exploitation (comme nous le verrons en partie 4.5, les technologies PV requièrent beaucoup moins de personnel que les technologies CSP).

**Les besoins en béton pour l'ancrage des structures du champ solaire dépendent à la fois du type de sol** au droit du site (par exemple, dans un environnement sableux, les besoins seront très importants pour l'ancrage des trackers), **mais aussi de la contrainte mécanique liée au vent** (pour les technologies sensibles au vent, en particulier les capteurs cylindro-paraboliques, le coulage de béton, au-



dessus du sol, permet d'ajouter du poids à la structure)<sup>20</sup>. Ainsi, les besoins à la fois horizontaux (surface) et verticaux (profondeur dans le sol ou hauteur au-dessus du sol) varient beaucoup selon la technologie choisie.

Au niveau du site, la géologie ainsi que les caractéristiques géotechniques locales semblent propices à la mise en place des structures du champ solaire. Les résultats de l'étude géotechnique effectuée pour le compte de l'ONE, dans le cadre de la présente étude (cf. § 4.6.2.1.), révèlent que compte tenu de la stratigraphie des sols en place, en faveur d'un massif de conglomérats et d'alluvions grossières et présentant de bonnes caractéristiques géotechniques, les dispositions pratiques suivantes ont été proposées :

- Fondation des ouvrages projetés dans la formation alluvionnaire ou conglomératique ;
- Profondeur de fondation minimum de 5 à 6 m sous le terrain naturel ;
- Ancrage minimum de 0,50 m dans la couche alluvionnaire, ou dans la couche conglomératique, quand elle est rencontrée<sup>21</sup>;
- Adoption d'un taux de travail sécuritaire de 3,5 kg/cm<sup>2</sup> ;
- Liaisonnement des semelles isolées par des longrines, dans les deux directions.

D'autre part, les terrains au niveau du site sont plats et caillouteux, ce qui diminuera fortement le besoin de terrassement pour la mise en place du projet.

A priori, il n'est pas forcément nécessaire d'installer une dalle béton sous les installations de refroidissement sec ou humide des CSP.

Le tableau suivant détaille l'évaluation des impacts liés à l'imperméabilisation du sol selon les technologies.

Ces chiffres sont des estimations, et sont bien entendu dépendants de la technique employée et de la puissance unitaire des installations.

**Tableau 40 : Impacts liés à l'imperméabilisation du sol**

Technologie	Besoins en imperméabilisation	Impact
Photovoltaïque sans tracker (sans stockage batterie)	Dalle des locaux techniques (transformateurs, onduleurs) (6 000 m <sup>2</sup> environ) Ancrages des panneaux (1000 m <sup>2</sup> pour des ancrages par pieux et 5 000 à 6 000 m <sup>2</sup> pour des ancrages nécessitant des plots béton) Bâtiment administratif et parking (200 à 300 m <sup>2</sup> pour 25 personnes environ) <b>Soit un total maximum de 12 300 m<sup>2</sup>.</b>	Faible
Photovoltaïque avec tracker (sans stockage batterie)	Dalle des locaux techniques (transformateurs, onduleurs) (6 000 m <sup>2</sup> environ), Bâtiment administratif et parking (200 à 300 m <sup>2</sup> pour 25 personnes environ) Ancrage structure des trackers (400 000 m <sup>2</sup> environ) <b>Soit au total d'environ de 406 000 m<sup>2</sup></b>	Fort
Capteurs cylindro-paraboliques	Bâtiment turbine (12 000 m <sup>2</sup> ), Cuves de stockage de l'énergie thermique (20 000 m <sup>2</sup> pour 500 MW pour 4h)	Fort

<sup>20</sup> D'après FirstSolar, les contraintes au vent sont 10 fois supérieures pour les CSP que pour les PV, ce qui implique des fondations beaucoup plus importantes.

<sup>21</sup> Pour certains ouvrages, sollicités horizontalement (vents-séisme) l'ancrage peut être plus important et déterminé par un calcul de stabilité aux sollicitations horizontales

Technologie	Besoins en imperméabilisation	Impact
	Bâtiment administratif et parking (2 000 m <sup>2</sup> environ pour 500 personnes) Ancrage structure des capteurs (400 000 m <sup>2</sup> environ) <b>Soit au total maximum de 434 000 m<sup>2</sup></b>	
Tour solaire	Bâtiment turbine (12 000 m <sup>2</sup> ), Dalle des tours (4 tours de 50 à 100 m <sup>2</sup> soit environ 400 m <sup>2</sup> ), Cuves de stockage de l'énergie thermique (20 000 m <sup>2</sup> pour 500 MW pour 4h) Bâtiment administratif et parking (2 000 m <sup>2</sup> environ pour 500 personnes) Ancrages des panneaux (1 000 m <sup>2</sup> pour des ancrages par pieux) <b>Soit au total d'environ 35 000 m<sup>2</sup></b>	Modéré

L'imperméabilisation des sols implique des impacts indirects, liés à la production de béton : consommation de ressources naturelles épuisables (granulats), consommation d'eau, rejets atmosphériques des fours pour produire le ciment, consommation éventuelle d'adjuvants polluants, etc.

#### **Le tassement du sol**

La circulation des véhicules de chantier et la mise en place des différents équipements du parc solaire engendreront un **tassement du sol**. La géologie du site étant de type argileux, des fluctuations peuvent intervenir en fonction des pluies : c'est le phénomène de retrait-gonflement des argiles. Rappelons à ce propos qu'à la suite d'étés de sécheresse, de rapides et violentes averses torrentielles tombent à l'automne dans cette région.

Ainsi, les travaux liés au projet pourront entraîner des fluctuations du sol avec des tassements et des gonflements selon les secteurs. Cependant, notons qu'au vu de la topographie du site (pente très douce d'environ 1%), aucun nivellement ou remblaiement d'importance ne sera nécessaire, si les ravines sont évitées pour l'occupation du projet.

La circulation sur le site sera très dépendante de la technologie employée. En effet, le CSP demande beaucoup plus de déplacements sur site que le photovoltaïque, à la fois pendant les travaux et pendant l'exploitation.

#### **L'érosion**

Au vu de l'occupation actuelle du sol (sols nus caillouteux), aucun défrichement important ne sera nécessaire. Seul un débroussaillage rudimentaire pourra s'avérer nécessaire. Le sol étant déjà à nu, le projet n'aura qu'un impact très faible sur les phénomènes d'**érosion**, déjà importants dans le secteur.

Cependant, la présence des panneaux ou miroirs engendrera une modification des écoulements des eaux pluviales. Cette problématique est traitée en partie 4.2.3 « Eaux superficielles ».

#### **La pollution**

Une **pollution** accidentelle des sols pendant les travaux peut survenir. Elle peut consister en :

- un déversement de produits dangereux stockés sur site,
- une fuite de liquide hydraulique ou d'hydrocarbure sur des engins de chantier,
- déversements causés par des accidents de circulation.

- Une fuite accidentelle du fluide caloporteur à la mise en charge des circuits avant exploitation.

Lors de la phase d'exploitation, les sols, superficiels ou profonds, seront peu impactés par l'activité du site. En effet, les travaux de terrassement (compactage ou apport de terre) seront minimes durant cette phase. Seule la circulation de véhicules des employés du site pourra impacter le site. L'impact diffère donc en fonction du nombre d'employés sur site.

De plus, comme vu précédemment, il n'y a pas de risque d'augmentation de l'érosion éolienne sur le site du projet, le sol étant déjà à nu, et à fortiori si la végétation spontanée reprend ses droits.

**Concernant la pollution, seules les CSP représentent un risque** de pollution accidentelle par fuite au niveau des zones de stockage et d'utilisation d'huile synthétique et/ou de sels fondus, et de fioul.

**L'huile synthétique** utilisée pour la technologie des capteurs cylindro-paraboliques se décomposant avec la température, elle doit être changée régulièrement. Ainsi, 2 à 3% de l'ensemble du volume doit être remplacé chaque année, soit 350 à 500 m<sup>3</sup> par an pour la centrale d'Ouarzazate (pour mémoire, comme présenté en partie 2.7.2, environ 16 800 m<sup>3</sup> d'huile synthétique seront nécessaires au total pour le fonctionnement du complexe).

Ceci ajoute des risques importants de pollution liés au stockage et au transport de l'huile neuve et usée, aux risques inévitables de fuites dans les kilomètres de canalisations, en particulier au niveau des vannes et des joints. Le taux de fuite sur la centrale de Kramer Junction aux Etats-Unis (puissance de 30 MW) serait de 0,5%/an, soit **840 m<sup>3</sup> d'huiles chaque année pour une centrale de la taille du projet d'Ouarzazate.**

Concernant les **sels fondus** utilisés pour le stockage thermique dans le cas des tours solaires et du cylindro-parabolique, les risques de fuite sont beaucoup plus faibles puisque l'utilisation est localisée et non dispersée sur des kilomètres de canalisation comme pour l'huile synthétique. De plus, les sels sont solides à température ambiante, et ils seront stockés dans des cuves étanches, sur sol imperméabilisé ; le risque de percolation dans les sols reste donc limité. De plus les sels restent à niveau constants et ne se dégradent pas, il n'y a donc pas besoin d'appoint.

Enfin, dans le cas d'une technologie CSP, comme vu au paragraphe 0, une alimentation en combustible fossile (**fioul ou gaz**) sera nécessaire au fonctionnement de la centrale, comme source d'appoint. Une alimentation et un stockage devront être prévus. Le risque de fuite, lié à la manipulation de ce combustible, est présent. Les volumes seront limités au maximum (besoin de 16 T/jour au maximum en cas de gas-oil pour 500 MW) et tout stockage et manipulation sera faite sur sol imperméabilisé, muni de rétentions de volume adéquat. Ainsi le risque de pollution des sols est faible.

Tableau 41 : Impacts liés à une pollution accidentelle

Technologie	Produits polluants requis	Impact
Photovoltaïque sans tracker (sans stockage batterie)	Aucun	Aucun
Photovoltaïque avec tracker (sans stockage batterie)	Aucun	Aucun
Capteurs cylindro-paraboliques	Huile synthétique (fluide caloporteur) Sels fondus (stockage thermique) – risque faible Combustible fossile (Fuel)	Très fort

Tour solaire	Sels fondus (stockage thermique) – risque faible Combustible fossile (Fuel)	Faible
--------------	--	--------

Concernant la technologie CSP, le fonctionnement du complexe de production engendre l'utilisation de produits potentiellement polluants pour la maintenance ou le process (huile, lubrifiant, chlore...). Cependant, l'ensemble des activités se déroulera à l'intérieur d'un bâtiment, le risque de pollution accidentel sera ainsi très faible.

Les transformateurs à huile peuvent également être à l'origine de pollutions.

**L'installation du complexe solaire n'aura pas d'impact sur l'érosion. Des tassements sont par contre à prévoir et des pollutions accidentelles peuvent survenir. Concernant l'imperméabilisation du sol, l'impact varie grandement selon la technologie choisie, en particulier selon le type d'ancrage (massif béton ou pieux).**

**Lors de la phase d'exploitation, l'impact d'une centrale solaire sur le sol et le sous-sol est minime. Seul dans le cas de l'utilisation d'huile synthétique comme fluide caloporteur un risque de pollution des sols existe.**

#### **4.2.1.2 Mesures compensatoires**

##### Phase chantier

Une étude géotechnique est actuellement en cours de validation par MASEN. Ses résultats permettront de prévoir la disposition et le système d'ancrage au sol, ainsi que l'emplacement des bureaux administratifs et des locaux techniques, aux contraintes du site et d'adapter au besoin la section ou la longueur des ancrages. Les résultats de cette étude pourront être présentés dans une version ultérieure de ce document.

Une zone tampon devra être préservée au niveau des limites du site, où des éboulements ont été constatés.

Une étude hydrologique permet également d'identifier les solutions de gestion des eaux pluviales.

En début de chantier, un pré-aménagement du terrain sera réalisé afin de matérialiser les voies principales de circulation.

Par ailleurs, des précautions seront imposées aux entreprises chargées d'effectuer les travaux :

- assurer un bon entretien des véhicules pour limiter tout accident. Les opérations de maintenance et de nettoyage pourront être effectuées sur le site sur une zone pré-identifiée et aménagée (imperméabilisation, recueil des effluents) ;
- les stockages de produits potentiellement polluants (carburants et huile moteur) seront limités au maximum sur le site. Les produits seront stockés dans des fûts à double enveloppe. Le cas échéant, des rétentions d'un volume suffisant seront utilisées. Le rejet au milieu naturel de ces substances sera interdit. Elles devront être collectées et évacuées par des filières spécialisées de traitement des déchets dangereux ;
- définir l'emprise du chantier par un bornage afin de réduire toute incidence sur son environnement ;
- les véhicules lourds et légers devront justifier d'un contrôle technique récent ;
- l'accès au chantier et au site en règle générale sera interdit au public ;
- les substances non naturelles ne seront pas rejetées sans autorisation et seront retraitées par des filières appropriées conformément à la réglementation ;
- le cahier des charges relatif aux normes de chantier devra être respecté.

Enfin, l'entreprise mettra en place et justifiera les moyens nécessaires pour limiter les salissures de boues à l'extérieur du chantier (nettoyage éventuels des roues à l'eau avant la sortie du site).

La production de déchets sera limitée autant que possible à la source, notamment par l'utilisation d'éléments recyclables. Chaque entreprise a la responsabilité du ramassage, du tri et de l'acheminement vers les filières de valorisation et/ou de traitement des déchets qu'elle génère, y compris les déchets d'emballage.

##### Phase d'exploitation

Les impacts varient fortement d'une technologie à l'autre. Selon le choix technique, des mesures particulières seront à prendre en compte : gestion des huiles usagées et du risque de pollution des sols par de l'huile synthétique (capteurs cylindro-paraboliques), risques liés au fonctionnement des turbines et du stockage thermique et à la présence d'une source d'alimentation en combustible fossile (pour le CSP).

D'une manière générale, le photovoltaïque engendre beaucoup moins d'impacts sur le sol que le CSP. Dans le cas du CSP, les mesures suivantes seront prises :

- cuves de sels fondus parfaitement étanches,
- zones de stockage et de manipulation des produits (produits d'entretien et de maintenance, fioul, sels fondus) sur zone imperméabilisée et équipée de rétentions de volumes adéquats,
- en ce qui concerne les huiles thermiques (cas du cylindro-parabolique) :

- le choix s'est porté de préférence vers un produit présentant les meilleures caractéristiques de biodégradabilité sans porter atteinte aux performances techniques,
  - le circuit sera étanche et les vannes entretenues régulièrement,
  - des bacs de rétention seront mis en place au niveau des installations de pompage
- une procédure spécifique de réaction en cas de déversement de produit polluant sera mise en place.

Une formation sera dispensée à tous les employés dès leur arrivée et des exercices pratiques seront réalisés.

Du matériel absorbant devra être mis à disposition à intervalles à proximité des transformateurs et des stockages éventuels d'huile ou autres produits dangereux. En cas de fuite ou de déversement, les produits souillés seront collectés et évacués par des filières spécialisées dans les déchets dangereux.

Aucun transformateur au pyralène ne sera mis en place sur le site. De préférence, des transformateurs secs seront utilisés. Si cela n'est pas possible, les transformateurs à huile seront disposés sur des rétentions.

Afin de limiter les effets de l'érosion sur le site, le projet prévoira de laisser la végétation reprendre ses droits. En effet, le champ solaire ne constitue pas un obstacle à la croissance de la végétation (cf. partie 3.7).

#### **4.2.2 Eaux souterraines**

##### **4.2.2.1 Impacts**

Les besoins en eau du complexe solaire seront uniquement fournis par les eaux superficielles (aucun forage prévu), le seul impact que pourrait avoir le parc sur les eaux souterraines concerne le risque de pollution accidentelle, traité ci-dessus pour les sols.

Or, la nappe au droit du site est peu vulnérable :

- au niveau de la zone d'étude, il n'existe pas de nappe d'eau souterraine générale d'intérêt patrimonial,
- dans les puits situés aux alentours du site d'étude, le niveau de la nappe est situé à plus de 10 m de profondeur,
- au droit du site, des forages pétroliers effectués par le service de l'eau d'Ouarzazate n'ont pas trouvé d'eau,
- les puits s'alimentent majoritairement en eaux superficielles, à cause de la salinité des eaux souterraines, la faible épaisseur et la forte variabilité saisonnière des nappes gîtant dans des couches alluviales minces et très proches de la surface.

Ainsi, l'impact du projet sur les eaux souterraines est minime.

##### **4.2.2.2 Mesures compensatoires**

Les mesures compensatoires prévues pour la protection des sols permettront également d'éviter une pollution accidentelle des eaux souterraines.



### 4.2.3 Eaux superficielles

#### 4.2.3.1 Impacts

##### Les impacts sur le régime hydrique

- Le rejet d'eaux pluviales sur le sol

Dans les centrales solaires actuellement en fonctionnement, on constate une emprise de champs solaires allant de :

- 2 à 3 ha/MW pour les parcs photovoltaïques (donnée constructeur),
- 3 à 4 ha/MW pour les trackers (donnée constructeur),
- 0,5 à 1 ha/MW pour les capteurs cylindro-paraboliques, (uniquement la surface des panneaux)
- 0,75 à 2 ha/MW pour les tours solaires.

Il n'est pas possible d'effectuer une simple règle de 3 pour calculer l'emprise au sol du champ solaire car celle-ci dépendra de nombreux facteurs propres au site comme l'irradiation et la latitude, et liés à la production souhaitée, comme le nombre d'heures de production souhaité par jour. Seule une étude technique spécifique le permettra.

**Cependant, il en ressort qu'a priori le champ solaire devrait couvrir moins d'un tiers des 2 500 ha de la surface du projet dans le cas d'une CSP et de 40 à 80% de la superficie dans le cas de la technologie PV.**

De plus, quelque soit la technologie choisie, il n'y aura pas à proprement parlé de couverture des sols. Les panneaux et les héliostats ne sont pas jointifs, l'eau de pluie peut rejoindre les sols entre chaque unité et s'infiltrer dans les sols, entre les panneaux ou miroirs et sous les panneaux / miroirs. Les gouttes d'eaux seront au maximum déplacées d'une distance correspondant à la largeur des panneaux/miroirs par rapport à l'endroit où elles seraient tombées sans leur présence. La présence des panneaux / miroirs aura pour seul effet de concentrer très localement (en bas de chaque panneau) au moment de l'impact, les zones d'apport de pluie sur le sol. Cette eau diffusera ensuite sur les sols de la totalité du site. La perméabilité des sols donc leur capacité d'infiltration ne sera pas modifiée par le projet.

**Ainsi, quelque soit la technologie retenue, les espacements entre les modules permettent en grande partie l'écoulement des eaux de pluie.**

Des études sur une structure photovoltaïque ont montré que « les précipitations tombant sur les panneaux inclinés rebondiront hors des panneaux, ou couleront vers le bas de chaque panneau, et se déposeront sur la végétation en contrebas. Cela pourrait modifier le taux d'écoulement des eaux à une très petite échelle, mais en fait, une fois sur le sol, l'eau s'écoulera exactement dans la même direction que dans les conditions préexistantes. L'eau s'écoulera sous et autour des panneaux, de telle sorte que le site disponible pour l'infiltration et les précipitations ne sera pas sensiblement différent de ce qui existe sous les conditions actuelles.»

**Les surfaces imperméabilisées** auront par contre une influence sur les écoulements pluviaux. Comme vu précédemment, l'importance de ces surfaces dépend beaucoup de la technologie solaire choisie :

- Environ 1,2 ha pour les parcs photovoltaïques sans tracker, soit 0,03 % de la surface totale du site (2 500 ha),
- Environ 40 ha pour les parcs photovoltaïques avec tracker, soit 1,1 % de la surface totale du site,
- Environ 44 ha pour les capteurs cylindro-paraboliques, soit 1,3 % de la surface totale du site,
- Environ 4,4 ha pour les tours solaires, soit 0,1 % de la surface totale du site.

Cependant, la surface imperméabilisée restera faible au regard de la surface totale du site (moins de 1,3%). De plus, ces surfaces ne sont pas d'un seul tenant, ce qui permettra l'infiltration des eaux sur l'ensemble du site.

##### La consommation, les rejets

En phase chantier, le projet consommera une quantité d'eau faible, pour la maîtrise des émissions de poussières (arrosages) et les installations sanitaires de la base vie.

Le site sera alimenté à partir du barrage Mansour Eddahbi après autorisation donnée par l'agence de bassin hydraulique du Souss Massa.

Une fosse septique sera mise en place pour le traitement des eaux vannes pour les bâtiments de chantier qui seront installés sur site.

Lors de l'exploitation du site, la consommation d'eau dépend énormément de la technologie choisie et ainsi que du type de refroidissement (sec ou humide). Elle comprend :

- Le nettoyage des panneaux ou des miroirs,
- Le refroidissement humide éventuel,
- L'appoint d'eau pour la chaudière éventuelle,
- Les installations sanitaires.

##### **Le nettoyage des panneaux ou des miroirs :**

###### Consommation

Les panneaux photovoltaïques requièrent un nettoyage tous les 15 jours environ dans un milieu du type du secteur d'Ouarzazate. Ce nettoyage pourra éventuellement se faire à sec.

Il en est de même pour les miroirs plans (tour solaire).

Par contre, le nettoyage doit se faire à l'eau dans le cas des capteurs cylindro-paraboliques, à cause de leur forme plus difficilement lavable.

###### Rejet

Le nettoyage des panneaux ou des miroirs n'engendre pas de rejet, l'eau restante étant évaporée. Il n'est pas prévu d'utilisation de détergent.

##### **Le refroidissement et l'appoint :**

###### Consommation

Les technologies photovoltaïques ne requièrent aucun refroidissement.

Pour les CSP, où un refroidissement est nécessaire, comme vu au paragraphe 2.7.4, **on peut prévoir une consommation de l'ordre de 6 millions de mètres cube par an pour un refroidissement humide, et de l'ordre de 800 000 mètres cube pour un refroidissement sec.**

Les apports annuels à la retenue du barrage Mansour Ed Dahbi varient de 54 à 1 300 Mm<sup>3</sup> avec une moyenne de 384 Mm<sup>3</sup> (sur les 25 dernières années) qui sont utilisés pour :

- L'irrigation, à raison de 180 Mm<sup>3</sup>/an,
- L'eau potable, à raison de 4 Mm<sup>3</sup>/an,
- Et les pertes par évaporation, à raison de 60 Mm<sup>3</sup>/an.

Ainsi, en moyenne, suffisamment d'eau reste disponible pour le projet, même si un refroidissement humide est retenu. Cette option représenterait malgré tout une utilisation importante d'eau, qui plus est en période

de sécheresse, où l'apport est seulement de 54 Mm<sup>3</sup>, le barrage ne suffisant alors pas à couvrir les besoins pour l'irrigation et l'eau potable. L'usage de l'eau pour le projet rentrera en conflit avec l'usage agricole. Les besoins pour l'eau potable resteront toujours couverts.

Concernant les dotations, les besoins du scénario le plus consommateur en eau n'est pas de nature à changer la dotation des autres usages. Ce besoin maximal a d'ailleurs déjà été intégré dans le schéma directeur d'aménagement et de gestion des ressources en eau de l'Agence du Bassin Hydraulique.

**En cas d'utilisation d'une technique de refroidissement humide, le projet aura un impact très fort sur la ressource en eau superficielle locale, au sein d'une région particulièrement aride. Pour un refroidissement sec et pour le photovoltaïque, l'impact sera faible.**

L'alimentation en eau potable du site sera sssuré par l'ONEP avec qui la MASEN a passé une convention.

L'eau arrivée au site subira un traitement au moyen d'une unité de déminéralisation qui sera mise en place le cas échéant au niveau du site du complexe solaire.

#### Rejet

Concernant les rejets liés au refroidissement, d'après une estimation réalisée par la CNIM pour une centrale de 20 MW, les rejets d'eau dans le cadre d'un refroidissement sec sont de l'ordre de 840 m<sup>3</sup> par an, soit 20 000 m<sup>3</sup> par an pour une centrale de 500 MW.

Dans le cas d'un hydrocondenseur, la consommation d'eau provient à la fois de la chaudière solaire (compensation des purges de déconcentration) et des tours de réfrigération humides qui fonctionnent par évaporation. Dans ce cas, les rejets d'eau (eau de purges chaudière solaire, et purges de déconcentration des tours humides) sont de l'ordre de 175 000 m<sup>3</sup> par an pour 500 MW.

Ainsi, les rejets seraient environ 9 fois supérieurs dans le cas d'un refroidissement humide.

**Comme on le voit, seulement 2 à 3% de la consommation en eau est rejetée. Cela s'explique par le fait que la plus grande partie de l'eau consommée est évaporée lors du processus de refroidissement.**

L'eau rejetée après refroidissement est chaude (la température exacte dépendant de l'installation), ce qui, en cas de rejet au milieu naturel (cours d'eau par exemple) est susceptible de perturber l'écosystème local. Afin de supprimer cet impact potentiel et de limiter les consommations, l'eau rejetée après refroidissement sera réutilisée dans l'installation au moyen d'un **circuit fermé**.

Tous les rejets liés à la station de déminéralisation, aux purges de la tour de refroidissement ou aux purges de la chaudière seront envoyées vers un bassin d'évaporation afin de ne pas avoir de rejet dans le milieu naturel. Une neutralisation de ces eaux sera fera au sein du bassin afin de limiter les éventuels phénomènes de corrosion. Les développeurs seront amenés à réaliser le dimensionnement du bassin d'évaporation dans leurs offres.

**Ainsi les rejets en milieu naturel liés au processus de refroidissement seront minimes voire nuls.**

#### **Les installations sanitaires :**

##### Consommation

De plus, de l'eau potable sera consommée lors de l'exploitation du site par les employés du site, à raison d'environ 100 l par jour et par personne (comprend la boisson, les douches, les sanitaires du site et de la base-vie).

Dans le cas d'une centrale photovoltaïque, à faible besoin de maintenance (environ 25 employés à plein temps), les besoins seront de 2 500 l/j.

Dans le cas d'une CSP (environ 500 employés à plein temps), la consommation est évaluée à 50 000 l/j.

##### Rejet

Les eaux vannes seront traitées au moyen d'une station de traitement. La qualité des rejets sera conforme aux exigences réglementaires marocaines en matière d'eau à usage d'irrigation.

#### **Les eaux pluviales :**

Les eaux pluviales ruisselleront sur les panneaux ou les locaux techniques et s'infiltreront directement dans le sol.

Ces eaux ne sont pas susceptibles d'être polluées, les panneaux et miroirs étant inertes et aucune voirie goudronnée n'étant prévue, hormis dans le cas des cylindro-paraboliques utilisant de l'huile synthétique (risque de fuite, comme vu précédemment au paragraphe 4.2.1.1).

Le tableau suivant récapitule en fonction de tous les éléments détaillés ci-dessus les impacts sur les eaux superficielles en fonction des différentes technologies.

Tableau 42 : Impacts sur les eaux superficielles

Technologie	Refroidissement	Impact	Impact
Photovoltaïque sans tracker (sans stockage batterie)		Faible surface à imperméabiliser (seulement les locaux techniques et administratifs – 12 000 m² environ) Faible consommation d’eau (seulement arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage peu fréquent des panneaux) Aucun rejet d’eau, excepté les eaux vannes qui seront traitées Aucun risque de contamination des eaux pluviales (pas de produits dangereux stockés sur site)	Faible
Photovoltaïque avec tracker (sans stockage batterie)		Surface à imperméabiliser importante (surtout en raison des ancrages béton des trackers – 400 000 m² environ) Faible consommation d’eau (seulement arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage peu fréquent des panneaux) Aucun rejet d’eau, excepté les eaux vannes qui seront traitées Aucun risque de contamination des eaux pluviales (pas de produits dangereux stockés sur site)	Modéré
Capteurs cylindro-paraboliques	Sec	Surface à imperméabiliser très importante (bâtiments techniques et administratifs – 430 000 m² environ) Consommation d’eau modérée (arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage fréquent des miroirs incurvés) Mise en place d’une lagune d’évaporation pour ne pas avoir de rejet dans le milieu naturel Risque de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation d’huile synthétique et de combustible fossile	Fort
	Humide	Surface à imperméabiliser très importante (bâtiments techniques et administratifs – 430 000 m² environ) Consommation d’eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide – risque de conflit d’usage avec l’irrigation – pas d’impact sur l’AEP) Mise en place d’une lagune d’évaporation pour ne pas avoir de rejet dans le milieu naturel Risque de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation d’huile synthétique et de combustible fossile	Fort
Tour solaire	Sec	Surface à imperméabiliser moyenne (bâtiments techniques et administratifs – 35 000 m² environ) Consommation d’eau modérée (arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage fréquent des miroirs incurvés) Mise en place d’une lagune d’évaporation pour ne pas avoir de rejet dans le milieu naturel Risque de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation de sels fondus et de combustible fossile	Faible
	Humide	Surface à imperméabiliser moyenne (bâtiments techniques et administratifs – 35 000 m² environ) Consommation d’eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide - risque de conflit d’usage avec l’irrigation – pas d’impact sur l’AEP) Mise en place d’une lagune d’évaporation pour ne pas avoir de rejet dans le milieu naturel Risque de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation de sels fondus et de combustible fossile	Fort

**Le parc solaire d’Ouarzazate aura très peu d’incidence sur le réseau hydrographique local (présence de petits cours d’eau à sec au droit du site), ni d’impact significatif sur le régime hydrique.**

**Le projet sera très faiblement consommateur d’eau durant sa phase de chantier (arrosage éventuel des pistes). La consommation sera également très faible durant la phase d’exploitation dans le cas du choix du photovoltaïque, ou des autres CSP en refroidissement à sec. En cas d’un refroidissement humide, l’impact sera fort sur la ressource en eau (6 Mm3 au maximum de prélèvement pour un apport moyen annuel de 384 Mm3). Enfin, l’utilisation d’huile synthétique comme fluide caloporteur implique un risque de pollution des sols et par conséquent des eaux pluviales.**



#### **4.2.3.2 Mesures compensatoires**

##### Phase conception

Pour assurer un bon fonctionnement du site du complexe, un système de drainage adéquat des eaux superficielles est à mettre en place.

D'autre part, certaines mesures de conservation du réseau hydrique peuvent réduire l'érosion hydrique. Ces solutions peuvent être divisées en deux catégories : plantation du site et/ou mise en place des aménagements hydriques divers qui relèvent des techniques classiques du génie rural, dont les principes sont :

- Limiter la concentration du ruissellement ;
- Organiser l'écoulement des eaux ;
- Protéger les zones où les inondations et les dépôts intempestifs provoqueraient des dégâts importants.

##### **Limiter la concentration du ruissellement**

Différents ouvrages existent pour retenir l'eau, au moins temporairement, à l'amont du bassin versant, de manière à limiter les débits de pointe, éviter l'incision des zones de concentration et le cas échéant, provoquer la sédimentation des matières solides (les plis, les diguettes).

D'autres éléments du paysage assurent traditionnellement un certain stockage du ruissellement lorsqu'ils sont disposés en travers de la pente ou d'un axe de concentration. Il peut s'agir notamment des mares, des retenues collinaires, des talus et des voies.

##### **Organiser l'écoulement des eaux**

Pour organiser l'écoulement des eaux, on peut avoir recours à trois types d'ouvrages :

- les bandes enherbées (non adaptées au site compte tenu des conditions de sols et climatiques) ;
- les fossés ;
- les drains.

##### **Protéger les zones où les inondations et les dépôts intempestifs provoqueraient des dégâts importants.**

Les bassins d'orage (ou bassins de retenue), auxquels on associe parfois des bassins décanteurs, sont les principaux ouvrages de protection rapprochée.

##### Phase chantier

L'utilisation de substances dangereuses sera limitée au maximum lors du chantier. Elle concernera l'entretien des véhicules et engins de chantier et les produits nécessaires aux travaux : aucun stockage important ne sera réalisé. Tout stockage de produits polluants se fera sur rétention et sur zone imperméabilisée.

Seule la circulation des camions pourra être à l'origine de production de poussières susceptibles de contaminer les eaux pluviales. Tous les véhicules circulant ou stationnant sur le site seront conformes aux normes en vigueur et correctement entretenus (à l'extérieur du site).

Une fosse septique sera mise en place afin de traiter les eaux vannes de la base vie. La vidange de cette fosse septique pourra se faire vers la station de traitement des eaux usées de la ville de Ouarzazate.

##### Phase d'exploitation

Le choix d'un refroidissement humide impose des consommations et rejets en eau les plus importantes .

Au vu du milieu désertique dans lequel s'insère le site (forte évaporation, faibles précipitations annuelles), des réserves fortement variables du barrage Mansour Ed Dahbi (qui ne suffisent parfois même pas aux besoins du secteur en irrigation) et de la sensibilité écologique du milieu récepteur (le lac du barrage Mansour Ed Dahbi qui est classé en SIBE (Site d'Intérêt Biologique et Ecologique) de priorité 2), il est fortement recommandé de privilégier une technologie ne nécessitant pas de refroidissement comme le PV ou d'utiliser un refroidissement sec, au moyen d'aérocondenseurs. Les besoins en AEP à partir du barrage devront toujours être assurés.

De plus, les rejets du processus de refroidissement seront réutilisés en **circuit fermé**.

**Concernant les risques de pollution des eaux pluviales dans le cas des CSP, les mesures décrites pour préserver les sols permettront également de minimiser l'impact sur les eaux pluviales.**

De plus, les mesures suivantes seront prises :

- Mise en place de fosses de rétention pour les futures zones de stockage et manipulation de produits (notamment les pompes de circulation d'huile synthétique) connectées à un séparateur d'hydrocarbures
- Installatoin d'une station de traitement des effluents liquides qui traitera les eaux provenant des conduites d'eau de lavage des compresseurs des turbines, de la décompression des tours de refroidissement, de l'unité d'eau déminéralisée. La qualité des eaux traitées respectera les directives de la Banque mondiale et les normes d'eau pour l'irrigation marocaine.

Le projet aura un impact faible sur les écoulements pluviaux ; cependant, l'impact peut encore être diminué en aménageant les zones homogènes entre les petites chaabas drainantes du site.

Afin de limiter les consommations en eau du site et de permettre la gestion des eaux pluviales, un système de récupération des eaux pluviales pourrait être mis en place, par exemple dans les ravins bordant le site au Sud.

Lors de la visite de terrain des 11 et 12/11/2010, un site de **bassin de rétention** a été identifié, il s'agit d'un site situé au sud de la zone d'étude. Ce site est intéressant pour retenir les eaux de pluie moyennant un aménagement. La mise en place de ce bassin de rétention reste optionnelle et doit faire l'objet d'une étude de faisabilité de la part de MASEN.

Le bassin serait construit au sud de la zone du projet. Il serait installé au niveau de l'exutoire de la chaâba C (profondeur 15 m). Ce bassin pourrait recevoir les eaux qui seraient acheminées à partir des chaâbas B (profondeur 6 m) et D (profondeur 2 m).

En raison de la profondeur excessive de la chaâba C, le bassin qui serait destiné à recevoir les eaux des chaâbas doit avoir une profondeur de 20 m environ.

Ces eaux pourraient être utilisées pour l'arrosage de la végétation.

Enfin, la **station de traitement des eaux usées** qui sera mise en place pour le traitement des eaux vannes sera conforme aux normes en vigueur et régulièrement contrôlée. Les eaux traitées pourront aussi être envoyées vers le bassin d'évaporation qui sera mise en place.

#### **4.2.4 Air**

##### **4.2.4.1 Impacts**

Les rejets dans l'atmosphère occasionnés lors de la phase chantier seront dus aux émissions de gaz d'échappement et aux poussières soulevées par les véhicules apportant le matériel sur site pour l'implantation du complexe solaire.

Celles-ci seront similaires à tout chantier de travaux.

La réglementation en vigueur en matière de lutte contre la pollution atmosphérique et les normes de rejet des gaz d'échappement des engins de l'exploitation seront respectées.

En phase d'exploitation, les rejets sont différents selon la technologie employée.

Pour le photovoltaïque, la centrale solaire de par son fonctionnement n'est à l'origine d'aucune émission de poussières, gazeuse ou de dégagement d'odeur, hormis les poussières éventuelles générées par la circulation des véhicules pour la maintenance (fréquence faible).

Pour le CSP, la turbine de production d'électricité rejettera dans l'atmosphère de la vapeur d'eau et quelques gaz liés à l'utilisation en complément de pétrole, nécessaire au fonctionnement correct de la turbine. Cependant, ces rejets seront faibles (CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>), et ne seront pas susceptibles d'impacter la qualité de l'air et de présenter des risques pour la population alentour.

**De par sa nature et son objectif de production d'électricité à partir d'une énergie propre et renouvelable : l'énergie solaire, la centrale d'Ouarzazate ne sera pas la source d'émissions atmosphériques (émissions nulles pour le PV et négligeables pour le CSP) et n'aura donc pas d'impact sur la qualité de l'air générale.**

#### 4.2.4.2 Mesures compensatoires

##### Phase chantier

Les véhicules utilisés pour le chantier, légers et poids lourds, seront conformes aux normes en vigueur.

Un arrosage léger des pistes d'accès est prévu pour limiter les soulèvements de poussières, le cas échéant.

L'utilisation de camions bâchés sera privilégiée.

##### Phase d'exploitation

Etant donné l'absence d'impact lié à l'exploitation du parc solaire dans ce domaine, aucune mesure de maîtrise des impacts n'est prévue.

Seuls les rejets de la turbine liés à l'alimentation en combustible fossile pour le CSP devront être canalisés par une cheminée et contrôlés. La qualité de l'air ambiant devra être conforme au décret de la qualité de l'air ambiant. Les émissions devront être conformes aux valeurs réglementaires d'émissions des sources fixes. Pour limiter les émissions de SO<sub>2</sub>, le combustible utilisé sera le gas-oil 50 ppm.

#### 4.2.5 Climat

##### 4.2.5.1 Impacts

Aucun défrichement ne sera nécessaire à l'implantation du complexe solaire à Tamzaghten Izerki.

L'exploitation d'une centrale solaire sur la commune de Ghessate aura un impact positif sur la qualité de l'air en général, car il s'agit d'un système de production d'énergie propre. Il permettra l'économie de près d'un million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an (d'après le Ministère de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement du Maroc).

**La centrale solaire d'Ouarzazate n'a aucun impact sur le climat local, et pourra avoir un effet positif sur la lutte contre le réchauffement climatique.**

##### 4.2.5.2 Mesures compensatoires

L'impact du projet sur le climat étant positif, aucune mesure compensatoire n'est prévue.

#### 4.2.6 Risques naturels

##### 4.2.6.1 Impacts

Le projet n'est pas susceptible d'augmenter la survenue de catastrophes naturelles (dont l'invasion de criquets) ni d'aggraver leurs conséquences, hormis pour le risque incendie.

En effet, les installations solaires étant des équipements électriques, le risque incendie existe (court-circuit par exemple).

Le projet étant avant tout construit au moyen de verre, béton et acier, les matériaux ne sont pas inflammables et ne contribueront pas à l'extension du feu qui pourrait démarrer hors du site, excepté :

- dans le cas où de l'huile synthétique serait utilisée comme fluide caloporteur (présence d'huile à haute température (400°C) dans tout le site),
- pour les CSP, comme une alimentation en combustible fossile est nécessaire, la présence de fioul crée une source de risque incendie.

##### 4.2.6.2 Mesures compensatoires

##### Phase chantier

Les mesures habituelles de prévention et de protection contre l'incendie seront mises en place (interdiction de fumer, habilitations électriques, véhicules aux normes en vigueur, mise en place d'extincteurs, etc.).

##### Phase d'exploitation

Le risque incendie sera maîtrisé par un entretien régulier des installations (et de la végétation alentour) et une surveillance du site.

Le risque incendie sera limité par la réalisation d'un examen soigneux de l'ingénierie de tous les composants électriques, en conformité avec toutes les exigences réglementaires.

En outre, une fois en fonctionnement, le projet fera l'objet d'une convention à long terme de surveillance et de maintenance. Le projet sera régulièrement surveillé pour s'assurer de sa propre sortie d'énergie. Des

inspections et maintenances régulières sur site seront également effectuées et assureront une gestion appropriée de la végétation.

Le site sera clôturé afin que le public n'ait pas accès aux installations.

Une zone tampon de 10 m de large au minimum entourera tout le projet. Elle protégera l'environnement extérieur au site contre les risques de propagation d'incendie et inversement. Elle permettra également la circulation des engins de secours sur le pourtour du site.

Les développeurs devront présenter un plan de gestion sécurité incendie qui sera validé par les autorités compétentes.

## 4.3 Milieu naturel

### 4.3.1 Impacts

#### 4.3.1.1 Impacts en phase travaux

En phase des travaux, les impacts négatifs suivants sont à envisager :

- Risques de perturbation temporaire de la faune due à l'activité intense de cette phase, mais impact non permanent ;
- Risques de pollution si utilisation de substances herbicides pour détruire la végétation, avec impact d'autant plus long que ces substances seront plus rémanentes ;
- Risques de dépôt de déblais sur les versants, dans les unités de milieu de pente, avec impact durable. Les déblais seront probablement d'autant plus importants que les travaux seront complexes : une Centrale Photovoltaïque (PV) entraînera moins de déblais qu'une Centrale à Concentration (CSP).

#### 4.3.1.2 Impacts en phase exploitation

##### Impacts positifs

La construction du complexe entraînera de fait une mise en défens des espaces interstitiels non artificialisés dans l'enceinte du complexe, d'où une régénération de la flore et de la faune de ces espaces. Ces espaces seront plus importants dans le cas d'une Centrale de type PV que dans le cas d'une Centrale de type CSP.

##### Impacts incertains

- Milieu de reg de plateau : La pose de panneaux solaires ou autres systèmes pour capter l'énergie solaire réduira l'insolation des milieux situés sous les panneaux, et perturbera les précipitations au niveau des microsites concernés. Le résultat pour les milieux concernés, fortement perturbés, est incertain ;
- Milieu d'oued sec : La pose de systèmes pour capter l'énergie solaire sur de vastes surfaces va limiter l'infiltration de l'eau de pluie sur le site (essentiellement pour la technologie CSP), pour accélérer le ruissellement dans les oueds parcourant le plateau. Il est possible que ces milieux d'oued profitent de cet accroissement, mais du fait de la forte concentration des précipitations dans le temps, l'érosion va également augmenter, et ainsi donc davantage perturber ces milieux.

##### Impacts négatifs

- Une superficie conséquente de milieu naturel sera détruite. Cependant, le milieu très majoritairement concerné, le reg de plateau, a été reconnu comme étant de faible valeur patrimoniale ;
- Le système d'écoulement de l'eau pluviale risque d'être perturbé par les aménagements (essentiellement pour la technologie CSP), ce qui risque d'appauvrir fortement les milieux d'oued secs, à valeur patrimoniale élevée ;
- Du fait d'une technologie plus complexe, une centrale solaire de type CSP induit un risque de pollution en particulier en aval du site, dans des oueds à valeur patrimoniale relativement élevée. Les milieux de pente, et, selon l'emplacement des aménagements, le lit de l'oued Izerki pourraient aussi être affectés. Ce risque est nul pour une centrale solaire de type PV,
- Par leur aspect, les capteurs peuvent créer des effets de perturbation et d'effarouchement pour certaines espèces. L'effet d'effarouchement dépend de la hauteur des installations, du relief, et de la présence de structures verticales avoisinantes,
- En cas d'installation d'une clôture, celle-ci empêchera l'accès au site à la faune, ce qui risque de créer des ruptures dans les continuités biologiques.

#### 4.3.1.3 Synthèse par milieu

Site du projet et périmètre rapproché :

Tableau 43 : Synthèse des impacts par unité du milieu

Intérêt patrimonial	Unité de milieu	% Aire d'investigation faune – flore	% Surface site	Impact prévisible	% périmètre rapproché	Impact Prévisible
<b>maximal</b>	Oueds secs	0,8	0,7	Négatif : destruction Incertain: perturbation, Positif: mise en défens	0,8	Négatif: Déblais, pollution accidentelle
	Milieu de pente	13,3	1,7	Négatif: destruction Incertain: perturbation, Positif: mise en défens	23,4	Négatif: Déblais
<b>fort</b>	Reg de terrasse alluviale	4,4	0,0		8,3	Aucun
	Oasis cultures	0,5	0,0		1	Aucun Sauf pollution accidentelle
<b>réduit</b>	Reg de plateau	68,2	97,6	Négatif: destruction Incertain: perturbation, Positif: mise en défens	42,7	Aucun
	Reg de pente raviné	9,5	0,0		17,8	Aucun
	Ravinements argile gypse	0,9	0,0		1,7	Aucun
	Lit d'oued Izerki	2,0	0,0		3,7	Négatif: pollution
<b>Très faible</b>	Douar	0,3	0,0		0,6	Aucun

#### Les Aires Protégées du secteur



Les Aires Protégées du secteur situées en amont ou dans des bassins non situés en aval du complexe solaire d'Ouarzazate (Iguernan, Bouljir, Sbaa Chaab) ne subiront aucun impact du projet.

En aval, le site Ramsar de la Moyenne Vallée du Draa, qui inclus le Lac du barrage Mansour Ed Dahbi pourrait être affecté en cas de pollution accidentelle dans le cas d'une centrale solaire de type CSP. Le risque est cependant très faible compte tenu des distances entre le site et le barrage. Ce risque est nul dans le cas d'une centrale de type PV.

***Par ailleurs, la centrale solaire d'Ouarzazate doit être construite en zone B de la réserve de Biosphère. Il serait sans doute judicieux de modifier le zonage actuel, qui est resté à l'état de proposition, afin d'étendre la zone C de développement de Ouarzazate, de manière à inclure le site du complexe. Cependant le zoning B n'est pas en contradiction avec l'aménagement prévu du complexe solaire.***

### **4.3.2 Mesures d'atténuation**

#### **4.3.2.1 Phase conception**

- Les travaux du complexe solaire d'Ouarzazate vont être réalisés sur des surfaces planes. Il est donc possible d'affiner le découpage des limites du site du complexe en évitant les milieux de pente (5,5% de la surface du site), à valeur patrimoniale élevée, et qui se situent sur les marges du site. Ainsi, seuls les milieux de reg de plateau, à valeur patrimoniale réduite, et les oueds secs le parcourant, à valeur patrimoniale élevée, seraient concernés directement.
- La pose d'infrastructures va accroître le ruissellement au niveau des oueds secs (essentiellement dans le cas d'une utilisation de la technologie CSP), et le plan détaillé du complexe devrait tenir compte de ce facteur, en évitant :
  - d'établir des infrastructures sur le trajet de ces oueds ;
  - de barrer l'écoulement au niveau de ces oueds.

Ce type de mesure permettrait d'accroître l'impact positif du projet, en préservant ces unités de valeur (à l'exception des voies de circulation), tout en contribuant à la pérennité des infrastructures du complexe.

#### **4.3.2.2 Phase travaux**

- La perturbation de la faune ne pourra être atténuée pour l'avifaune qu'en effectuant l'essentiel des travaux hors période de nidification (qui se situe entre mars à mai). Après travaux, la faune se réinstallera très probablement dans l'ensemble des sites favorables, dans le site du complexe, et sur ses marges ;
- Il n'est pas prévu l'utilisation d'herbicides, les bulldozers seront utilisés pour décapier la végétation ;
- Le risque de dépôt de déblais sera annulé par une interdiction stricte de ces dépôts dans les milieux de pente ; les déblais devront être soit recyclés sur site, soit accumulés sur site, en milieu de reg de plateau ;
- On pourra également renforcer l'impact positif de la mise en défens des espaces interstitiels en contrôlant strictement le déplacement des engins lors des travaux, au moyen d'un plan de circulation, de manière à perturber le moins possible ces espaces, dont la régénération est lente.

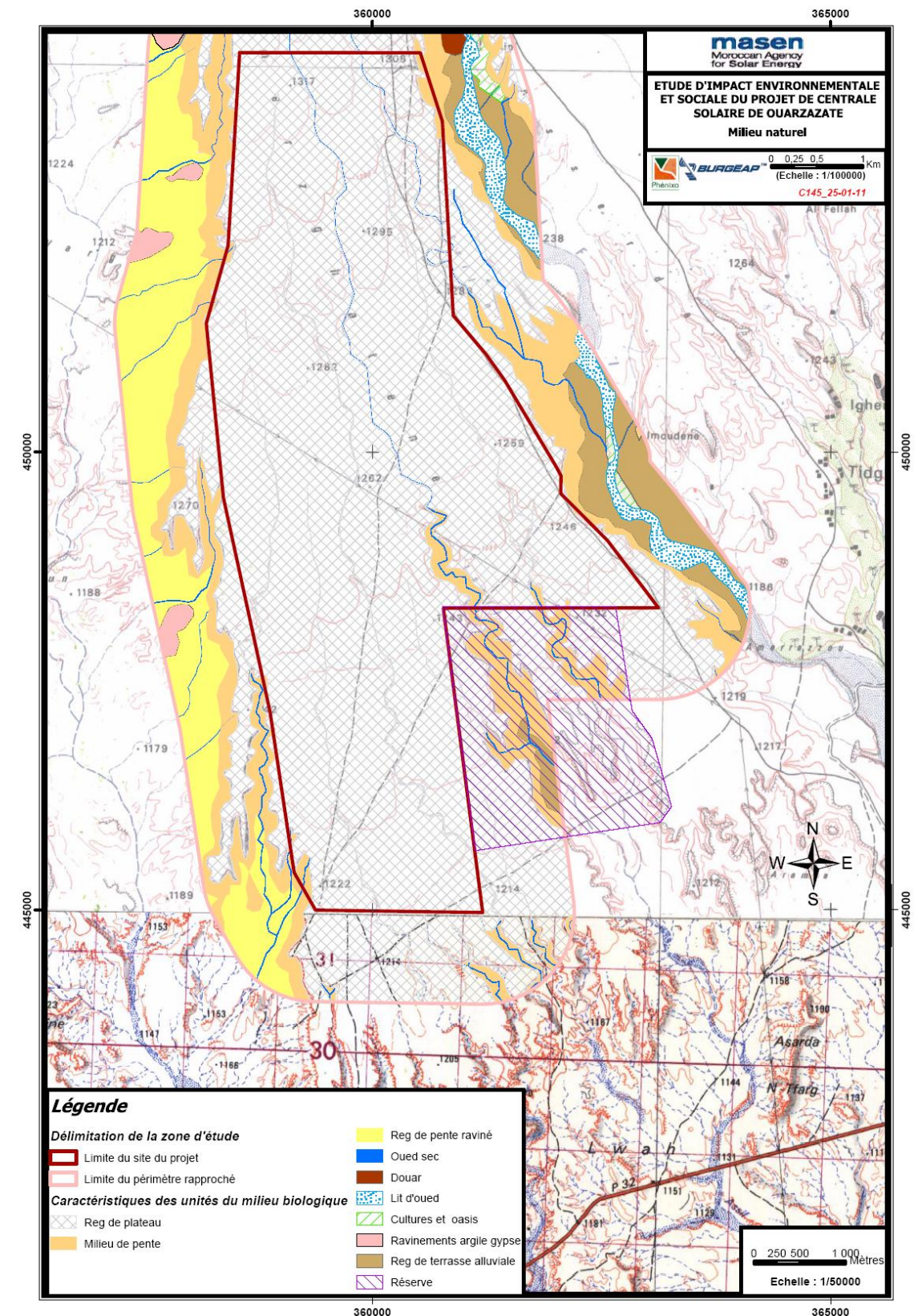
#### **4.3.2.3 Phase exploitation**

- Dans le cas d'une centrale de type CSP, toutes les mesures doivent être prises pour réduire au minimum les risques de pollution accidentelle ;
- Au cas où une implantation de locaux pour le personnel est prévue (probablement dans le cas du complexe CSP), sur le site ou ses marges, les installations doivent être non polluantes ;
- Afin de réduire le risque de surpâturage dans les environs du complexe, il est conseillé d'embaucher de manière préférentielle des habitants du secteur, en espérant que cet apport financier va soulager la pression pastorale. Une centrale de type CSP serait alors avantageuse, car elle nécessite davantage de personnel.  
L'exploitation d'une centrale photovoltaïque peut permettre le maintien d'une activité pastorale au sein des zones libres situées entre les capteurs, la végétation locale pourra se redévelopper au sein de ces espaces ;
- En cas d'installation d'une clôture, la base de celle-ci devra posséder des petites ouvertures, permettant l'accès au site à la petite faune.

### **4.3.3 Mesures d'accompagnement**

La mise en place du complexe, quelque soit la technologie utilisée, induira une forte artificialisation d'une superficie conséquente. Une réserve intégrale sur la marge externe (sud-est) du site du complexe pourrait être installée en coordination avec les Eaux et Forêts et les chercheurs des Facultés d'Ouarzazate et Marrakech. Cependant la MASEN n'ayant pas la maîtrise foncière de ce site, elle ne pourra le prendre en charge en totalité. Pour le financement, cette mesure est en cours d'étude et des mécanismes de mise en œuvre sont à l'examen par MASEN.

Le site proposé est celui du bassin de l'Issil Tfeig, qui présente le maximum de biodiversité, au niveau végétal (oueds secs, milieux de pente, regs alluviaux et regs de plateau) et animal (avifaune, refuges de faune dus aux gros blocs, chauve souris et probablement autres Mammifères). La superficie proposée est d'environ 500 ha, et la réserve pourrait aisément être clôturée, car elle est bordée sur 50% de son périmètre par le site du complexe.



**Figure 61 : Proposition de réserve (en hachuré) sur la marge sud-est du site du complexe solaire d'Ouarzazate**

Les mesures proposées pour l'intégration paysagère (voir chapitre suivant), à savoir la plantation d'une zone tampon avec des espèces arbustives adaptées aux conditions climatiques et de sols, seront favorables à la faune et la flore locale, grâce à la création de nouveaux milieux d'intérêt.

Les espèces plantées devront être choisies parmi des espèces locales.

**Suivi des impacts sur la biodiversité**

Les impacts suivants méritent un suivi :

- Suivi de l'état de la végétation sur les marges du complexe, afin de s'assurer que ces milieux ne sont pas dégradés par un surpâturage provoqué par l'installation du complexe ; dans le cas contraire, des mesures sont à envisager ;
- Suivi d'avifaune et d'herpétofaune dans les mêmes secteurs.

Ces suivis doivent être effectués au moins une fois par an, et pourraient être effectués par les chercheurs de la Faculté des Sciences de Marrakech (Université Cadi Ayyad), qui seraient également chargés du suivi de la réserve.

**4.4 Intégration paysagère**

**4.4.1 Impacts**

L'impact du point de vue paysager du projet est très dépendant du choix du type d'installation (Cf. tableau ci-après). L'impact est également fonction du relief et des obstacles visuels (présence de falaises, site localisé sur un plateau).

**Tableau 44 : Potentiels impacts paysagers en fonction des technologies et types d'installations proposés**

Technologie		Type d'installation	Impacts
Solaire photovoltaïque (PV)		Photovoltaïque sans trackers Hauteur = 1,5m	En se limitant aux plates formes planes (vers le centre), l'impact visuel sera néant depuis les environs du site. Le projet sera en revanche visible dans un rayon proche du site, mais dès que l'on redescend dans les vallées, le projet ne sera plus visible.
		Photovoltaïque avec trackers Hauteur = 4 à 6m	En se limitant aux plates formes planes (vers le centre), les panneaux seront perçus depuis la RP1511 qui mène à Ghassate ainsi que depuis les pistes d'accès aux douars sis à l'Est du site
Solaire à concentration (CSP)	Concentrateur ponctuel	Tour solaire Hauteur = 150m	Projet très visible même depuis la ville d'Ouarzazate (signalons que les antennes à l'entrée du site depuis la RN10 sont visibles depuis la ville)
	Concentrateur linéaire	Capteurs cylindro-parabolique 6 à 8m de hauteur	Impacts visuels depuis la RP1511 et les accès aux douars de l'Est

**4.4.2 Mesures d'atténuation**

Pour atténuer les impacts paysagers cités ci-dessous, les mesures préconisées sont les suivantes :

**Tableau 45 : Principales mesures d'atténuation des impacts paysagers en fonction des technologies et types d'installations proposés**

Technologie	Type d'installation	Mesures d'atténuation
Solaire photovoltaïque (PV)	Photovoltaïque sans trackers Hauteur = 1,5m	Mettre en place une clôture à la fois protectrice et intégrée La plantation de la zone tampon n'est pas indispensable, mais peut être réalisée sur une faible largeur.

		Photovoltaïque avec trackers Hauteur = 4 à 6m	Mettre en place une clôture à la fois protectrice et intégrée, à renforcer par une bande plantée assez large
Solaire à concentration (CSP)	Concentrateur ponctuel	Tour solaire Hauteur = 150m	Aucune mesure de point de vue paysage ne pourra être envisagée pour remédier à cet impact
	Concentrateur linéaire	Capteurs cylindro-parabolique 6 à 8m de hauteur	Mise en place d'une clôture adaptée. Une végétalisation adaptée aux conditions arides peut être envisagée.

Quelles que soient les mesures d'intégration mises en œuvre (plantations ou non), l'impact principal du projet sera la création d'un nouveau paysage, au sein d'une vaste unité paysagère désertique.

La végétalisation éventuelle des abords du site est soumise aux conditions suivantes :

- La région reçoit une pluviométrie annuelle de l'ordre de 100 mm annuels, insuffisante pour assurer un développement d'une végétation ligneuse conséquente, en dehors de quelques bas fonds où le bilan hydrique est plus favorable. C'est seulement au niveau des vallons où existe une ressource en eau mobilisable que l'homme a pu planter des arbres avec une densité notable ;
- Les expériences de reboisement au niveau de ce type de climat se sont généralement traduites soit par des échecs (cas du reboisement en Atriplex entre Skoura et Qalaat Mgouna), soit par la création de boisements très clairsemés et peu harmonieux (par exemple à la sortie est de Ouarzazate). Les seuls exemples positifs (plantation de palmiers) ont impliqué une mobilisation importante en irrigation, sur terrain non rocheux ;
- Le site prévu serait en périphérie du complexe, c'est-à-dire. en limite de plateau, sur reg. Or le sol est très squelettique, sur substrat rocheux affleurant la surface. De plus, la position topographique de ces secteurs, en bordure de plateau, implique que le vent y est maximal, d'où une évapotranspiration particulièrement élevée.

Toute plantation d'un écran vert impliquerait donc :

- Des travaux d'excavation importants afin de pouvoir amener en quantité un sol favorable ;
- Vu l'évapotranspiration dans ces milieux, une irrigation très importante, mais en tenant compte du risque de salinisation du milieu lié à l'évapotranspiration ;
- Une sélection d'espèces les mieux adaptées à ce contexte particulièrement difficile.

Au vu de ces considérations, il paraît donc difficile de conseiller la création d'un écran vert. Cette création demanderait un investissement de travail important pour des résultats aléatoires. Par ailleurs, la ressource en eau est limitée dans la région, et cette ressource serait très certainement plus utile dans d'autres contextes.

D'autres mesures d'intégration paysagères pourront aussi être proposées en fonction du type de projet retenu. Ces mesures pourront concerner les pistes d'accès (qui devront restées empierrées au maximum, afin de s'intégrer au mieux au paysage local et pour faciliter l'infiltration des eaux dans le sol), les locaux techniques, les citernes d'eau, les aires de parking, etc.

**4.5 Environnement socio-économique**

Une réunion publique de présentation du projet et de ses impacts a été tenue à Ouarzazate le 3 novembre 2010. Elle a été l'occasion d'échanges entre les administrations, associations et élus et la MASEN. Le compte-rendu de cette réunion est fourni en annexe 1. L'étude d'impact socio-économique en cours de réalisation a adopté une approche participative pour le recueil des avis et souhaits de la population vis-à-vis de ce projet. En outre, une consultation avec les représentants de la communauté locale concernée par la cession du terrain a été effectuée le 24 décembre 2010 au siège de la Commune de Ghessate (voir annexe 4).



#### 4.5.1 L'emploi et l'activité économique

##### 4.5.1.1 Impacts

En phase chantier, le projet va créer de nouvelles opportunités génératrices de revenu à deux niveaux : la création de postes de travail pendant la réalisation des travaux (de l'ordre de 2 000 à 2 500 emplois directs) et la création d'emplois indirects (de l'ordre des milliers).

Ces emplois indirects sont notamment liés à l'augmentation de l'activité des entreprises locales existantes pour la fourniture de matériaux et d'équipements nécessaires à l'activité, ainsi que pour l'entretien quotidien des travailleurs, et à la création sur place d'une entreprise pour l'assemblage du champ solaire.

Le recrutement de la main d'œuvre se fera essentiellement au niveau local et des infrastructures seront développées dans la région d'Ouarzazate pour assurer le logement et la restauration des travailleurs.

La construction d'une centrale solaire fait appel aux compétences suivantes : génie civil, électricité, transport, grutage, pose de clôture,...

En phase d'exploitation, le nombre d'emplois dépendra beaucoup de la technologie choisie ; la technologie photovoltaïque ne nécessite presque pas de maintenance tandis que les CSP en requièrent beaucoup, et en permanence (3/8). **Pour donner un ordre d'idée, une centrale PV sur le site pourrait embaucher moins de 50 employés à plein temps tandis qu'une centrale CSP pourrait en nécessiter entre 400 et 500.**

Les employés permanents seront logés et auront sans doute un impact socio-économique positif sur la région. De plus, pendant cette période, les petites et moyennes entreprises locales peuvent participer à différentes prestations de maintenance, gardiennage, nettoyage industriel, etc.

Le recrutement de la main d'œuvre, principalement peu qualifiée, se fera essentiellement au niveau local, et des infrastructures seront développées pour assurer le logement et la restauration des travailleurs. Des petites et moyennes entreprises locales peuvent participer à différentes prestations de maintenance, gardiennage, nettoyage industrielle, etc. Ce qui permettra de développer les activités industrielles dans cette région.

De plus, on observera de nouvelles opportunités de réduire le chômage du fait d'une **plus grande disponibilité d'énergie (création de PME)**.

Le renforcement de la capacité énergétique apportera des garanties nouvelles et un **encouragement aux investisseurs**, qui n'hésiteront plus à délocaliser dans les zones périphériques riches en main d'œuvre sous valorisée.

La centrale permettra une meilleure valorisation des ressources naturelles du pays pour le bien être de toute la population et contribuera ainsi à lutter contre la pauvreté.

Le projet facilitera en outre la poursuite des programmes d'électrification des zones rurales et périurbaines et **permettra l'accès à l'énergie électrique à des catégories sociales jusqu'ici exclues, réduisant l'isolement de diverses régions.**

Il permettra dans une certaine mesure de réduire l'isolement de diverses régions et des populations rurales en renforçant la sécurité à travers l'amélioration de l'éclairage public. L'industrie marocaine est confrontée à la compétition internationale, notamment dans le contexte de l'Accord d'Association avec l'Union Européenne et l'Accord de libre échange avec les Etats Unis. Elle ne peut être compétitive, se maintenir face à la concurrence extérieure, et préserver l'emploi que si les charges d'électricité baissent effectivement. Le présent projet, en y contribuant, créera les conditions requises pour la préservation et le développement de l'emploi dans le pays. De plus les technologies proposées dans le cadre du projet contribueront à développer des expertises nationales de pointe et ce projet constitue une nouvelle opportunité de former des techniciens aux nouvelles technologies d'énergies renouvelables et non polluantes.

Compte tenu du fait que les femmes participent à tous les types d'activités économiques et sociales, **la création de postes de travail nouveaux profitera également à la population féminine**. La sécurisation de l'approvisionnement en énergie permettra aux femmes de développer de nouvelles activités lucratives.

Les retombées socio-économiques induites par la réalisation de ce projet concernent enfin la formation **et le transfert de technologie dans le domaine de l'énergie solaire**, indispensable au vu des objectifs ambitieux que s'est fixé le Maroc dans le domaine des énergies solaires.

##### 4.5.1.2 Mesures compensatoires

Les impacts du projet sur l'emploi et les activités économiques étant positifs, aucune mesure compensatoire n'est nécessaire.

Cependant, une étude socio-économique est en cours. Les recommandations de cette étude seront mises en place afin de valoriser tous les effets positifs engendrés par la mise en œuvre d'un tel projet.

#### 4.5.2 La population locale

##### 4.5.2.1 Impacts

Le projet se trouve sur un plateau désertique, utilisé pour une activité pastorale par la population locale.

La zone d'étude dans son ensemble compte environ 9 principaux douars.

Le plus proche (Tasselmant), est situé au sein du périmètre rapproché du site d'implantation du projet (à 1 km environ au nord-est).

Les deux autres douars les plus proches (Oum Romane et Essour) sont localisés au sein du périmètre d'étude éloigné (à 3 km environ de la limite de la zone du projet).

##### Phase chantier

Pendant la construction, une augmentation du trafic routier est à envisager pour livrer le matériel technique et les engins de chantier. Pendant quelques mois de construction intensive, le trafic augmentera également en raison du déplacement des véhicules des équipes techniques nécessaires pour la construction du site.

Ce trafic peut engendrer une gêne temporaire en raison du bruit et des émissions de poussières liées aux déplacements.

Cependant, la densité de population au niveau de la zone d'étude étant faible et aucune habitation n'étant présente au niveau de la zone d'implantation du projet, les nuisances seront limitées.

##### Phase exploitation

La gêne principale durant la phase d'exploitation est liée aux déplacements du personnel, au bruit des installations et à l'impact visuel du site.

Ces impacts seront très variables d'une technologie à l'autre, la technologie photovoltaïque étant moins source de trafic et bruit que la technologie CSP.

Les nuisances seront cependant limitées, les habitations proches étant peu nombreuses et plutôt localisées dans les vallées, ce qui limite la visibilité sur le plateau où se trouve le projet.

#### **4.5.2.2 Mesures compensatoires**

Les mesures classiques de réduction des impacts de la phase chantier seront mises en place (voir chapitre 6.1.1.2).

Les impacts sur la population locale étant faibles et limités dans le temps pour la plupart, aucune mesure spécifique n'est nécessaire. Des mesures plus concrètes pourront être proposées en fonction du projet retenu.

Des efforts d'intégration paysagère seront réalisés afin de limiter les impacts visuels (voir chapitre 4.4.2).

### **4.5.3 Le foncier et l'occupation des sols**

#### **4.5.3.1 Impacts**

De point de vue foncier, le site du projet est sis sur un terrain collectif couvrant environ 2 500 Ha, qui appartenait au groupement ethnique Ait Oukroul Toundout. Les procédures d'achat du terrain par MASEN ont été effectuées selon la législation en vigueur, et sont décrites dans le Plan d'Acquisition de Terrain préparé par MASEN en conformité avec la politique OP 4.12 de la Banque Mondiale.

La collectivité d'Ait Oukroul Toundout et son conseil de tutelle ont donné leur accord, respectivement les 14 janvier et 20 mai 2010, sur la cession du terrain à MASEN conformément aux modalités de cession réglementaires et au prix qui a été fixé par la commission d'expertise (cf. **annexe 3**). Le PAT décrit le processus de consultation utilisé pour informer les populations locales des retombées du projet, y compris l'acquisition du terrain.

L'ensemble des autorisations et des pré-requis ayant été obtenus, l'acquisition du terrain a été finalisée le 18 octobre 2010 dans le cadre d'une cession de gré à gré, réservant la faculté d'élire command, entre d'une part, la collectivité d'Ait Oukroul Toundout en qualité de vendeur et d'autre part, l'ONE en qualité d'acquéreur. Cette cession a été suivie de la déclaration de commande précitée entre l'ONE et MASEN.

L'attestation de vocation non agricole du terrain a été obtenue en date du 22/10/2010 auprès de l'autorité territoriale compétente habilitée à délivrer cette attestation et les opérations de récolement du bornage et de levé du plan foncier du terrain sont réalisées par le service du cadastre d'Ouarzazate afin d'être à même procéder à l'immatriculation foncière du Terrain.

Le projet ne nécessite aucune destruction d'habitat, déplacement de population ou d'activités économiques. Seule la piste d'accès au douar Tasselmante sera modifiée par le projet.

Le site n'a à l'heure actuelle qu'une très faible vocation pastorale (essentiellement du parcage) et un faible intérêt touristique.

Le changement d'usage des sols aura donc un impact très faible.

#### **4.5.3.2 Mesures compensatoires**

Une nouvelle piste d'accès au douar Tasselmante devra être créée.

Concernant la perte de l'usage pastoral, cf. paragraphe 4.5.4.2 ci-après.

Le prix d'acquisition du terrain a été fixé par la commission d'expertise le 18 janvier 2010 à 25 000 000 dirhams (sur la base d'un prix de 10 000 dirhams par hectare). Le conseil de tutelle de la collectivité statuera sur l'utilisation à faire, au profit de la collectivité d'Ait Oukroul Toundout, des fonds provenant de la cession du terrain.

### **4.5.4 Activités agropastorales**

#### **4.5.4.1 Impacts**

En phase chantier et en phase d'exploitation, le site ne sera plus accessible aux bergers. Une clôture sera mise en place autour du site. Cependant, le projet n'aura qu'un impact très faible sur les activités agropastorales. En effet, le site du projet est situé à distance des zones d'agriculture irriguée, et concernant l'activité pastorale, le secteur du site, même empiétée de l'aire d'implantation du complexe (qui ne présente qu'une mince offre fourragère), offre suffisamment de territoire disponible pour des activités d'élevage extensif. Le projet n'impactera pas la SAU<sup>22</sup> de la commune (1 797 ha).

Quelques bergeries sont localisées sur les bordures sud et ouest (hors du site). Celles-ci sont mobiles. Leur déplacement ne sera pas nécessité par le projet. Seul un changement d'itinéraire pourra être à prévoir.

#### **4.5.4.2 Mesures compensatoires**

Au vu de l'impact très faible sur les activités agropastorales, aucune mesure compensatoire n'est prévue.

Cependant, durant la phase d'exploitation, une activité pastorale peut être organisée au sein des zones libres situées entre les capteurs, la végétation pouvant se redévelopper au sein de ces espaces.

### **4.5.5 Le tourisme**

#### **4.5.5.1 Impacts**

La zone concernée par le projet comporte très peu d'activités touristiques (hormis quelques circuits non officiels de motocross ou quad). Les activités sont plutôt concentrées sur Ouarzazate.

Aucun site ou monument historique d'intérêt n'a été recensé au sein de la zone d'étude.

Ainsi, l'implantation d'une centrale solaire n'aura pas d'effets négatifs sur les activités culturelles et touristiques du secteur.

Au contraire, l'installation d'une centrale solaire pourra avoir un impact positif sur le tourisme. En effet, l'exploitation d'une centrale solaire de grande envergure aura certainement des retombées médiatiques au niveau national et international, faisant apparaître la région d'Ouarzazate sous un angle positif, à la pointe de l'innovation et du progrès.

Le projet pourra comprendre un volet pédagogique avec l'organisation de visites en direction des touristes ou des scolaires et des enfants en général. Il s'agira de leur expliquer la démarche, le fonctionnement et de les initier au concept de développement durable.

Des panneaux informatifs pourront être mis en place durant la phase de travaux et durant l'exploitation.

Un bâtiment accueillant par exemple un centre des énergies renouvelables pourrait être envisagé sur le site.

#### **4.5.5.2 Mesures compensatoires**

L'impact sur le tourisme étant positif, aucune mesure compensatoire n'est prévue.

### **4.5.6 Bruits et vibrations**

#### **4.5.6.1 Impacts**

En phase de chantier, les nuisances sonores pourront provenir du trafic généré par l'approvisionnement des matériaux pour la construction du complexe solaire et du bruit engendré par la mise en place des équipements. La construction du complexe impliquera un trafic important de camions, qui dépendra de la technologie employée (plus important pour le CSP).

En phase d'exploitation, le trafic de véhicules sera beaucoup plus important pour la technologie CSP, en raison du nombre de personnes important travaillant sur site.

---

<sup>22</sup> Surface Agricole Utile

La fréquence du trafic sera variable selon les phases du chantier (durée du chantier prévue : 3 ans, de 2012 à 2015) et selon la technologie choisie.

L'accès au site se fera par la RN10 au sud du site, puis par la piste existante. Le long de la RN10, en particulier le tronçon reliant Ouarzazate à Klaat M'Gouna, le trafic moyen journalier annuel est de 2 140 véhicules/jour.

La construction du projet impliquera l'utilisation temporaire d'équipements de construction durant la préparation du site, les activités de terrassement, la construction des bâtiments d'activités, l'assemblage des modules du champ solaire et la mise en place des structures, avec d'éventuelles fondations selon la technologie retenue.

Pour le photovoltaïque, la première source de bruit durant la construction sera l'enfoncement de pieux de support de fondations. Au cours des tests d'enfoncement des pieux sur un site de construction d'un parc photovoltaïque, un jour de grand vent, les lectures de mesures de bruit furent approximativement de 55 décibels (dB) à une distance d'environ 200 mètres.

Pour le CSP, la source de bruit principal sera engendrée par la construction des bâtiments d'exploitation abritant la turbine. La mise en place des capteurs (fondations béton ou pieux) sera également source de bruit.

La construction du projet nécessitant des travaux de débroussaillage légers et de terrassement par endroit, le chantier sera à l'origine de vibrations. Cependant, le site étant vaste, les travaux réalisés par phase, et les habitations éloignées, la construction du complexe ne sera pas à l'origine de nuisances liées aux vibrations.

Dans le cas d'une CSP, les technologies sont plus complexes et nécessitent plus d'équipements, de main d'œuvre, d'assemblage sur site et de constructions. L'impact sera donc plus important.

Actuellement le site et son voisinage sont peu impactés par des nuisances sonores et vibratoires, excepté ponctuellement (passage d'avions de l'aéroport international d'Ouarzazate et exercice au champ de tir militaire voisin). Cependant, les premières habitations étant situées à environ 1 km du site d'étude, elles seront peu importunées par le chantier du projet, et uniquement lorsque les travaux auront lieu au niveau des parties est du site.

Durant la phase d'exploitation, **dans le cas du choix du photovoltaïque**, les seules sources sonores proviendront des groupes onduleurs/transformateurs et des quelques allers-retours ponctuels nécessaires pour la maintenance.

Notons que le bruit engendré par les trackers en mouvement est faible.

Si les locaux techniques comprenant les onduleurs/transformateurs sont placés de manière appropriée au centre de chaque bloc photovoltaïque, les nuisances sonores au niveau des limites de propriété du site seront négligeables.

De plus, ils ne fonctionneront que durant les heures de la journée lorsque le projet est en production d'électricité.

Au vu de la distance des premières habitations au site (douar de Tasselmante à 1 km à l'est), l'impact sonore et vibratoire du site sera négligeable pour les riverains.

**Pour les CSP**, le trafic engendré par le nombre d'employés (environ 500) créera une source sonore non négligeable.

De plus, la salle des machines comprenant le système de conversion de chaleur (rotation de la turbine), ainsi que les condenseurs sont des équipements très bruyants. Dans le cas d'un refroidissement sec, l'impact sera plus important du fait du nombre important des aérocondenseurs.

Ces équipements fonctionnent tous 24h/24 et 7j/7.

Selon la disposition des équipements, ils pourraient constituer une gêne pour les riverains de Tasselmante.

Le tableau suivant présente une comparaison des nuisances sonores engendrées par les différentes technologies.

**Tableau 46 : Impacts sonores et vibratoires**

Technologie		Source	Impact
Photovoltaïque sans tracker		Phase chantier : trafic, ancrage des panneaux (impact faible) Phase exploitation : trafic, locaux onduleurs/transformateurs (impact négligeable)	Faible
Photovoltaïque avec tracker		Phase chantier : trafic, ancrage des panneaux (impact faible) Phase exploitation : trafic, locaux onduleurs/transformateurs, trackers (impact négligeable)	Faible
Capteurs cylindro-paraboliques	Refroidissement humide	Phase chantier : impacts modérés liés aux besoins importants en équipements, main d'œuvre, assemblage sur site et constructions. Phase exploitation : impacts modérés liés à la rotation de la turbine et aux condenseurs.	Modéré
Tour solaire	Refroidissement sec	Phase chantier : impacts modérés liés aux besoins importants en équipements, main d'œuvre, assemblage sur site et constructions. Phase exploitation : impacts modérés liés à la rotation de la turbine et aux condenseurs.	Modéré

**4.5.6.2 Mesures compensatoires**

Phase chantier

Les équipements utilisés lors des travaux seront conformes à la réglementation en vigueur et correctement entretenus.

Le nombre de véhicules lourds et légers sera limité au strict minimum, et leur vitesse de circulation sera limitée.

Une information de la population locale sera organisée préalablement aux travaux.

Phase d'exploitation

Pour le photovoltaïque, étant donné l'absence d'impact lié à l'exploitation du complexe dans ce domaine, aucune mesure de maîtrise des impacts n'est prévue.

Dans le cas du choix d'une CSP, la disposition de la salle des machines devra être soigneusement choisie et le plus possible éloignée du douar riverain de Tasselmante à l'est.

Le projet devra être conçu de façon à ce que le niveau d'émission sonore des installations soit inférieur aux minima requis.

Une étude de simulation acoustique devra être réalisée au niveau de la phase détaillée du projet afin de s'assurer que le niveau sonore en dehors de l'enceinte du complexe est en dessous du niveau acceptable de 70 db(A), limite de pression acoustique recommandée par la Banque Mondiale pour les zones à caractère industriel.

Afin de limiter les émissions de bruit, des équipements spécifiques en fonction des sources devront être intégrées dans le projet détaillé. Nous montrons dans le tableau ci-dessous des types de réduction de bruit



envisageables en fonction des équipements à isoler. Une grande attention devra être portée à l'isolation phonique des équipements, en particulier les ventilateurs, et des bâtiments techniques.

Tableau 47 : Mesures de réduction du niveau acoustique

Sources de bruit à l'intérieur du complexe	Mesures de réduction
Pompes	Capot anti bruit
Récupérateur de chaleur	Isolation phonique des bâtiments
Transformateur	Isolation phonique des bâtiments
Tour de refroidissement	Réducteur de bruit à l'entrée à la sortie
Station de détente du gaz	Capot anti bruit
Installation d'épuration et de déminéralisation de l'eau	Isolation phonique des bâtiments

4.5.7 La santé humaine

4.5.7.1 Impacts

Ce projet devrait pouvoir indirectement permettre un meilleur accès aux habitants des milieux ruraux à l'électricité. Ceci permettra de substituer pour l'éclairage l'utilisation du pétrole lampant au profit de lampes électriques, ce qui devrait entraîner une diminution des maladies visuelles et respiratoires du à l'utilisation de pétrole comme source d'éclairage.

Les travailleurs à l'intérieur de certaines zones du complexe pourront être occasionnellement soumis à un niveau sonore élevé, ce qui peut avoir un impact négatif sur l'état de santé des personnes soumise à tel niveau de bruit.

Dans le cas d'un refroidissement humide, il existe un risque de formations de légionnelles.

L'exploitation d'un parc photovoltaïque n'émet aucune émission atmosphérique particulière, hormis les poussières et gaz d'échappements des quelques véhicules nécessaires à la maintenance.

L'exploitation d'une centrale CSP, la turbine de production d'électricité rejettera dans l'atmosphère de la vapeur d'eau et quelques gaz liés à l'utilisation en complément de gaz ou pétrole, nécessaire au fonctionnement correct de la turbine. Cependant, ces rejets seront faibles (CO<sub>2</sub>, CO, NOx), et ne seront pas susceptibles d'impact la qualité de l'air et de présenter des risques pour la population alentour.

4.5.7.2 Mesures compensatoires

Les mesures contre les nuisances sonores vues au paragraphe 4.5.6.2 ci-dessus devront être mises en place.

Dans le cas d'un refroidissement humide, un suivi régulier des légionnelles devra être mis en place, ainsi que des mesures correctives en cas de risque pour les travailleurs ou les riverains.

#### **4.5.8 Les risques technologiques**

##### **4.5.8.1 Impacts**

Les risques liés à l'exploitation diffèrent entre la technologie photovoltaïque et la technologie CSP.

Pour le photovoltaïque, les installations solaires étant des équipements électriques, le risque incendie existe (court-circuit par exemple).

Le projet étant avant tout construit au moyen de verre, béton et acier, les matériaux ne sont dans l'ensemble pas inflammables.

Pour le CSP, le risque existe au niveau des capteurs.

L'autre risque principal lié au fonctionnement du CSP est le risque lié à la turbine. En effet, un risque incendie et explosion existe, en raison du fonctionnement sous pression et à chaud de la turbine et de l'utilisation de gaz ou pétrole, en faible quantité.

Ainsi, le retour d'expérience montre qu'un important incendie a eu lieu dans la centrale d'Ain Beni Mathar en mai 2009 lorsqu'elle était encore en cours de construction. L'incendie, qui a eu lieu au niveau du filtre d'admission d'air, s'est propagé à l'une des turbines du complexe qui a été complètement détruite. Cet incendie serait lié à un mégot jeté.

Une importante explosion a également eu lieu dans la centrale SEGS1 à Dagett en Californie en 1999. L'explosion était due au fluide caloporteur à haute température dans l'un des bassins de stockage qui a pris feu. 400 000 litres d'huile minérale a brûlé et l'incendie a perduré plus de 14 heures.

##### **4.5.8.2 Mesures compensatoires**

Des mesures spécifiques devront être mises en place selon la technologie employée et les risques associés, et ce dès le début des travaux. Elles seront adaptées et maintenues pendant toute la durée de vie du projet.

Des équipements de lutte contre l'incendie (extincteurs, citerne d'eau), des plans de prévention et d'intervention en cas d'incendie devront être mis en place.

Une procédure incendie spécifique, comprenant une formation du personnel, ainsi qu'un affichage adapté, sera installé.

Des pistes d'accès spécifiques (périphériques et intra-site) devront être prévues.

Ces mesures devront être discutées et validées avec les pompiers locaux.

Par ailleurs, les risques de vandalisme seront limités par la présence d'une clôture entourant le site. Un système de vidéosurveillance peut-être envisagé.

De plus, en phase d'exploitation, des exercices évacuation seront réalisés, en partenariat avec les pompiers.

Une fois l'investissement amorti, la poursuite de l'activité est envisageable, et le démantèlement n'est pas nécessaire, pour autant que le cadre légal le permette, et que les conditions soient toujours réunies pour permettre l'exploitation de la ferme solaire.

Ceci est en particulier vrai pour les parcs photovoltaïques, car leurs coûts de maintenance et de maintien en opération sont très faibles.

Si le démantèlement devait avoir lieu, le coût du démantèlement pourrait être en partie couvert par la vente des matériaux recyclables (verre, métal).

L'enlèvement des champs solaires et de la clôture permettra un retour immédiat du sol dans les conditions initiales avant la construction du complexe.

Les pistes seront laissées intactes.

Dans le cas d'une centrale CSP, le champ solaire est entièrement recyclable, ce qui n'est pas le cas pour les panneaux photovoltaïques.



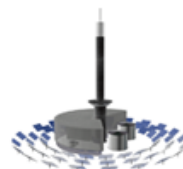

A l'inverse, une centrale CSP aura nécessité une surface d'imperméabilisation beaucoup plus importante, qui ne pourra être rendue à son état initial.

#### **4.6 Remise en état du site en fin d'exploitation**



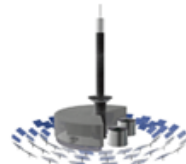

4.7 Synthèse comparative des impacts des différentes variantes



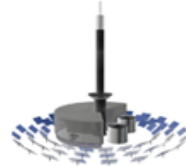

Impact très fort	Impact modéré	Impact positif faible
Impact fort	Impact faible	Impact positif fort

Tableau 48 : Synthèse comparative des impacts des différentes technologies

		Photovoltaïque sans tracker	Photovoltaïque avec trackers	La tour solaire « <i>Tower</i> »		Les capteurs cylindro-paraboliques « <i>Trough</i> »	
							
Refroi-dissement		/	/	Humide	Sec	Humide	Sec
Géologie et sols	Imperméabilisation	Dalle des locaux techniques (transformateurs, onduleurs) (6 000 m² environ)  Ancrages des panneaux (de 1000 m² à 6 000 m²)  Bâtiment administratif et parking (200 à 300 m² pour 25 personnes environ)  <b>Soit un total de 12 300m².</b>	Dalle des locaux techniques (transformateurs, onduleurs) (6 000 m² environ),  Bâtiment administratif et parking (200 à 300 m² pour 25 personnes environ)  Ancrage structure des trackers (400 000 m² environ)  <b>Soit au total 406 000 m²</b>	Bâtiment turbine (12 000 m²),  Dalle des tours (4 tours de 50 à 100 m² soit environ 400 m²),  Cuves de stockage de l'énergie thermique (20 000 m² pour 500 MW pour 4h)  Bâtiment administratif et parking (2 000 m² environ pour 500 personnes)  Ancrages des panneaux (1 000 m² pour des ancrages par pieux)  <b>Soit au total d'environ 35 000 m²</b>		Bâtiment turbine (12 000 m²),  Cuves de stockage de l'énergie thermique (20 000 m² pour 500 MW pour 4h)  Bâtiment administratif et parking (2 000 m² environ pour 500 personnes)  Ancrage structure des capteurs (400 000 m² environ)  <b>Soit au total maximum de 434 000 m²</b>	
	Tasse-ment	Impact faible des travaux  Peu de déplacements (peu de personnel)			Impact modéré des travaux  Beaucoup de déplacements (beaucoup de personnel en travaux comme en exploitation)		
	Ero-sion	Impact très faible (aucun défrichement ne sera nécessaire)					
	Pollution	Impact très faible (seulement si pollution accidentelle en phase travaux)			Sels fondus (stockage thermique)  Combustible fossile (alimentation d'appoint de la centrale)		Huile synthétique (fluide caloporteur)  Sels fondus (stockage thermique)  Combustible fossile (alimentation d'appoint de la centrale)
Eaux souterraines		Aucun besoin en alimentation, absence de nappe au niveau du site (nappe très peu vulnérable en contrebas)					



	Photovoltaïque sans tracker	Photovoltaïque avec trackers	La tour solaire « Tower »		Les capteurs cylindro-paraboliques « Trough »	
						
Refroi-dissement	/	/	Humide	Sec	Humide	Sec
Eaux superficielles	Faible surface à imperméabiliser (seulement les locaux techniques et administratifs – 12 000 m² environ)  Faible consommation d’eau (seulement arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage peu fréquent des panneaux)  Mise en place d’un bassin d’évaporation - Aucun rejet d’eau  Aucun risque de contamination des eaux pluviales (pas de produits dangereux stockés sur site)	Surface à imperméabiliser importante (surtout en raison des ancrages béton des trackers – 40 ha)  Faible consommation d’eau (seulement arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage peu fréquent des panneaux)  Mise en place d’un bassin d’évaporation - Aucun rejet d’eau  Aucun risque de contamination des eaux pluviales (pas de produits dangereux stockés sur site)	Surface à imperméabiliser moyenne (bâtiments techniques et administratifs – 35 000 m² environ)  Consommation d’eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation de combustible fossile (cas du gas-oil)	Surface à imperméabiliser moyenne (bâtiments techniques et administratifs – 35 000 m² environ)  Consommation d’eau modérée (arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage fréquent des miroirs incurvés)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation de combustible fossile (cas du gas-oil)	Surface à imperméabiliser très importante (43 ha)  Consommation d’eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide – 6 Mm3/an)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation de l’huile synthétique et de combustible fossile (cas du gas-oil).	Surface à imperméabiliser très importante (43 ha)  Consommation d’eau modérée (arrosage des pistes, sanitaires et nettoyage fréquent des miroirs incurvés)  Mise en place d’un bassin d’évaporation pas de rejets d’eau dans le milieu naturel  Risque très localisé de contamination des eaux pluviales lié à l’utilisation de l’huile synthétique et de combustible fossile (cas du gas-oil).
Air	Gaz d’échappement et poussières des véhicules		Gaz d’échappement et poussières des véhicules, rejets liés à l’alimentation en combustible fossile			
Cli-mat	Economie d’un million de tonnes de CO <sub>2</sub> par an					
Risques	Pas d’effet sauf sur risque incendie (présence d’équipements électriques)		Source importante de risque liée à la présence de combustible fossile (gaz ou gas-oil)		Source importante de risque liée à la présence de combustible fossile  Risque incendie augmenté du fait de la présence d’huile à haute température (400°C)	
Milieu naturel	Impacts faibles durant la phase travaux (peu de terrassements et peu de déblais dans les unités de milieu de pente)  Risque de dérangement de la faune durant les travaux  Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces entre les panneaux  Risque nul de pollution des oueds à valeur patrimoniale élevée  Impacts liés à la destruction de la végétation		Impacts modérés durant les travaux (terrassements, risques de dépôt de déblais sur les versants, dans les unités de milieu de pente).  Risque de dérangement de la faune durant les travaux et l’exploitation (personnel nombreux)  Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces interstitiels (impact plus faible que pour le PV)  Risque de pollution très faible ayant peu de chance d’affecter les oueds à valeurs patrimoniale élevée en aval du site.		Impacts modérés durant les travaux (terrassements, risques de dépôt de déblais sur les versants, dans les unités de milieu de pente).	
					Risque de dérangement de la faune durant les travaux	
					Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces interstitiels (impact positif plus faible que pour le PV, car la surface imperméabilisée est plus grande)	
					Risque de pollution liés à la présence d’huile comme fluide caloporteur (fuites au niveau des canalisations) pouvant affecter indirectement les oueds à valeurs patrimoniale élevée en aval du site, et du Lac du barrage Mansour Ed Dahbi. Cependant fluide caloporteur biodégradable	
Paysage	En se limitant aux plates formes planes du site (vers le centre), l’impact visuel sera néant	En se limitant aux plates formes planes du site (vers le centre), les panneaux seront perçus depuis la RP1511 qui mène à Ghassate ainsi que depuis les pistes d’accès aux douars sis à l’Est du site	Projet très visible même depuis la ville d’Ouarzazate (signalons que les antennes à l’entrée du site depuis la RN10 sont visibles depuis la ville)		Impacts visuels depuis la RP1511 et les accès aux douars de l’Est	

		Photovoltaïque sans tracker	Photovoltaïque avec trackers	La tour solaire « <i>Tower</i> »		Les capteurs cylindro-paraboliques « <i>Trough</i> »	
							
Refroi-dissement		/	/	Humide	Sec	Humide	Sec
Environnement socio-économique	Emploi et activité économique	Nombreux emplois en phase construction, environ 25 à 50 emplois à plein temps en phase d’exploitation. Nombreux emplois indirects. Accès à l’électricité, réduction de l’isolement, formations et transfert de technologies.		Nombreux emplois en phase construction (2 000 à 2 500) et de 400 à 500 à plein temps en phase d’exploitation. Nombreux emplois indirects. Accès à l’électricité, réduction de l’isolement, formations et transfert de technologies.			
	Foncier	Le projet ne nécessite aucune destruction d’habitat, déplacement de population ou d’activités économiques. Seule la piste d’accès au douar Tasselmante sera modifiée par le projet. La ligne 60 kV sera éventuellement déplacée Le site n’a à l’heure actuelle qu’une vocation pastorale à faible offre fourragère, facilement transférable sur les sites alentours, et un faible intérêt touristique (piste de quad).					
	Agropastoralisme	Pas d’impact sur la SAU. Seul un changement d’itinéraire des bergers est à prévoir.					
	Tourisme	Aucun impact sur le patrimoine culturel local Impact positif sur le tourisme et les retombées médiatiques du projet Rôle pédagogique du projet					
	Bruit et vibrations	Nuisances faibles en phase chantier liées au trafic routier et à l’ancrage des panneaux Impact sonore négligeable durant la phase d’exploitation		Phase chantier : impacts importants liés aux besoins importants en équipements, main d’œuvre, assemblage sur site et constructions. Phase exploitation : impacts importants liés à la rotation de la turbine et aux condenseurs.			
	Santé humaine	Aucun impact (hormis les nuisances temporaires durant la phase chantier)		Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles  Risque lié à la présence de légionnelles	Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles	Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles  Risque lié à la présence de légionnelles	Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d’eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles
Remise en état en fin d’exploitation		Démontage facile des installations Recyclage des panneaux à prévoir, et plus ou moins compliqué selon le type de panneaux.		Capteurs entièrement recyclables Démantèlement des bâtiments d’exploitation complexe Maintien d’une surface imperméabilisée si les dalles béton ne sont pas toutes enlevées			

4.8 Synthèse : la solution la plus impactante

Suivant la méthodologie décrite en partie 4.1, les impacts ont été évalués pour chaque variante pour une centrale solaire de 500 MW composée uniquement d'une technologie.

Le présent chapitre présente l'étape suivante : la sélection de la solution la plus impactante. Pour chaque domaine environnemental et sociétal étudié, l'impact retenu est le plus fort des 4 variantes.

Impact très fort	Impact modéré	Impact positif faible
Impact fort	Impact faible	Impact positif fort

Tableau 49 : Solution la plus impactante

Solution la plus impactante		
Géologie et sols	Imperméabilisation	<b>Capteurs cylindro-paraboliques</b> Bâtiment turbine (12 000 m²), Cuves de stockage de l'énergie thermique (20 000 m² pour 500 MW pour 4h) Bâtiment administratif et parking (2 000 m² environ pour 500 personnes) Ancrage structure des capteurs (400 000 m² environ) <b>Soit au total maximum de 434 000 m²</b>
	Tassement	<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire</b> Impact faible des travaux Beaucoup de déplacements (beaucoup de personnel en travaux comme en exploitation)
	Erosion	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Impact très faible (aucun défrichement ne sera nécessaire)
	Pollution	<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile)</b> Huile synthétique (fluide caloporteur) Sels fondus (stockage thermique) – risque limité uniquement en phase travaux Combustible (alimentation appoint de la centrale)
	Eaux souterraines	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Aucun besoin en alimentation, nappe inexistante au niveau du site (nappe très peu vulnérable en contrebas dans la vallée)
Eaux superficielles		<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile, refroidissement humide)</b> Surface à imperméabiliser très importante (43 ha) Consommation d'eau très importante (arrosage des pistes, sanitaires, nettoyage fréquent des miroirs incurvés et en particulier le refroidissement humide – 6 Mm3/an ) Mise en place d'un bassin d'évaporation – absence de rejets d'eau dans le milieu Risque de contamination des eaux pluviales lié à l'utilisation d'huile synthétique et de fioul

Solution la plus impactante		
Air		<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Gaz d'échappement et poussières des véhicules et rejets liés à l'alimentation en combustible fossile
Climat		<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Economie d'un million de tonnes de CO₂ par an
Risques		<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile)</b> Source importante de risque liée à la présence de combustible fossile Risque incendie augmenté du fait de la présence d'huile à haute température (400°C)
Milieu naturel		<b>Capteurs cylindro-paraboliques (avec huile)</b>
		Impacts modérés durant les travaux (terrassements, risques de dépôt de déblais sur les versants, dans les unités de milieu de pente).
		Risque de dérangement de la faune durant les travaux
		Impacts positifs liés à la mise en défens des espaces interstitiels (impact positif plus faible que pour le PV, car la surface imperméabilisée est plus grande)  Risques de pollution liés à la présence d'huile comme fluide caloporteur (fuites au niveau des vannes, des pompes et des raccords de canalisations) pouvant affecter les sols et indirectement les oueds à valeur patrimoniale élevée en aval du site, et du Lac du barrage Mansour Ed Dahbi.
Paysage		<b>Tour solaire</b> Projet très visible même depuis la ville d'Ouarzazate (signalons que les antennes à l'entrée du site depuis la RN10 sont visibles depuis la ville)
Environnement socio-économique	Emploi et activité économique	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Nombreux emplois en phase construction, entre 2 000 et 2 500 emplois/an et entre 400 et 500 en phase d'exploitation. Nombreux emplois indirects. Accès à l'électricité, réduction de l'isolement, formations et transfert de technologies.
	Foncier	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Le projet ne nécessite aucune destruction d'habitat, déplacement de population ou d'activités économiques. Seule la piste d'accès au douar Tasselmante sera modifiée par le projet. Le site n'a à l'heure actuelle qu'une vocation pastorale à faible offre fourragère, facilement transférable sur les sites alentours, et un faible intérêt touristique (piste de quad).
	Agropastoralisme	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b>  Pas d'impact sur la SAU. Seul un changement d'itinéraire des bergers est à prévoir.
	Tourisme	<b>Capteurs cylindro-paraboliques, tour solaire et photovoltaïque</b> Aucun impact sur le patrimoine culturel local Impact positif sur le tourisme et les retombées médiatiques du projet Rôle pédagogique du projet



Solution la plus impactante		
	Bruit	<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire</b> Phase chantier : impacts forts liés aux besoins importants en équipements, main d'œuvre, assemblage sur site et constructions. Phase exploitation : impacts forts liés à la rotation de la turbine et aux condenseurs.
	Santé humaine	<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire (refroidissement humide)</b> Risques très faibles, en raison des rejets de vapeur d'eau et gaz de combustion, mais en quantités faibles. Risque lié à la présence de légionnelles.
Remise en état en fin d'exploit-tation	<b>Capteurs cylindro-paraboliques et tour solaire</b> Capteurs entièrement recyclables Démantèlement des bâtiments d'exploitation complexe Maintien d'une surface imperméabilisée si les dalles béton ne sont pas toutes enlevées	

En conclusion, l'on voit que la solution la plus impactante a des impacts très forts sur l'imperméabilisation des sols, sur les eaux superficielles et le risque incendie, principalement liés aux consommations importantes d'eau du procédé de refroidissement humide et à l'utilisation de produits polluants. Ces impacts peuvent être atténués et/ou compensés. L'impact sur la ressource en eau n'entravera pas les usages de l'eau au niveau du barrage, en particulier pour l'alimentation en eau potable.

La tour solaire, d'une hauteur d'une centaine de mètres, aura un impact paysager très fort puisqu'elle sera visible même depuis la ville d'Ouarzazate.

Des impacts forts sont à prévoir sur l'ambiance sonore, notamment lors de la phase chantier.

Le tassement du sol et la remise en état du site en fin d'exploitation sont des impacts modérés du projet.

Rappelons que cette évaluation est théorique afin de maximiser les impacts. Dans la pratique, le complexe sera composé de plusieurs technologies. Son impact sera moindre que ce qui a été défini dans la présente étude cadre. Une étude d'impact environnemental et social "spécifique" qui permettra de prendre en compte les spécificités de la centrale et des installations connexes qui seront nécessaires sera réalisée ultérieurement, cette étude "spécifique" sera également conforme aux exigences des institutions financières internationales.

Soulignons enfin l'impact très positif du projet sur le climat, sur l'emploi, l'activité économique et le tourisme.

4.9 Conclusion sur les impacts du complexe solaire

## 5 Programme de surveillance et de suivi environnemental

La surveillance environnementale vise à assurer que les engagements et les recommandations de nature environnementale inclus dans la présente étude soient appliqués de façon intégrale. Dans un premier temps, cette activité de surveillance comprend l'intégration des mesures d'atténuation et des autres considérations environnementales dans les plans et devis, puis leur mise en application lors de la construction.

MASEN validera les documents d'études et d'exécution présentés par les entrepreneurs les mesures d'atténuation que les entreprises doivent intégrer.

De plus, avant le début des travaux, MASEN mandatera un responsable de la surveillance environnementale (en interne ou prestation externalisée). La personne chargée de la surveillance environnementale sera présente sur le chantier sur une base régulière, sera facilement accessible et aura comme mandat d'assurer l'application concrète des mesures d'atténuation au chantier. Tout incident ou accident pouvant porter atteinte à l'environnement sera immédiatement signalé à MASEN et le cas échéant, aux autorités locales et au MEMEE.

Le responsable de la surveillance environnementale pourra être un ingénieur en environnement de MASEN ou un ingénieur d'un bureau d'études mandaté par MASEN. Ce responsable pourra être assisté par des spécialistes, au besoin. Il importe de préciser que cette personne relèvera de la direction du chantier.

Lors de l'arrivée au chantier de nouveaux entrepreneurs, sous-traitants et/ou fournisseurs, les exigences en matière de protection de l'environnement et d'urgence environnementale leur seront présentées afin de les sensibiliser. Lors des réunions de chantier, un point « Environnement » sera mis à l'ordre du jour pour faire le suivi des éléments à corriger et/ou à apporter une attention particulière.

En plus de veiller à l'application de toutes les mesures d'atténuation, le responsable de la surveillance environnementale verra à relever les dérogations, à proposer des correctifs et orienter la prise de décision sur le chantier relativement aux questions d'environnement. Le processus de notification en cas de non-respect des mesures environnementales sera présenté lors de la première réunion de chantier, ainsi que les différents documents de surveillance environnementale qui devront être produits avant le début des travaux et tout au long du déroulement de ces derniers.

Tout au long du déroulement des travaux, MASEN avisera les ministères ou organismes responsables du déroulement des travaux et des changements importants dans le calendrier de réalisation. Les ministères ou organismes responsables pourront en tout temps venir constater la mise en application des mesures d'atténuation prévues.

La personne responsable de la surveillance environnementale des travaux aura également la responsabilité de produire des rapports mensuels de surveillance environnementale et un rapport final à la fin des travaux.

MASEN accorde par ailleurs une grande importance à ses relations avec les populations concernées par la réalisation du projet. Tout au long des travaux, MASEN pourra informer la population du déroulement du chantier par l'entremise de son site Internet, et de communications avec les autorités locales et régionales.

En résumé, les activités liées à la surveillance environnementale permettront :

- De voir à l'application des mesures d'atténuation contenues dans l'étude d'impact et les plans et devis;
- De réaliser des inspections sur les sites des travaux et signaler toutes les non-conformités au responsable du chantier;
- D'identifier, de concert avec le chef de chantier, les mesures alternatives à mettre en place afin de résoudre toute problématique non prévue qui pourrait se manifester durant les travaux;

- De s'assurer que les travaux sont réalisés conformément aux exigences environnementales marocaines et des bailleurs de fonds.

### 5.1 Contenu du programme de surveillance environnementale

Le programme de surveillance environnementale portera sur les aspects suivants durant les travaux :

- Enceintes de chantier;
- Excavation et terrassement;
- Drainage;
- Eaux usées et résiduaire;
- Engins de chantier et circulation;
- Prévention des déversements accidentels de contaminants;
- Gestion des matières dangereuses et des déchets solides;
- Remise en état.

#### 5.1.1 Enceintes du chantier

Une enceinte de chantier accueille les bâtiments administratifs et sanitaires, ainsi que les différents ateliers et sites d'entreposage relatifs au chantier. L'enceinte de chantier sera située sur l'emprise du site appartenant à MASEN. Une clôture provisoire sera installée. L'accès au chantier devra être gardé pour contrôler et limiter les accès au strict nécessaire.

#### 5.1.2 Excavation et terrassement

Le transport de matériaux meubles constitue une activité importante et le responsable chantier devra s'assurer que les plans de mouvements de sols, précisant les quantités précises de matériaux à être évacuées et apportées, les sites d'emprunts et de dépôts, la gestion des dépôts provisoires, sont respectés durant les travaux. En particulier, les sites de dépôts provisoires devront être identifiés de manière à ne pas perturber l'écoulement normal des eaux de surface.

L'entrepreneur devra limiter au strict nécessaire le décapage, le déblaiement, l'excavation, le remblayage et le nivellement des aires de travail, afin de respecter la topographie naturelle et de prévenir l'érosion.

L'entrepreneur devra transporter les déblais excédentaires dans un site approuvé par le représentant désigné de MASEN et les autorités locales compétentes.

Après les travaux, l'entrepreneur devra niveler les aires d'excavation et d'entreposage des déblais en respectant la topographie du milieu environnant. De plus, il sera tenu de rétablir le drainage et de stabiliser les terrains susceptibles d'être érodés.

Si l'entrepreneur découvre un vestige archéologique lors de travaux d'excavation ou de construction, il devra arrêter les travaux et en informer sans délai le représentant désigné de MASEN. L'entrepreneur devra éviter toute intervention de nature à compromettre l'intégrité du vestige découvert.

L'entrepreneur devra également décaper toute aire ayant servi à l'entreposage de matériaux, de déchets ou de matières dangereuses. Les sols devront être placés dans des contenants et éliminés dans un site autorisé.

Si des matériaux ou des équipements sont laissés sur place après les heures de travail, l'entrepreneur devra installer une clôture pour empêcher que des animaux entrent en contact avec ces produits.

#### 5.1.3 Carrières et sablières

L'entrepreneur devra exploiter les carrières et sablières existantes ou prévues au contrat pour lesquelles il aura obtenu les autorisations requises. L'entrepreneur sera tenu de réduire le nombre de sites d'exploitation en choisissant des carrières ou sablières pouvant fournir le plus fort volume de matériaux.

L'entrepreneur devra indiquer clairement les limites de l'aire d'exploitation sur le terrain à l'aide de piquets ou de rubans. Posées avant le début des travaux, ces balises devront demeurer bien visibles tout au long de l'exploitation.

Pendant l'exploitation, l'entrepreneur devra réduire l'érosion due au ruissellement et éviter que les sédiments n'atteignent une ravine ou un oued.

L'entrepreneur devra garder sur le pourtour une bande de terrain suffisamment large pour y accumuler la terre organique décapée qui servira à recouvrir la surface exploitée de la carrière ou de la sablière lors de la remise en état des lieux. Il devra récupérer tout débris, déchet, matériel inutilisable, pièce de machinerie ou autre élément.

#### **5.1.4 Drainage**

En cours de travaux, l'entrepreneur devra respecter le drainage naturel du milieu et prendre toutes les mesures appropriées pour permettre l'écoulement normal des eaux et éviter la formation d'étangs.

#### **5.1.5 Eaux usées et résiduaires**

Au niveau des installations fixes du chantier, les eaux usées domestiques devront être traitées sur place. Il est recommandé d'utiliser dans la mesure du possible des toilettes sèches.

Les eaux résiduaires et industrielles émanant des stations de lavage et d'entretien des engins de chantier devront subir un traitement de séparation eau-huile. Après séparation, les eaux seront réutilisées sur le site en circuit fermé. Les huiles pourront être remises aux fournisseurs aux fins de recyclage.

#### **5.1.6 Engins de chantier et circulation**

L'entrepreneur devra tenir compte de la nature du terrain et du milieu environnant dans le choix de ses engins de chantier en vue d'éviter de créer des ornières et des décrochements de sols. Si, pour des raisons techniques, l'entrepreneur ne peut respecter cette directive, il devra soumettre des mesures de remise en état spécifiques au représentant désigné de MASEN.

L'entrepreneur devra maintenir ses équipements en parfait état de fonctionnement. Tous les jours, il sera tenu de vérifier la présence de fuite de contaminants, qu'il devra réparer immédiatement, le cas échéant. De plus, les niveaux de bruit émis par les principaux équipements et engins de chantier seront vérifiés régulièrement. L'entrepreneur devra s'assurer que les équipements et les engins qu'il utilise sur le chantier sont en bon état de fonctionnement et qu'ils n'émettent pas des niveaux de bruit excessifs. Toute manipulation de carburant, d'huile ou d'autres produits contaminants, y compris le transvaseage, devra être effectuée à plus de 60 m de tout fossé ou oued. L'entrepreneur devra effectuer tous les travaux de maintenance et de ravitaillement en carburant de ses engins sur un site où les contaminants seront confinés en cas de déversement, tout en ayant sur place du matériel d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants.

L'entrepreneur devra munir chaque engin de chantier d'une quantité suffisante d'absorbants afin d'intervenir efficacement en cas de déversement accidentel de contaminants.

Les bétonnières et les équipements servant au transport et à la pose du béton devront être lavés dans une aire prévue à cet effet. L'emplacement de cette aire sera déterminé par le représentant désigné de MASEN. Il pourra s'agir d'un bassin de décantation que l'entrepreneur creusera à même le sol. À la fin des travaux, l'entrepreneur devra enlever les résidus solides décantés et les déposer dans un conteneur de matériaux secs. Finalement, il devra remblayer le bassin de décantation avec le sol d'origine.

L'entrepreneur devra maintenir en tout temps en bon état les voies de circulation qu'il utilise. Il devra obtenir l'autorisation du représentant désigné de MASEN avant d'utiliser tout chemin, sentier ou chemin de contournement non indiqué au contrat.

À la demande du représentant désigné de MASEN, l'entrepreneur devra arrêter toute circulation lourde, par exemple, sur des milieux sensibles à l'érosion, en particulier lors d'une pluie abondante ou sur des milieux de faible capacité portante.

Le responsable chantier devra s'assurer que les engins de chantier ne restent pas dans les aires de travail au-delà des horaires de travail. À la fin de chaque journée, tous les engins et véhicules devront regagner l'enceinte prévue à cet effet. Ces enceintes devront être aménagées en terrasses étanches afin de récupérer les eaux de ruissellement et les diriger vers des bassins déshuileurs.

#### **5.1.7 Déversements accidentels de contaminants**

Au début des travaux, l'entrepreneur devra présenter un plan d'intervention en cas de déversement accidentel de contaminants. L'entrepreneur devra placer son plan d'urgence dans un endroit à la vue de tous les employés. Ce plan d'intervention devra couvrir les aspects suivants :

- Objectifs;
- Liste des éléments sensibles dans l'environnement immédiat du site des travaux;
- Liste des situations potentiellement dangereuses;
- Mesures préventives afférentes;
- Suivi et mesures correctives;
- Interventions à réaliser en cas de déversement;
- Liste et coordonnées des intervenants à contacter en cas d'urgence.

De plus, l'entrepreneur devra avoir en sa possession au moins une trousse d'urgence en cas de déversement accidentel de contaminants. Celle-ci devra contenir des équipements adaptés aux particularités du lieu de travail.

A titre d'exemple, une trousse d'urgence en cas de déversement doit généralement contenir les équipements suivants :

- 1 baril ou boîte contenant le matériel d'intervention en cas de déversement;
- 10 coussins absorbants en polypropylène de 430 cm<sup>3</sup> de dimension;
- 200 feuilles absorbantes en polypropylène;
- 10 boudins absorbants en polypropylène;
- 5 sacs de 10 litres de fibre de tourbe traitée pour absorber les hydrocarbures;
- 10 sacs en polyéthylène de 6 mm d'épaisseur et de 205 litres de grandeur pour déposer les absorbants contaminés.

L'entrepreneur devra aviser immédiatement le représentant désigné de MASEN de tout déversement de contaminants dans l'environnement, quelle que soit la quantité déversée.

Lors d'un déversement accidentel de contaminants, l'entrepreneur devra procéder immédiatement, à ses frais, aux opérations suivantes :

- Contrôler la fuite;
- Vérifier l'étendue du déversement;
- Appliquer sa structure d'alerte;



- Confiner et récupérer le contaminant;
- Excaver et remplacer le sol contaminé, s'il y a lieu;
- Gérer les résidus contaminés en fonction du niveau de contamination observé;
- Rédiger un rapport de déversement.

#### **5.1.8 Gestion des matières dangereuses et des déchets solides**

Certains produits utilisés sur le chantier sont des matières dangereuses. L'entrepreneur devra faire approuver le lieu d'entreposage de ces produits par le représentant désigné de MASEN. Ce lieu d'entreposage devra être éloigné de la circulation des véhicules et situé à une distance raisonnable des fossés de drainage et de tout autre élément sensible indiqué par le représentant désigné de MASEN.

L'entrepreneur devra manipuler les produits pétroliers de façon à prévenir et à maîtriser les fuites et les déversements. Il devra s'assurer que les contenants, les réservoirs portatifs et les réservoirs mobiles qu'il utilise sont conformes aux normes de fabrication. L'entrepreneur devra aussi respecter les normes de localisation et d'installation pour les réservoirs hors sol.

De façon générale, l'entrepreneur qui installe un ou plusieurs réservoirs hors sol dont le volume totalise 5000 litres et plus, devra munir le tout d'une digue étanche formant une cuvette de rétention autour du ou des réservoirs. Si la cuvette de rétention ne protège qu'un seul réservoir, elle devra être de capacité suffisante pour contenir un volume équivalent à au moins 10 % de la capacité du réservoir. Si la cuvette de rétention protège plusieurs réservoirs, elle devra être de capacité suffisante pour contenir un volume au moins égal à la plus grande des valeurs suivantes : la capacité du plus gros réservoir plus 10 % de la capacité totale de tous les autres réservoirs ou la capacité du plus gros réservoir augmentée de 10 %.

De plus, l'entrepreneur devra récupérer quotidiennement et trier les différents déchets qu'il génère selon qu'ils constituent des déchets solides (déchets domestiques, matériaux secs, rebuts métalliques, etc.) ou des matières dangereuses résiduelles (filtres de véhicules, huiles usées, etc.).

L'entrepreneur sera responsable de l'entreposage et de l'élimination des déchets solides générés, et ceux-ci devront être éliminés à ses frais dans un lieu autorisé par l'Autorité compétente. L'entrepreneur devra fournir, sur demande, une preuve d'élimination au représentant désigné de MASEN.

L'entrepreneur sera responsable également de la récupération et de l'entreposage des matières dangereuses résiduelles générées par ses activités. Il devra prévoir des conditions d'entreposage temporaires sécuritaires jusqu'au moment de leur élimination finale dans un site autorisé. La zone d'entreposage temporaire devra comprendre un abri étanche possédant au moins trois côtés, un toit et un plancher étanche formant une cuvette dont la capacité de rétention devra répondre au plus élevé des volumes suivants : 25 % de la capacité totale de tous les contenants entreposés ou 125 % de la capacité du plus gros contenant. À titre d'exemple, il peut s'agir d'un ou de plusieurs bacs étanches recouverts d'un abri, d'une roulotte de chantier ou d'un conteneur maritime.

Tous les frais reliés à l'entreposage et à l'élimination des déchets solides et des matières dangereuses résiduelles seront à la charge de l'entrepreneur.

#### **5.1.9 Remise en état**

L'entrepreneur devra débarrasser le chantier des équipements, matériaux, installations provisoires et éliminer les déchets et déblais dans des sites autorisés à cet effet. Il devra retirer les ouvrages d'art temporaires.

L'entrepreneur devra niveler le terrain de façon à lui redonner sa forme d'origine ou une forme s'harmonisant avec le milieu environnant. À cet effet, il pourra être nécessaire de restaurer le drainage naturel et creuser au besoin des fossés pour assurer un bon drainage du terrain.

## **5.2 Programme de suivi environnemental**

### **5.2.1 Objectifs et mise en œuvre**

Le suivi environnemental concerne la phase d'exploitation et poursuit deux objectifs dans le cadre du projet :

- Vérifier l'évaluation de certains impacts identifiés lors de l'étude d'impacts et au besoin, apporter les ajustements à l'évaluation des impacts et proposer des mesures d'atténuation permettant de minimiser les répercussions imprévues sur le milieu d'insertion du projet;
- Vérifier l'efficacité de certaines mesures d'atténuation proposées et effectuer, si nécessaire, certains ajustements.

Le suivi environnemental de l'exploitation du complexe solaire d'Ouarzazate sera placé sous la responsabilité de MASEN qui devra désigner un responsable environnemental en phase d'exploitation.

Intégrée au sein de l'équipe d'exploitation des différents éléments du complexe solaire d'Ouarzazate ou réalisée par des firmes spécialisées en environnement, l'équipe responsable d'effectuer le suivi environnemental devra avoir une bonne connaissance des problèmes de génie de l'environnement (domaines de l'eau, du bruit et de l'air). Les principales fonctions du suivi environnemental seront les suivantes :

- Dresser une liste exhaustive des mesures proposées dans l'étude d'impact et des engagements de MASEN et des développeurs dans le cadre du projet;
- Établir un calendrier détaillé des activités à réaliser afin de rencontrer les engagements et la mise en œuvre des mesures proposées;
- Documenter les actions entreprises (lettres, rapports écrits, photographies, etc.);
- Rédiger des rapports semestriels des activités effectuées dans le cadre du suivi environnemental;
- Faire connaître les résultats du suivi aux directions concernées de MASEN, des ministères impliqués dans la gestion et la protection de l'environnement, des bailleurs de fonds internationaux, et à la population locale.

Par ailleurs, un rapport semestriel de suivi environnemental sera préparé. Toutefois, advenant un incident ou une activité susceptible d'entraîner des impacts significatifs sur le milieu lors de l'exploitation, un rapport immédiat sera produit de façon à mettre en place, et ce, le plus rapidement possible, les mesures correctrices appropriées.

Le rapport semestriel et les éventuels rapports immédiats en cas d'incidents seront adressés aux bailleurs de fonds. Les modalités pratiques du reporting seront précisées ultérieurement.

Le rapport semestriel durant la phase des travaux pourra contenir les éléments suivants :

- principales phases de réalisation des travaux franchies (ie : assainissement pluvial, mise en place des éléments de génie civil, etc...)
- enjeux environnementaux liés à ces étapes (sols, milieu naturel etc...)
- mesures mises en œuvre par l'entreprise
- impacts résiduels éventuels et mesures prises
- éléments de synthèse des doléances éventuels

Le rapport semestriel en phase exploitation pourra contenir les éléments suivants :

- état de la production électrique
- état de la consommation en eau
- état de la consommation en fluide
- incidents éventuels observés
- éléments de synthèse des doléances éventuelles.

### **5.2.2 Contenu du programme de suivi environnemental**

L'évaluation environnementale a montré que les impacts en phase exploitation étaient limités aussi le suivi environnemental ne va concerner que quelques éléments de l'environnement. Le suivi environnemental sera toutefois différent suivant le type de technologie mise en œuvre : solaire à concentration ou Photovoltaïque.

#### **5.2.2.1 Suivi environnemental pour la centrale solaire à concentration**

Pour cette technologie, le suivi des paramètres environnementaux est le suivant :

- suivi de la pollution accidentelle : les risques de pollution accidentelle par fuite du fluide caloporteur existent au niveau du circuit de ce fluide. Le suivi de la pollution se fera par :
  - o suivi des quantités d'appoint apportées. La fréquence sera mensuelle
  - o contrôle visuel de la pollution au niveau des vannes – joints de conduite et pompe. Le contrôle visuel sera effectué sur une base mensuelle.
- Suivi mensuel de la consommation en eau
- Suivi de la légionellose au niveau de la tour de refroidissement
- Suivi des émissions atmosphériques liés à l'utilisation des combustibles
  - o Quantité de combustible utilisé et estimation des rejets de CO2
  - o Un contrôle annuel de la qualité des émissions sera effectué sur les paramètres suivants : T°, CO, SO2, NOx
  - o Un contrôle annuel de la qualité de l'air ambiant aux alentours du site pour les paramètres suivants : SO2 et NOx.

Il est aussi proposer de mettre en place un suivi de la faune et de la flore. Les suivis suivants devraient être effectués au moins une fois par an, et pourraient être effectués par les chercheurs de la Faculté des Sciences de Marrakech (Université Cadi Ayyad), qui seraient également chargés du suivi de la réserve si elle est mise en place :

- Suivi de l'état de la végétation sur les marges du complexe, afin de s'assurer que ces milieux ne sont pas dégradés par un surpâturage provoqué par l'installation du complexe ; dans le cas contraire, des mesures sont à envisager ;
- Suivi d'avifaune et d'herpétofaune dans les mêmes secteurs

Le coût du suivi de la faune et de la flore est estimé à 60 Kdhs/an.

#### **5.2.2.2 Suivi environnemental pour la centrale solaire photovoltaïque**

Pour cette technologie, le suivi des paramètres environnementaux ne concerne que les aspects suivants :

- Suivi mensuel de la consommation en eau
- Suivi de la production de déchets liés à la destruction éventuelle de panneaux.

Comme pour la technologie précédente, il est aussi proposer de mettre en place un suivi de la faune et de la flore. Les suivis suivants devraient être effectués au moins une fois par an, et pourraient être effectués par les chercheurs de la Faculté des Sciences de Marrakech (Université Cadi Ayyad), qui seraient également chargés du suivi de la réserve si elle est mise en place :

- Suivi de l'état de la végétation sur les marges du complexe, afin de s'assurer que ces milieux ne sont pas dégradés par un surpâturage provoqué par l'installation du complexe ; dans le cas contraire, des mesures sont à envisager ;
- Suivi d'avifaune et d'herpétofaune dans les mêmes secteurs

Le coût du suivi de la faune et de la flore est estimé à 60 Kdhs/an.

Les rapports de suivi environnementaux seront produits annuellement et transmis aux autorités concernées.

## 6 Plan de gestion environnementale et sociale

### 6.1 Introduction

Le présent plan de gestion environnementale et sociale (PGES) récapitule les mesures d'atténuation et de compensation qui seront mises en place dans le cadre du projet du complexe solaire d'Ouarzazate ainsi que les mesures de surveillance et de suivi environnemental proposées.

Ces mesures concernent :

- les infrastructures à mettre en place directement par MASEN ou en convention avec d'autres opérateurs nationaux tels que l'ONEP ou l'ONE
- les projets de production qui seront développés par une société de projet choisie par MASEN dans le cadre d'une procédure d'appels d'offres.

Ces mesures concernent les phases de conception, aménagements et exploitation.

MASEN reste globalement responsable de la mise en application de ce PGES et doit adopter une organisation pouvant assurer cette mission.

Pour les mesures qui sont directement prises en charge par les développeurs, des PGES adaptés à chaque technologie ont été identifiés. L'étude d'impact environnemental et social (y compris les PGES) sera jointe au dossier d'appels d'offres afin que les développeurs puissent intégrer ces mesures dans leurs propositions.

En outre, le développeur préparera une étude d'impact environnemental et sociale spécifique (EIES) qui comprendra un PGES adapté aux spécificités de la centrale, ce dernier sera validé par les autorités compétentes.

Comme nous l'avons vu tout au long de la présente étude d'impact, les impacts et mesures varient fortement d'une technologie à une autre. C'est pourquoi deux PGES différents sont réalisés : l'un pour les technologies photovoltaïques (avec et sans tracker) et l'autre pour les technologies de solaire à concentration (tour solaire et capteurs cylindro-paraboliques). Pour chacun sont détaillées les mesures en phase conception et travaux, et en phase d'exploitation.

**Le promoteur du projet devra mettre en place un système de management environnemental et social qui intègre l'hygiène et la sécurité et ceci à la fois pendant la phase de construction et la phase d'exploitation. Ce système sera traduit dans un manuel HSE qui intégrera l'ensemble des procédures qui seront mises en place lors du chantier et de l'exploitation du site afin de préserver l'environnement du site, ainsi que l'hygiène et la sécurité des travailleurs et populations environnantes. Ce manuel sera soumis à la validation de la MASEN.**

**Un rapport mensuel de suivi de chantier HSE sera préparé et soumis à la MASEN tout au long de la phase travaux. Lors de l'exploitation, un bilan mensuel sur l'hygiène, la sécurité et l'environnement devra être réalisé et envoyé à la MASEN. Ces rapports feront suite à une inspection détaillée de l'ensemble du site par au moins un membre de l'équipe HSE qui sera mise en place.**

Ces rapports comprendront notamment la liste des incidents/accidents survenus durant la période, les données sur les consommations d'eau, les volumes de déchets et les filières de traitement utilisées, les types et quantités de produits dangereux, des données sur le trafic engendré, les plantations, les éventuelles découvertes archéologiques, ainsi que toutes données utiles sur les mesures mises en place afin de protéger l'hygiène, la sécurité et l'environnement.

Un mécanisme de doléances des populations locales devra être mis en place dès le début des travaux. Les plaintes enregistrées seront intégrées dans les rapports HSE périodiques, et un plan d'action pour y répondre sera mis en place.

Un mécanisme de doléances sera mis en place par MASEN suffisamment tôt pour prévenir et corriger toutes préoccupations des populations locales, réduire les risques et créer un effet positif autour du projet. Le mécanisme devra être suffisamment clair et simple pour être compris par tous les intervenants et mis en œuvre facilement.

Le comité de gestion des doléances (CGD) et la procédure formelle de gestion des doléances sont les outils de base de mise en œuvre du mécanisme. Le CGD aura pour rôle d'examiner les recours, de proposer des amendements et d'assurer la transparence du mécanisme. Sa composition sera fixée pour assurer une efficacité maximale, tout en étant conforme à la réglementation en vigueur.

La procédure de gestion des doléances vise à fournir :

- un point de convergence pour les doléances exprimées afin de mieux les gérer,
- un point impartial et transparent, ainsi qu'un mécanisme de médiation pour traiter les doléances, dans le respect de la confidentialité des données sensibles,
- un système d'arbitrage crédible, efficace et orienté vers la recherche de solutions.

### 6.2 Organisation de MASEN pour le suivi environnemental

MASEN est une entreprise créée en mars 2010, et qui compte actuellement près de 30 employés.

Pour les phases de réalisation et d'exploitation, MASEN identifiera en interne un chargé environnement qui sera responsable de l'unité de gestion de l'environnement (UGE). L'UGE aura notamment pour mission de s'assurer que les mesures préconisées dans l'étude d'impact sur l'environnement sont bien mises en œuvre dans la réalisation du projet. L'UGE pourra être renforcé, si besoin il y a, par le recours à une entreprise extérieure spécialisée en environnement.

Le chargé de l'UGE devra concevoir, coordonner et diriger la mise en œuvre de la politique de MASEN en matière d'environnement (y compris la formation). Sous l'autorité de son supérieur hiérarchique, il devra s'assurer de la mise en œuvre du PGES Cadre et des PGES qui seront préparés pour les installations connexes. Il sera également chargé des relations suivies avec tous les services administratifs et les bailleurs de fonds pour les questions relatives à l'environnement.

En outre, une formation d'initiation à l'environnement sera organisée à l'attention du personnel de MASEN avant le début des travaux afin notamment de présenter le PGES Cadre et les responsabilités respectives des différents acteurs impliqués.

Une formation spécifique sur les politiques de sauvegardes sera également organisée à l'attention de membres de l'UGE avant le début des travaux.



### 6.3 Mesures pour la réalisation de l'aménagement et des infrastructures du site

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre et du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
<b>Aménagement du site</b>					
Tassement et imperméabilisation du sol	Etude géotechnique Etude hydrologique in site et hors site	L'aménagement du site par tranche tiendra compte des contraintes techniques et hydrologiques du site. L'étude hydrologique permettra d'optimiser la gestion des eaux pluviales afin de limiter l'érosion. Ces études seront transmises aux développeurs pour ajuster leurs propositions.	MASEN	~ 1 000 K dhs	Rapport des études Projet d'aménagement du site prenant en compte les contraintes
Tassement, risques d'éboulement Risque incendie	Zone tampon	Une zone tampon devra être préservée au niveau des limites du site, où des éboulements ont été constatés. Délimitation du périmètre d'implantation spécifique du projet	MASEN	Intégré au projet	Contrôle visuel, plan de masse
Tassement, risques d'éboulement, pollution des sols et des eaux, air, milieux naturels	Limitation des emprises, des risques de pollutions accidentelles et des rejets atmosphériques	En début de chantier, un pré-aménagement du terrain sera réalisé afin de matérialiser les voies principales de circulation.	MASEN	Intégré au projet	Contrôle visuel, plan de circulation
		Identification des exigences à remplir par les entreprises chargées du développement	MASEN	Intégré dans le DAO	Articles du DAO
Aménagement des infrastructures (eau, accès routiers, infra communes)	S'assurer de la prise en compte des impacts environnementaux	Réaliser une étude d'impact sur l'environnement sur tous les aménagements réalisés par MASEN en dehors des équipements réalisés sous convention (voir ci-dessous). Cette étude devra être réalisée selon les politiques opérationnelles et directives de la Banque Mondiale notamment en matière de consultation, d'accès à l'information et d'acquisition des terrains (OP 4.12).	MASEN	~ 300 K Dhs	Rapport d'étude (conforme aux exigences de la loi 12-03 et Bailleurs de fonds)
Milieux naturels	Eviter les milieux à forte valeur patrimoniale	Il est recommandé d'éviter les milieux de pente, à forte valeur patrimoniale (représentant 5,5% de la surface du site).	MASEN	Intégré au projet	Plan de masse de développement du projet
Milieux naturels	Protection des oueds secs	Il est recommandé d'essayer au maximum les oueds secs sur le site, afin de faciliter les écoulements des eaux et préserver les milieux à forte valeur patrimoniale en aval	MASEN	Intégré au projet	Plan de masse de développement du projet
Paysage	Intégration paysagère du projet	Une étude paysagère spécifique peut être réalisée globalement au niveau du projet afin d'identifier les principales orientations paysagères du site  Des plantations pourront être réalisées dans une zone tampon autour du site (200 m de largeur) avec des espèces locales	MASEN	~300 KDH	Réalisation étude
Foncier	Développement local	Les propriétaires du terrain (collectivité d'Ait Oukrou Toundout) seront indemnisés.	MASEN	25 000 000 dirhams	Note relative à la procédure d'acquisition du foncier du Complexe d'énergie solaire d'Ouarzazate
<b>Aménagements connexes</b>					
Poste et raccordement lignes	Réalisation d'EIE pour les postes et raccordements lignes	Le raccordement du complexe au réseau se fera via un poste et des lignes de rabattement. Ces installations seront prises en charge par l'ONE. Ce dernier devra réaliser les évaluations environnementales nécessaires conformément aux exigences de la loi 12-03 et aux exigences des	ONE – contrôle MASEN	Intégré dans le projet	Réalisation EIE à spécifier dans la convention ONE

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre et du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
		bailleurs de fonds, y compris les politiques opérationnelles et directives de la Banque Mondiale notamment en matière de consultation, d'accès à l'information et d'acquisition des terrains (OP 4.12).			MASEN. Etude réalisée et validée par AGCE et bailleurs de fonds
Piste d'accès au douar	Réalisation de la piste en respectant les exigences environnementales	La réalisation des pistes rurales pour maintenir l'accès aux douars de la commune de Ghessat sera soumise aux procédures opérationnelles de la Banque mondiale, notamment l'OP 4.01 et 4.12.	DRE – contrôle MASEN	Intégré dans le projet	Documents environnementaux établis et fournis à MASEN
Adduction d'eau potable du site	Réalisation d'une EIE pour l'alimentation en eau potable du site	L'alimentation en eau potable du site se fera par l'ONEP dans le cadre d'une convention avec MASEN. L'évaluation environnementale de cette adduction devra être réalisée par l'ONEP conformément aux exigences des bailleurs de fonds, y compris les politiques opérationnelles et directives de la Banque Mondiale notamment en matière de consultation, d'accès à l'information et d'acquisition des terrains (OP 4.12).	ONEP – contrôle MASEN	Intégré dans le projet	Réalisation EIE à spécifier dans la convention ONE MASEN. Etude réalisée et validée par bailleurs de fonds
<b>Socio-économie</b>					
Aspects socioéconomiques	Limitier la gêne des riverains	Mettre en place un mécanisme de doléances des populations locales dès le début des travaux. Les modalités pratiques de ce mécanisme seront développées de manière concertée avec les parties prenantes (MASEN, Développeurs, autorités locales, ...)	Développeur / MASEN	Intégré au projet	Cahier de doléances, rapport mensuel de suivi de chantier

## 6.4 Plan de gestion environnementale et sociale pour le solaire à concentration

### 6.4.1 En phase conception et travaux

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
Tassement et imperméabilisation du sol	Etude géotechnique détaillée de la zone d'implantation	La disposition, le type, la section et la longueur des ancrages au sol, ainsi que l'emplacement des bureaux administratifs et des locaux techniques, seront choisis en fonction des résultats de l'étude géotechnique afin d'être adaptés aux contraintes du site.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Rapport de l'étude
Tassement, risques d'éboulement, pollution des sols et des eaux, air, milieux naturels	Limitation des emprises, des risques de pollutions accidentelles et des rejets atmosphériques	<p>Les précautions suivantes seront imposées aux entreprises chargées d'effectuer les travaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>assurer un bon entretien des véhicules pour limiter tout accident. Les opérations de maintenance et de nettoyage seront limitées sur le site à des zones aménagées et imperméabilisées permettant de récupérer les effluents liquides ;</li> <li>les stockages de produits potentiellement polluants (carburants et huile moteur) seront limités au maximum sur le site. Les produits seront stockés dans des fûts à double enveloppe. Le cas échéant, des rétentions d'un volume suffisant seront utilisées. Le rejet au milieu naturel de ces substances sera interdit. Elles devront être collectées et évacuées par des filières spécialisées de traitement des déchets dangereux ;</li> <li>définir l'emprise du chantier par un bornage afin de réduire toute incidence sur son environnement ;</li> <li>les véhicules lourds et légers devront justifier d'un contrôle technique récent ;</li> <li>l'accès au chantier et au site en règle générale sera interdit au public ;</li> <li>les substances non naturelles ne seront pas rejetées sans autorisation et seront retraitées par des filières appropriées conformément à la réglementation ;</li> <li>le cahier des charges relatif aux normes de chantier devra être respecté.</li> </ul> <p>Enfin, l'entreprise mettra en place et justifiera les moyens nécessaires pour limiter les salissures de boues à l'extérieur du chantier (nettoyage éventuels des roues à l'eau avant la sortie du site).</p>	Développeur	MASEN (intégré dans DAO)	Sans coût additionnel	Rapport mensuel de suivi de chantier
Pollution des sols, des eaux et des milieux naturels	Limiter les risques de pollution des sols et des eaux	Aucun transformateur au pyralène ne sera mis en place sur le site. De préférence, des transformateurs secs seront utilisés. Si cela n'est pas possible, les transformateurs à huile seront disposés sur des rétentions.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Descriptif du projet
		Du matériel absorbant devra être mis à disposition à intervalles à proximité des transformateurs et des stockages éventuels d'huile ou autres produits dangereux. En cas de fuite ou de déversement, les produits souillés seront collectés et évacués par des filières spécialisées dans les déchets dangereux.	Développeur	MASEN – suivi des chantiers	Coût unitaire d'un kit absorbant : 1 KDH	Contrôle visuel, rapport mensuel de suivi de chantier
		L'utilisation de substances dangereuses sera limitée au maximum lors du chantier. Elle concernera l'entretien des véhicules et engins de chantier et les produits nécessaires aux travaux : aucun stockage important ne sera réalisé. Tout stockage de produits polluants se fera sur rétention et sur zone imperméabilisée.	Développeur	MASEN (DAO et chantier)	Intégré au projet	Contrôle visuel, rapport mensuel de suivi de chantier
Pollution des eaux	Limiter les risques de pollution des eaux	Une fosse septique sera mise en place afin de traiter les eaux vannes pendant la réalisation du chantier. La vidange de la fosse septique pourra se faire dans la Station de Traitement des Eaux Usées de la ville d'Ouarzazate.	Développeur	MASEN (DAO et chantier)	Intégré au projet	Document d'installation de chantier
Gestion des eaux	Limiter les consommations en eau	Il est recommandé d'étudier la possibilité de mettre en place des toilettes sèches dans la base vie.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Consommations d'eau, contrôle visuel
Gestion des eaux	Gérer les eaux pluviales, limiter l'érosion des sols.	<p>Etude hydrologique à mener sur chaque tranche de projet par le développeur pour la gestion des eaux pluviales tenant compte des contraintes in site et hors site définies par MASEN</p> <p>Limiter la concentration du ruissellement</p> <p>Organiser l'écoulement des eaux</p> <p>Mettre en place les équipements de gestion des eaux</p>	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Plan de masse Examen du projet du développement



Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
Gestion des eaux	Pas de Rejet dans le milieu naturel Mise en place d'un bassin d'évaporation	Etude de dimensionnement du bassin d'évaporation afin de ne pas avoir de rejets dans le milieu naturel Concevoir le système de neutralisation des eaux.	Développeur	MASEN (contrôle des offres et réalisation)	Intégré dans le projet	Plan masse – offre du développeur.
Déchets	Limitier le volume de déchets et assurer leur gestion	La production de déchets sera limitée autant que possible à la source, notamment par l'utilisation d'éléments recyclables. Chaque entreprise a la responsabilité du ramassage, du tri et de l'acheminement vers les filières de valorisation et/ou de traitement des déchets qu'elle génère, y compris les déchets d'emballage.	Développeur	MASEN (DAO et suivi de chantier)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier
Air	Limitier les émissions de poussière	Un arrosage léger des pistes d'accès est prévu pour limiter les soulèvements de poussières, le cas échéant.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Contrôle visuel – suivi de chantier
		L'utilisation de camions bâchés sera privilégiée.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Contrôle visuel – suivi de chantier
Milieux naturels	Protection des oueds secs	Aucun herbicide ne sera utilisé pour le défrichement (qui sera réalisé manuellement ou mécaniquement).	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier
		Interdiction stricte des dépôts de déblais dans les milieux de pente ; les déblais devront être soit recyclés sur site, soit accumulés sur site, en milieu de reg de plateau ou déposés dans un site extérieur sous réserve de validation par MASEN.	Développeur	MASEN (DAO et suivi chantier)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier, plan de gestion des déblais
		Etablissement d'un plan de mouvement de terres par le développeur au moment du démarrage du chantier.				
	Protection des espaces interstitiels	Un contrôle strict du déplacement des engins lors des travaux sera mis en place, au moyen d'un plan de circulation (de manière à perturber le moins possible ces espaces, dont la régénération est lente).	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Plan de circulation
Incendie	Limitier le risque incendie	Les mesures habituelles de prévention et de protection contre l'incendie seront mises en place (interdiction de fumer, habilitations électriques, véhicules aux normes en vigueur, mise en place d'extincteurs, etc.).	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Procédure de prévention du risque incendie
		Le site sera clôturé afin que le public n'ait pas accès aux installations.	Développeur	MASEN (DAO et suivi chantier)	100-200 DH du mètre linéaire	Contrôle visuel
		Le risque incendie sera maîtrisé par un entretien régulier des installations (et de la végétation alentour) et une surveillance du site, et la réalisation d'un examen soigneux de l'ingénierie de tous les composants électriques, en conformité avec toutes les exigences réglementaires.	Développeur	MASEN Protection civile	Intégré au projet	Procédure de prévention du risque incendie, rapport mensuel de suivi de chantier
		Des équipements de lutte contre l'incendie (extincteurs, citerne d'eau), des plans de prévention et d'intervention en cas d'incendie devront être mis en place. Une procédure incendie spécifique, comprenant une formation du personnel, ainsi qu'un affichage adapté, sera installé.	Développeur	MASEN (DAO) et protection civile	Intégré au projet	Procédure de prévention du risque incendie, plan de formation
	Créer et aménager des pistes	Des pistes d'accès spécifiques (périphériques et intra-site) devront être prévues. Ces mesures devront être discutées et validées avec les pompiers locaux.	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Plan de circulation,
Bruit	Limitier la gêne des riverains	Une information de la population locale sera organisée préalablement aux travaux.	Développeur/ MASEN	MASEN	Intégré au projet	Affichage, articles dans la presse
Découvertes archéologiques	Déclaration	L'entreprise qui découvre des vestiges archéologiques en phase de travaux est dans l'obligation d'aviser immédiatement l'autorité communale compétente. Suite à cet avis, le Ministère de la culture intervient par l'entremise de ses représentants afin de réaliser une expertise et de déterminer les conditions définitives auxquelles seront soumis les travaux, allant jusqu'à la possibilité de décider de l'arrêt	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
		provisoire de ces derniers.				
Socio-économie	Utiliser les ressources locales	Employer de préférence les ressources locales pour la construction du complexe dans la mesure où cette population offre les compétences exigées.	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Bilan ressources humaines
	Limiter la gêne des riverains	Mettre en place un mécanisme de doléances des populations locales dès le début des travaux. Les modalités pratiques de ce mécanisme seront développées de manière concertée avec les parties prenantes (MASEN, Développeurs, autorités locales, ...)	Développeur / MASEN	MASEN (suivi chantier)	Intégré au projet	Cahier de doléances, rapport mensuel de suivi de chantier
Gestion environnementale	S'assurer de la prise en compte de la gestion environnementale du chantier	<p>Le développeur devra remettre dans son offre les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un plan de gestion hygiène, sécurité et environnement pour la phase de travaux</li> <li>- un responsable environnemental du chantier</li> <li>- les procédures qui seront mises en œuvre pour assurer la prise en compte des mesures d'atténuation et de gestion de l'environnement</li> </ul> <p>Le développeur devra intégrer la réalisation d'une Etude d'Impact Environnemental Spécifique à son projet dans son programme de développement.</p>	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	<p>EIE réalisée et validée par les bailleurs de fonds</p> <p>Responsable environnement nommé</p> <p>PGHSE disponible</p> <p>Procédures disponibles</p>

#### 6.4.2 En phase exploitation

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
Erosion des sols	Végétalisation	Afin de limiter les effets de l'érosion sur le site, le projet prévoira de laisser la végétation reprendre ses droits.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Contrôle visuel
Pollution des sols et des eaux	Prévention des pollutions	Les mesures suivantes seront mises en place : <ul style="list-style-type: none"> <li>cuves de sels fondus parfaitement étanches,</li> <li>zones de stockage et de manipulation des produits (produits d'entretien et de maintenance, fioul, sels fondus) sur zone imperméabilisée et équipée de rétentions de volumes adéquats,</li> <li>en ce qui concerne les huiles thermiques (cas du cylindro-parabolique) : <ul style="list-style-type: none"> <li>le choix sera porté de préférence vers un produit présentant les meilleures caractéristiques de biodégradabilité sans porter atteinte aux performances techniques,</li> <li>le circuit sera étanche et les vannes entretenues régulièrement.</li> <li>Des bacs de rétention seront installés au niveau des pompes</li> </ul> </li> </ul>	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Plan de masse, descriptif détaillé du projet, procédure de prévention des déversements de produits polluants, plan de formation
	Intervention en cas de déversement	Une procédure spécifique de réaction en cas de déversement de produit polluant sera mise en place. Les terres/eaux polluées seront évacuées et éliminées dans des conditions environnementales adéquats. Une formation sera dispensée à tous les employés dès leur arrivée et des exercices pratiques seront réalisés.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Procédure de prévention des déversements de produits polluants, plan de formation
	Prévention des pollutions	Des fosses de rétention pour les futures zones de stockage et manipulation de produits (notamment les pompes de circulation d'huile synthétique) connectées à un séparateur d'hydrocarbures seront mises en place.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Plan de masse, descriptif détaillé du projet, procédure de prévention des déversements de produits polluants
	Traitement des rejets	La bassin d'évaporation recueillera les effluents liquides qui traitera les eaux provenant des conduites d'eau de lavage des compresseurs des turbines, de la décompression des tours de refroidissement, de l'unité d'eau déminéralisée... sera installée.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Plan de masse, descriptif détaillé du projet, procédure de prévention des déversements de produits polluants
		La fosse septique qui sera mise en place pour le traitement des eaux vannes sera conforme aux normes en vigueur et aux directives de la Banque mondiale	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Rapport annuel HSE
Rejets aqueux	Limitier les consommations et les rejets	Les rejets du processus de refroidissement seront réutilisés en circuit fermé.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Plan de masse
Milieux naturels	Protection des espaces mis en défens	Les engins et véhicules devront se déplacer uniquement sur les voiries internes du projet, sauf cas exceptionnel.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Plan de circulation
	Limitier la perturbation de la faune	La base de la clôture qui sera mise en place autour du site devra posséder des petites ouvertures, permettant l'accès au site à la petite faune.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de	Contrôle visuel



Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
					fonctionnement	
Air	Limitier les émissions liées au combustible d'appoint	Utiliser du gas-oil 50 ppm ou du gaz naturel pour limiter les émissions de SO2 liées à l'utilisation du combustible d'appoint. Les valeurs réglementaires de l'air ambiant (normes maroc) devront être respectés. Les valeurs réglementaires d'émissions des sources fixes (normes maroc) devront être respectées.	Développeur	MASEN	Intégré dans le budget	Rapport HSE.
Bruit	Limitier les émissions sonores	Le projet devra être conçu de façon à ce que le niveau d'émission sonore des installations soit inférieur aux minima requis. Une étude de simulation acoustique devra être réalisée au niveau de la phase détaillée du projet afin de s'assurer que le niveau sonore en dehors de l'enceinte du complexe est en dessous du niveau acceptable de 70 db(A), limite de pression acoustique recommandée par la Banque Mondiale pour les zones à caractère industriel. Afin de limiter les émissions de bruit, des équipements spécifiques en fonction des sources devront être intégrées dans le projet détaillé (capots anti-bruit, isolation phonique des bâtiments, choix des équipements).	Développeur	MASEN	100 000 DH	Rapport de l'étude acoustique
Incendie	Prévenir le risque incendie	Le projet fera l'objet d'une convention à long terme de surveillance et de maintenance. Le projet sera régulièrement surveillé pour s'assurer de sa propre sortie d'énergie. Des inspections et maintenances régulières sur site seront également effectuées et assureront une gestion appropriée de la végétation.	Développeur	MASEN (Protection civile)	Intégré au budget de fonctionnement	Rapport mensuel HSE
		Des équipements de lutte contre l'incendie (extincteurs, citerne d'eau), des plans de prévention et d'intervention en cas d'incendie devront être mis en place. Une procédure incendie spécifique, comprenant une formation du personnel, ainsi qu'un affichage adapté, sera installé. Des exercices évacuation seront réalisés, en partenariat avec les pompiers de la protection civile.	Développeur	MASEN (Protection civile)	Intégré au budget de fonctionnement	Procédure de prévention du risque incendie, plan de formation
Santé	Protection des travailleurs et des riverains	Dans le cas d'un refroidissement humide, un suivi régulier des légionnelles devra être mis en place, ainsi que des mesures correctives en cas de risque pour les travailleurs ou les riverains.	Développeur	MASEN (Ministère de la santé)	Intégré au budget de fonctionnement	Rapport mensuel HSE

## 6.5 Plan de gestion environnementale et sociale pour le photovoltaïque

### 6.5.1 En phase conception et travaux

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
Tassement et imperméabilisation du sol	Etude géotechnique détaillée de la zone d'implantation	La disposition, le type, la section et la longueur des ancrages au sol, ainsi que l'emplacement des bureaux administratifs et des locaux techniques, seront choisis en fonction des résultats de l'étude géotechnique afin d'être adaptés aux contraintes du site.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Rapport de l'étude
Tassement, risques d'éboulement, pollution des sols et des eaux, air, milieux naturels	Limitation des emprises, des risques de pollutions accidentelles et des rejets atmosphériques	<p>Les précautions suivantes seront imposées aux entreprises chargées d'effectuer les travaux :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>assurer un bon entretien des véhicules pour limiter tout accident. Les opérations de maintenance et de nettoyage seront limitées sur le site à des zones aménagées et imperméabilisées permettant de récupérer les effluents liquides ;</li> <li>les stockages de produits potentiellement polluants (carburants et huile moteur) seront limités au maximum sur le site. Les produits seront stockés dans des fûts à double enveloppe. Le cas échéant, des rétentions d'un volume suffisant seront utilisées. Le rejet au milieu naturel de ces substances sera interdit. Elles devront être collectées et évacuées par des filières spécialisées de traitement des déchets dangereux ;</li> <li>définir l'emprise du chantier par un bornage afin de réduire toute incidence sur son environnement ;</li> <li>les véhicules lourds et légers devront justifier d'un contrôle technique récent ;</li> <li>l'accès au chantier et au site en règle générale sera interdit au public ;</li> <li>les substances non naturelles ne seront pas rejetées sans autorisation et seront retraitées par des filières appropriées conformément à la réglementation ;</li> <li>le cahier des charges relatif aux normes de chantier devra être respecté.</li> </ul> <p>Enfin, l'entreprise mettra en place et justifiera les moyens nécessaires pour limiter les salissures de boues à l'extérieur du chantier (nettoyage éventuels des roues à l'eau avant la sortie du site).</p>	Développeur	MASEN (intégré dans DAO)	Sans coût additionnel	Rapport mensuel de suivi de chantier
Pollution des sols, des eaux et des milieux naturels	Limiter les risques de pollution des sols et des eaux	Aucun transformateur au pyralène ne sera mis en place sur le site. De préférence, des transformateurs secs seront utilisés. Si cela n'est pas possible, les transformateurs à huile seront disposés sur des rétentions.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Descriptif du projet
		Du matériel absorbant devra être mis à disposition à intervalles à proximité des transformateurs et des stockages éventuels d'huile ou autres produits dangereux. En cas de fuite ou de déversement, les produits souillés seront collectés et évacués par des filières spécialisées dans les déchets dangereux.	Développeur	MASEN – suivi des chantiers	Coût unitaire d'un kit absorbant : 1 KDH	Contrôle visuel, rapport mensuel de suivi de chantier
		L'utilisation de substances dangereuses sera limitée au maximum lors du chantier. Elle concernera l'entretien des véhicules et engins de chantier et les produits nécessaires aux travaux : aucun stockage important ne sera réalisé. Tout stockage de produits polluants se fera sur rétention et sur zone imperméabilisée.	Développeur	MASEN (DAO et chantier)	Intégré au projet	Contrôle visuel, rapport mensuel de suivi de chantier
Pollution des eaux	Limiter les risques de pollution des eaux	Une fosse septique sera mise en place afin de traiter les eaux vannes pendant la réalisation du chantier. La vidange de la fosse septique pourra se faire dans la Station de Traitement des Eaux Usées de la ville de Ouarzazate.	Développeur	MASEN (DAO et chantier)	Intégré au projet	Document d'installation de chantier
Gestion des eaux	Limiter les consommations en eau	Il est recommandé d'étudier la possibilité de mettre en place des toilettes sèches dans la base vie.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Consommations d'eau, contrôle visuel
Gestion des eaux	Gérer les eaux pluviales, limiter l'érosion des sols.	<p>Etude hydrologique à mener sur chaque tranche de projet par le développeur pour la gestion des eaux pluviales tenant compte des contraintes in site et hors site définies par MASEN</p> <p>Limiter la concentration du ruissellement</p> <p>Organiser l'écoulement des eaux</p>	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Plan de masse Examen du projet du développement

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
		Mettre en place les équipements de gestion des eaux				
Déchets	Limiter le volume de déchets et assurer leur gestion	La production de déchets sera limitée autant que possible à la source, notamment par l'utilisation d'éléments recyclables. Chaque entreprise a la responsabilité du ramassage, du tri et de l'acheminement vers les filières de valorisation et/ou de traitement des déchets qu'elle génère, y compris les déchets d'emballage.	Développeur	MASEN (DAO et suivi de chantier)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier
Air	Limiter les émissions de poussière	Un arrosage léger des pistes d'accès est prévu pour limiter les soulèvements de poussières, le cas échéant.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Contrôle visuel – suivi de chantier
		L'utilisation de camions bâchés sera privilégiée.	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Contrôle visuel – suivi de chantier
Milieux naturels	Protection des oueds secs	Aucun herbicide ne sera utilisé pour le défrichement (qui sera réalisé manuellement ou mécaniquement).	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier
		Interdiction stricte des dépôts de déblais dans les milieux de pente ; les déblais devront être soit recyclés sur site, soit accumulés sur site, en milieu de reg de plateau ou déposés dans un site extérieur sous réserve de validation par MASEN. Etablissement d'un plan de mouvement de terres par le développeur au moment du démarrage du chantier.	Développeur	MASEN (DAO et suivi chantier)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier, plan de gestion des déblais
	Protection des espaces interstitiels	Un contrôle strict du déplacement des engins lors des travaux sera mis en place, au moyen d'un plan de circulation (de manière à perturber le moins possible ces espaces, dont la régénération est lente).	Développeur	MASEN	Intégré au projet	Plan de circulation
Incendie	Limiter le risque incendie	Les mesures habituelles de prévention et de protection contre l'incendie seront mises en place (interdiction de fumer, habilitations électriques, véhicules aux normes en vigueur, mise en place d'extincteurs, etc.).	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Procédure de prévention du risque incendie
		Le site sera clôturé afin que le public n'ait pas accès aux installations.	Développeur	MASEN (DAO et suivi chantier)	100-200 DH du mètre linéaire	Contrôle visuel
		Le risque incendie sera maîtrisé par un entretien régulier des installations (et de la végétation alentour) et une surveillance du site, et la réalisation d'un examen soigneux de l'ingénierie de tous les composants électriques, en conformité avec toutes les exigences réglementaires.	Développeur	MASEN Protection civile	Intégré au projet	Procédure de prévention du risque incendie, rapport mensuel de suivi de chantier
		Des équipements de lutte contre l'incendie (extincteurs, citerne d'eau), des plans de prévention et d'intervention en cas d'incendie devront être mis en place. Une procédure incendie spécifique, comprenant une formation du personnel, ainsi qu'un affichage adapté, sera installé.	Développeur	MASEN (DAO) et protection civile	Intégré au projet	Procédure de prévention du risque incendie, plan de formation
	Créer et aménager des pistes	Des pistes d'accès spécifiques (périphériques et intra-site) devront être prévues. Ces mesures devront être discutées et validées avec les pompiers locaux.	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Plan de circulation,
Bruit	Limiter la gêne des riverains	Une information de la population locale sera organisée préalablement aux travaux.	Développeur/ MASEN	MASEN	Intégré au projet	Affichage, articles dans la presse
Découvertes archéologiques	Déclaration	L'entreprise qui découvre des vestiges archéologiques en phase de travaux est dans l'obligation d'aviser immédiatement l'autorité communale compétente. Suite à cet avis, le Ministère de la culture intervient par l'entremise de ses représentants afin de réaliser une expertise et de déterminer les conditions définitives auxquelles seront soumis les travaux, allant jusqu'à la possibilité de décider de l'arrêt provisoire de ces derniers.	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Rapport mensuel de suivi de chantier



Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
Socio-économie	Utiliser les ressources locales	Employer de préférence les ressources locales pour la construction du complexe dans la mesure où cette population offre les compétences exigées.	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	Bilan ressources humaines
	Limiter la gêne des riverains	Mettre en place un mécanisme de doléances des populations locales dès le début des travaux. Les modalités pratiques de ce mécanisme seront développées de manière concertée avec les parties prenantes (MASEN, Développeurs, autorités locales, ...)	Développeur / MASEN	MASEN (suivi chantier)	Intégré au projet	Cahier de doléances, rapport mensuel de suivi de chantier
Gestion environnementale	S'assurer de la prise en compte de la gestion environnementale du chantier	<p>Le développeur devra remettre dans son offre les éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– un plan de gestion hygiène, sécurité et environnement pour la phase de travaux</li> <li>– un responsable environnemental du chantier</li> <li>– les procédures qui seront mises en œuvre pour assurer la prise en compte des mesures d'atténuation et de gestion de l'environnement</li> </ul> <p>Le développeur devra intégrer la réalisation d'une Etude d'Impact Environnemental Spécifique à son projet dans son programme de développement.</p>	Développeur	MASEN (DAO)	Intégré au projet	<p>EIE réalisée et validée par les bailleurs de fonds</p> <p>Responsable environnement nommé</p> <p>PGHSE disponible</p> <p>Procédures disponibles</p>

### 6.5.2 En phase exploitation

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
Erosion des sols	Végétalisation	Afin de limiter les effets de l'érosion sur le site, le projet prévoira de laisser la végétation reprendre ses droits.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Contrôle visuel
Pollution des sols	Prévention des pollutions	La fosse septique qui sera mise en place pour le traitement des eaux vannes sera conforme aux normes en vigueur et aux directives de la Banque mondiale	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Rapport annuel HSE
Milieux naturels	Protection des espaces mis en défens	Les engins et véhicules devront se déplacer uniquement sur les voiries internes du projet, sauf cas exceptionnel.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Plan de circulation
	Limiter la perturbation de la faune	La base de la clôture qui sera mise en place autour du site devra posséder des petites ouvertures, permettant l'accès au site à la petite faune.	Développeur	MASEN	Intégré au budget de fonctionnement	Contrôle visuel
Bruit	Limiter les émissions sonores	<p>Le projet devra être conçu de façon à ce que le niveau d'émission sonore des installations soit inférieur aux minima requis.</p> <p>Une étude de simulation acoustique devra être réalisée au niveau de la phase détaillée du projet afin de s'assurer que le niveau sonore en dehors de l'enceinte du complexe est en dessous du niveau acceptable de 70 db(A), limite de pression acoustique recommandée par la Banque Mondiale pour les zones à caractère industriel.</p> <p>Afin de limiter les émissions de bruit, des équipements spécifiques en fonction des sources devront être intégrés dans le projet détaillé (capots anti-bruit, isolation phonique des bâtiments, choix des équipements).</p>	Développeur	MASEN	100 000 DH	Rapport de l'étude acoustique
Incendie	Prévenir le risque	Le projet fera l'objet d'une convention à long terme de surveillance et de maintenance. Le projet sera	Développeur	MASEN	Intégré au	Rapport mensuel HSE

Cible(s)	Objectif de la mesure d'atténuation ou de compensation	Mise en œuvre pratique de la mesure	Responsabilité de la mise en œuvre	Responsabilité du contrôle	Coût de la mesure	Indicateur de suivi
	incendie	régulièrement surveillé pour s'assurer de sa propre sortie d'énergie. Des inspections et maintenances régulières sur site seront également effectuées et assureront une gestion appropriée de la végétation.		(Protection civile)	budget de fonctionnement	
		Des équipements de lutte contre l'incendie (extincteurs, citerne d'eau), des plans de prévention et d'intervention en cas d'incendie devront être mis en place.  Une procédure incendie spécifique, comprenant une formation du personnel, ainsi qu'un affichage adapté, sera installé.  Des exercices évacuation seront réalisés, en partenariat avec les pompiers de la protection civile.	Développeur	MASEN (Protection civile)	Intégré au budget de fonctionnement	Procédure de prévention du risque incendie, plan de formation
Santé	Protection des travailleurs et des riverains	Dans le cas d'un refroidissement humide, un suivi régulier des légionnelles devra être mis en place, ainsi que des mesures correctives en cas de risque pour les travailleurs ou les riverains.	Développeur	MASEN (Ministère de la santé)	Intégré au budget de fonctionnement	Rapport mensuel HSE

Le financement du PGES se fera par l'entité qui le met en place.

6.6 Plan de surveillance et de suivi environnemental

Le plan de surveillance et de suivi environnemental a été présenté aux paragraphes 6.1 et 6.2 précédents.

## 7 Note de synthèse

D'une puissance de 500 MW et d'un productible estimé à 1 150 GWh/an, le projet du complexe solaire d'Ouarzazate est le premier de la série des 5 sites du Programme Solaire Marocain qui totaliseront une puissance installée de 2 000 MW à l'horizon 2020. Ce programme est géré par un acteur dédié : la MASEN (*Moroccan Agency for Solar Energy*).

Le terrain choisi pour accueillir le projet occupe 2 500 ha. Le site se trouve à environ 10 km de la ville d'Ouarzazate sur la route nationale allant vers la ville d'Errachidia. Il est localisé dans un site appelé Tamzaghten Izerki, appartenant à la collectivité ethnique Ait Oukroun Toundout, sis commune rurale Ghessat.

Ce site présente peu d'enjeux environnementaux et est particulièrement bien adapté à l'installation d'une centrale solaire pour les raisons suivantes :

- Fort ensoleillement
- Accès existant
- Proximité du barrage Mansour Eddahbi
- Poste d'évacuation de l'ONE à proximité
- Topographie adéquate
- Conflit d'usage mineur
- Eloignement des zones habitées
- Eloignement des zones naturelles et touristiques
- Très peu de covisibilités
- Nappe peu vulnérable

Les enjeux majeurs concernent la proximité du barrage, classé site RAMSAR et les milieux de pente et les oueds secs au droit du site, qui abritent une forte diversité.

Le projet sera réalisé par les sociétés ou les consortia choisis à l'issue d'un appel d'offres internationaux (celui de la première phase sera lancé le premier trimestre 2011). Les technologies de production solaire comprendront :

- Capteurs cylindro-paraboliques (CSP Parabolic Trough),
- Les tours solaires (CSP Power Tower)
- Le photovoltaïque, standard (avec et sans tracker) et/ou de concentration.

Le projet serait une combinaison de ces différentes technologies.

L'évaluation environnementale a permis d'étudier les impacts de chacune de ces 3 technologies. Dans une vue très conservatrice, ont été retenus pour chaque milieu considéré la technologie engendrant les impacts les plus forts. Cette évaluation environnementale constitue une étude cadre qui sera complétée par une étude d'impact environnemental et social "spécifique" qui permettra de prendre en compte les spécificités de la centrale et des installations connexes qui seront nécessaires. Cette étude "spécifique" sera également conforme aux exigences des institutions financières internationales.

La solution la plus impactante ainsi analysée montre des impacts très forts liés à l'imperméabilisation des sols, au risque de pollution des sols et d'incendie (lié à l'utilisation d'huile synthétique dans le cas de la technologie cylindro-parabolique et de combustible fossile), à la consommation d'eau (jusqu'à 6 Mm<sup>3</sup>/an selon le type de refroidissement), au dérangement de la faune du site durant la phase travaux, et au paysage (dans le cas d'une tour solaire, celle-ci serait visible depuis Ouarzazate).

A l'inverse des impacts très positifs sont à prévoir :

- Economie d'un million de tonnes de CO<sub>2</sub> par an
- Création d'emplois : entre 2 000 et 2 500 emploi/an en phase construction, et de 400 à 500 emploi/an durant la phase d'exploitation.
- Des milliers d'emplois indirects.
- Réduction de l'isolement, formations et transfert de technologies.
- Impact positif sur le tourisme (attrait du projet, possibilité d'organisation de visites) et les retombées médiatiques du projet
- Impact positif sur le développement économique de la région
- Rôle pédagogique du projet

De plus, des mesures seront mises en place afin d'atténuer et de compenser les impacts négatifs du projet.

Elles concerneront :

- La limitation de la consommation en eau, des risques de pollution, le traitement des effluents
- La protection de la biodiversité (milieux évités, choix de la période des travaux)
- La création d'une route d'accès au douar Tasselmant
- La plantation d'arbres et d'espaces verts selon une étude spécifique
- L'accompagnement des projets de développement de la commune au travers des plans de développement de la commune et de la région
- L'indemnisation des ayants-droits.

Dès que possible, il sera fait appel pour la construction des centrales ainsi que pour leur exploitation à des ressources, sous-traitants et fournisseurs marocains.

Rappelons enfin que le projet ne nécessitera aucun déplacement de population.



## 8 Analyse des méthodes et des difficultés rencontrées, bibliographie

La présente étude d'impact a été réalisée par PHENIXA et BURGEAP, assistées d'experts indépendants pour la faune-flore, le paysage et la socio-économie.

Elle comprend l'ensemble des parties exigées par le cahier des charges de l'ONE, conformément aux recommandations des institutions financières internationales.

L'étude s'est basée d'une part sur la visite du site et de ses environs, et d'autre part sur la collecte d'informations dont les sources sont détaillées dans le tableau suivant :

**Tableau 50 : Analyse des méthodes**

Aspect	Source
Contexte	<p>Compte-rendu de la conférence internationale DERBI (Développement des Energies Renouvelables dans le Bâtiment et l'Industrie) 2008</p> <p>Déclaration finale de l'Union pour la Méditerranée, Marseille, novembre 2008</p> <p>Déclaration commune du sommet de Paris pour la Méditerranée, Paris, juillet 2008</p> <p><i>Clean Power from Deserts - The DESERTEC Concept for Energy, Water and Climate Security WhiteBook · 4th Edition</i>, février 2009</p> <p><i>Energy technology perspective 2008 – Scenarios and strategies to 2050</i> – Agence Internationale de l'Energie, 2008</p> <p>Regional Co-operation : Union pour la Méditerranée - <i>An overview of programmes and projects</i>, Commission Européenne</p> <p>Présentation du Plan Solaire pour la Méditerranée par Philippe Lorec du Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire français</p> <p>Présentation du Projet Solaire Marocain, Royaume du Maroc, novembre 2009</p> <p>Dossier de presse de la présentation du Plan Solaire Méditerranéen</p> <p>FICHE : Situation énergétique de la région euro-méditerranéenne</p>
Milieu physique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Google Earth pour la situation géographique</li> <li>- Cartes topographiques IGN<sup>23</sup> à l'échelle 1/50 000 (pour la situation géographique et hydrographie) : Feuilles : Ouarzazate, Tiflit et Tizgui</li> <li>- Modèle numérique de terrain (Résolution 90m) pour la génération des cartes d'altitude et de pente ;</li> <li>- Carte géologique du Haut Draa digitalisée - Source : Ressources en eau du Maroc - Tome 3 ;</li> <li>- Esquisse préliminaire de la carte des sols du Maroc réalisée par l'Institut de Recherches Agronomiques - Maroc (2000), digitalisée ;</li> <li>- Carte numérique du réseau routier du Maroc ;</li> <li>- Carte de sismicité du Maroc (1901-1998) et carte des intensités maximales observées (1901-</li> </ul>

<sup>23</sup> IGN : Institut Géographique National

Aspect	Source
	<p>2001). In « Fenêtre sur le Territoire Marocain. » Ministère de l'Aménagement du Territoire, de l'Urbanisme, de l'Habitat et de l'Environnement ; Direction de l'Aménagement du Territoire.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fiches climatologiques achetées de la Direction de la Météorologie Sud - Station Ouarzazate (paramètres : Vent, givre, grêle, orage, température et insolation) : <ul style="list-style-type: none"> <li>o Vent (direction et vitesse) ;</li> <li>o Grêle (variation mensuelle, nombre de jour/an) ;</li> <li>o Neige (variation mensuelle, nombre de jour/an) ;</li> <li>o Orage (variation mensuelle, nombre de jour/an) ;</li> <li>o Givre, nombre de jours où la température est &lt;0°C ;</li> <li>o Durée d'insolation (variation mensuelle, nombre de jour/an) .</li> </ul> </li> <li>- Fiches climatologiques fournies de la délégation de l'ABH de Souss Massa et Draa à Ouarzazate (Paramètres : pluviométrie, température, évaporation et humidité) ;</li> <li>- Fiche technique du barrage Mansour Ed Dahbi – Direction Régionale de l'ONEP - Ouarzazate</li> <li>- Discussions avec des responsables de : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La délégation de l'ABH de Souss Massa et Draa - Ouarzazate</li> <li>▪ La direction Provinciale des Eaux et Forêts - Ouarzazate</li> <li>▪ Projet IMPETUS (projet Maroc - Allemand) ;</li> <li>▪ Projet de la Conservation de la Biodiversité par la Transhumance dans le versant sud du Haut Atlas (CBTHA)</li> </ul> </li> <li>- Données bibliographiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ MASEN – 2010 : Etude hydraulique et hydrologique du complexe énergétique solaire d'Ouarzazate</li> <li>▪ Direction Régionale de l'Hydraulique du Souss - Massa et Draa - 2002 : Elaboration du schéma directeur de la province d'Ouarzazate pour l'approvisionnement en eau potable des populations rurales et définition des projets. Mission I : Analyse de situation existante - Etude des ressources en eau ;</li> <li>▪ Notes et Mémoires du service géologique du Maroc n° 231. (1975) : Ressources en eau du Maroc - Tome 3</li> <li>▪ Agoussine et al, 2004 : Reconnaissance des ressources en eau du bassin d'Ouarzazate – Sud Est marocain.</li> <li>▪ Données sismiques du Laboratoire de Géophysique au Centre National de Recherches Scientifiques et technologiques (CNRST) à partir du site : Source : <a href="http://sismo-lag.cnrst.ma">http://sismo-lag.cnrst.ma</a></li> </ul> </li> </ul>
Milieu naturel	<p>L'étude faune et flore a été réalisée à l'aide des données bibliographique, des données cartographiques et topographiques IGN, et des visites du site et son périmètre rapproché</p> <p>Projet de la Conservation de la Biodiversité par la Transhumance dans le versant sud du Haut Atlas (CBTHA)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussions avec des responsables de : <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ La direction Provinciale des Eaux et Forêts – Ouarzazate</li> </ul> </li> </ul>

Aspect	Source
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Projet de la Conservation de la Biodiversité par la Transhumance dans le versant sud du Haut Atlas (CBTHA)</li> </ul> <p>Données bibliographiques :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS ET DE LA CONSERVATION DES SOLS, 1995. Projet étude et plan de gestion des aires protégées du Maroc. Tome 1: Plan directeur des aires protégées du Maroc. Volume n°1: Les écosystèmes marocains et la situation de la flore et de la faune. Ministère de l'Agriculture et de la Mise en valeur agricole/ BAD/ BCEOM- SECA, 346 p. ;</li> <li>ADMINISTRATION DES EAUX ET FORÊTS ET DE LA CONSERVATION DES SOLS, 1995. Projet étude et plan de gestion des aires protégées du Maroc. Tome 1: Plan directeur des aires protégées du Maroc. Volume n°2: Les sites d'intérêt biologique et écologique du domaine continental. Ministère de l'Agriculture et de la Mise en valeur agricole/ BAD/ BCEOM- SECA, 412 p. ;</li> <li>AULAGNIER S. &amp; M. THÉVENOT, 1986. Catalogue des Mammifères sauvages du Maroc. <i>Trav. Inst. Sci., sér. zool., n°42</i>. Rabat. 164 p. ;</li> <li>BONS J. &amp; P. GENIEZ, 1996. Amphibiens et Reptiles du Maroc (Sahara occidental compris). Atlas biogéographique. Asociacion Herpetologica Española, Barcelona. 320 p. ;</li> <li>CUZIN F., 2003. Les grands Mammifères du Maroc méridional (Haut Atlas, Anti Atlas, Sahara). Distribution, écologie et conservation. Thèse Doctorat, EPHE, Montpellier II, Montpellier. 348p. ;</li> <li>CUZIN F., A. BENABID &amp; M. EL YOUSOUFI, 2005. Inventaire participatif, identification et évaluation des sites clé de la biodiversité. CBTHA, 234 p. ;</li> <li>CUZIN, F., SEHHAR, E.A., &amp; WACHER, T. (2007). Etude pour l'élaboration de lignes directrices et d'un plan d'action stratégique pour la conservation des ongulés au Maroc. Haut Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la Désertification (HCEFLCD), Projet de Gestion des Aires Protégées (PGAP), Banque Mondiale, Global Environment Facility (GEF) ;</li> <li>DAKKI M. &amp; E. A. SEHHAR, 2003. Diagnostic pour la gestion durable des zones humides du Mgoun-Dades. Projet de "Conservation de la Biodiversité par la Transhumance dans le Versant sud du Haut Atlas", ORMVAO, Ouarzazate. 80 p. ;</li> <li>DANET P., 2006. Les oiseaux d'Ouarzazate au début des années 1980. <i>Go-South Bull.</i>, 3: 18-27 ;</li> <li>FENNANE M. &amp; M. IBN TATTOU, 1998. Catalogue des plantes vasculaires rares, menacées ou endémiques du Maroc. <i>Bocconeae</i>, 243 p. ;</li> <li>FENNANE, M., IBN TATTOU, M., MATHEZ, J., OUYAHYA, A., &amp; EL OUALIDI, J. (1999) <i>Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Pteridophyta, Gymnospermae, Angiospermae (Lauraceae-Neuradaceae)</i>, Rabat ;</li> <li>FENNANE, M., IBN TATTOU, M., OUYAHYA, A., &amp; EL OUALIDI, J. (2007) <i>Flore pratique du Maroc. Manuel de détermination des plantes vasculaires. Angiospermae (Leguminosa - Lentibulariaceae)</i>, Rabat ;</li> <li>IUCN SPECIES SURVIVAL COMMISSION, 2010. 2010 IUCN red list of threatened species. <a href="http://www.redlist.org">http://www.redlist.org</a> ;</li> <li>MINISTERE DE L'AGRICULTURE DU DEVELOPPEMENT RURAL ET DES PECHEs MARITIMES (2008). Plan cadre de gestion de la Réserve de Biosphère des Oasis du Sud Marocain (RBOSM) . Volume I – Rapports Principal Rabat. 459p.;</li> <li>SCHWEIGER, M. (1992) Herpetologische Beobachtungen Ouarzazate (Marokko). Herpetological observations in the Ouarzazate area (Morocco). <i>Herpetozoa</i>, <b>5</b>, 13-31;</li> <li>THÉVENOT M., R. VERNON &amp; P. BERGIER, 2003. The birds of Morocco. An annotated</li> </ul>

Aspect	Source
	<p>checklist. <i>BOU Checklist Series, n°20</i>. Tring, Herts (UK). 594 p.</p>
Environnement socio-économique	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Données statistiques de la commune de Ghassate</li> <li>- Données statistiques de la caïdat et Ait Moggrane</li> <li>- Données statistiques de l'ORMVAO</li> <li>- Données statistiques sur le trafic routier de la zone d'étude à partir de la Direction Provinciale de l'Equipement d'Ouarzazate ;</li> <li>- Données urbanistiques de l'Agence urbaine d'Ouarzazate</li> <li>- Données sur le foncier à partir de la Province d'Ouarzazate - Division des Affaires Rurale ;</li> <li>- Observations in situ</li> <li>- Données bibliographiques : <ul style="list-style-type: none"> <li>Direction Générale des Collectivité Locales - Agence du développement Social - Initiative Nationale pour le Développement Humain » - 2009 : Diagnostic Territorial Participatif de la commune rurale de Ghassate ;</li> <li>Monographie de la commune de Ghassate</li> </ul> </li> <li>- Discussions avec des responsables de : <ul style="list-style-type: none"> <li>L'ONE - Ouarzazate</li> <li>L'ONEP - Ouarzazate</li> <li>La délégation du Ministère de la Santé - Ouarzazate</li> <li>La délégation du Ministère du Tourisme - Ouarzazate</li> <li>La division Equipement - Province d'Ouarzazate</li> <li>Le Centre Régional d'Investissement – Ouarzazate</li> </ul> </li> </ul>
Paysage	<p>L'étude paysagère a été réalisée à l'aide des données bibliographique (monographie de la commune de Ghassate et autre (Cf. Bibliographie)), Ghassate, des données cartographiques et topographiques IGN, de photos aériennes, et de visites du site et ses périmètres rapproché et éloigné.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Discussions avec des responsables de : <ul style="list-style-type: none"> <li>La commune de Ghassate</li> <li>La direction Provinciale des Eaux et Forêts – Ouarzazate</li> <li>Projet de la Conservation de la Biodiversité par la Transhumance dans le versant sud du Haut Atlas (CBTHA)</li> </ul> </li> </ul>
Description des variantes et évaluation des impacts	<p>Description du projet fourni dans le cahier des charges de l'ONE et lors de la réunion tenue le 26/03/2010 dans les locaux de l'ONE : entre le BET Phenixa – Le chef du Projet du complexe solaire d'Ouarzazate (Mr El Moussaoui) – Mr Ahnache e Me El Boukhary de la Division Environnement au sein de l'ONE.</p> <p>Retour d'expérience sur des études d'impacts pour des projets de centrales solaires réalisés en France (une quarantaine d'études d'impacts pour des centrales photovoltaïques, de puissance allant jusqu'à 100 MW) et au Maroc (centrale d'Ain Beni Mathar) réalisées par BURGEAP/PHENIXA.</p>

Aspect	Source
	<p><b>Sites internet</b></p> <p>Sites internet des constructeurs : Exosun, Solfocus, Stirling Energy Systems, Infinia, ESolar, Ausra, Areva Renewable, CNIM, FirstSolar, Tessera Solar, Prism Solar, Abengoa Solar, Solar Millenium, Bright Source, ENEL, Starwood Energy, etc.</p> <p>NREL (National Renewable Energy Laboratory, US Department of Energy) : <a href="http://www.nrel.gov">www.nrel.gov</a></p> <p>SolarPaces (organisation internationale de reference regroupant des experts à tracers le monde, pour le développement des CSP) : <a href="http://www.solarpaces.org">www.solarpaces.org</a></p> <p>Fraunhofer IWES (membre de nombreux associations et réseaux scientifiques, coopérant avec de nombreuses sociétés et institutions de recherche) : <a href="http://www.iset.uni-kassel.de">www.iset.uni-kassel.de</a></p> <p><b>Publications, articles</b></p> <p>[R]évolution énergétique, Vers un avenir énergétique propre et durable, EREC (European Energy Council), janvier 2007</p> <p><i>The parabolic trough power plants Andasol 1 to 3 The largest solar power plants in the world – Technology premiere in Europe</i>, Solar Millennium</p> <p>Dossier de presse AREVA : <i>Ausra aquisation</i></p> <p><i>SolarPaces Annual Report 2008</i>, Agence Internationale de l'Energie</p> <p>Les Centrales Solaires à Concentration, Université de Liège, mai 2007</p> <p><i>Concentrating Solar Power Global Outlook 09, Why Renewable Energy is Hot</i>, Greenpeace International, SolarPACES and ESTELA</p> <p>First Solar Presentation to Project Finance Banks 2010</p> <p><i>Solutions to Global Climate ChangePower - Tower Plants</i>, Abengoa Solar</p> <p><i>Solutions to Global Climate Change - Parabolic Trough Plants</i>, Abengoa Solar</p> <p><i>Solar parabolic trough</i>, SolarPaces</p> <p>Climat favorable à l'énergie solaire - L'énergie solaire thermique à grande échelle pourrait connaître un développement fabuleux, L'état de la Planète, N°31 mai/juin 2008</p> <p>Repère : les plus grands projets solaires thermiques mondiaux, GreenUnivers, mai 2009</p> <p>Le solaire thermique, plus prometteur que le photovoltaïque, GreenUnivers, septembre 2009</p> <p><i>List of solar power stations</i>, Wikipedia</p> <p><i>Comparison of Wet and Dry Rankine Cycle Heat Rejection January 20, 2005 – December 31, 2005</i>, NREL</p> <p>Nombreux articles de divers webzines (L'Economiste, LaVieEco, GreenUnivers, etc.)</p> <p><b>Personnes contactées</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mr. Moussaïf : Chef de Division des Affaires Rurales - Province d'Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Charaf : Chef du service Programmation et Equipement - Division de l'Equipement - Province d'Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Youbi : Chef du bureau d'Etudes et Topographie – ORMVAO</li> <li>▪ Mr. Ritoui : Chef du PCR Ouarzazate – ORMVAO</li> <li>▪ Mr. El Khattabi Az Eddine : Chef du service de l'élevage – ORMVAO</li> <li>▪ Mr.Zouk Abdelmouaine : Chef du Service infrastructure - Direction Provinciale</li> </ul>

Aspect	Source
	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mr. Ifrassen : de l'Equipement - Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Lakhdar : : Président de la commune de Ghassate</li> <li>▪ Mr. Sabbar : : Caïd de Mograne</li> <li>▪ : Délégué de l'ABH de Souss Massa Draa à Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Hammou - Zaki Youssef : Directeur Provincial des Eaux et Forêts Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Aziz Rahou : : Chef du Projet CBTHA / PNUD</li> <li>▪ Mr. Azeroual Taha : : Ingénieur agronome - Projet CBTHA / PNUD</li> <li>▪ Mr. Jamal Ait Lhaj : : Directeur du Projet IMPETUS</li> <li>▪ Mr. Schulz Oliver : : Hydrologue - Projet IMPETUS</li> <li>▪ : Agence urbaine d'Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Ihlal : : Service d'Exploitation - ONE – Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Alaoui : : ONE – Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Bencharaa : : Délégué provincial du département de l'Energie et Mines – Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Cheikh Maalainine Laghdef : : Délégué Provincial du Tourisme – Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Moussaid : : Médecin Chef de la Délégation du Ministère de la Santé – Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Ait El Qadi : : Administrateur Provincial - Chef administratif et économique - Délégation du Ministère de la Santé – Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Benbrahim : : CNRST - Institut National de Géophysique</li> <li>▪ Mr. Lahcen Ararya : : Technicien à la délégation l'ABH de Souss Massa Draa à Ouarzazate</li> <li>▪ Mr. Zine Sayeh : : Technicien à la commune de Ghassate</li> </ul>

Aucune difficulté particulière n'a été rencontrée.

# ANNEXES



# **Annexe 1 : PVs de réunions liées au projet de la centrale solaire d'Ouarzazate et Autorisations acquises et requises**

## Compte rendu de la reunion publique et de concertation sur le projet de la station solaire d’Ouarzazate

### Ouarzazate le 03 Novembre 2010

#### Objet :

Réunion publique d’information et de concertation sur le projet de la « **STATION SOLAIRE D’OUARZAZATE** »

#### Thème :

Présentation et discussions des résultats de « l’Etude d’Impact sur l’Environnement EIE» réalisée par le groupement des bureaux d’études « PHENIXA-BURGEAP »

**Dates et lieu :** le 03 Novembre 2010 à l’hôtel Palace Berbère, Ouarzazate

**Participants :** (voir la liste détaillée en annexe).

Ont participé à cette réunion qui a été co-présidée par Monsieur le Gouverneur de la ville d’Ouarzazate et par Monsieur le Président du directoire de l’Agence Marocaine pour l’Energie Solaire (MASEN) :

- les collaborateurs de Monsieur le Président du directoire de MASEN.
- les représentants du groupement de bureaux d’études Phenixa-Burgeap et l’équipe de travail ;
- Les élus des communes de la région, les représentants des départements : Energies et Mines ; service Environnement attaché au secrétariat d’état chargé de l’Eau et de l’Environnement ; Eaux et Forêts ; ONEP ; ONE ; associations ; etc.

**Objectifs :** informer l’ensemble des participants sur les résultats de l’EIE du projet, répondre à leurs questions et procéder à la collecte de leurs appréciations, objections, et propositions.

#### I - Déroulement de la réunion

Monsieur le Gouverneur de la province d’Ouarzazate a introduit la réunion en remerciant les participants de leur présence. Il a focalisé son discours principalement sur :

- les objectifs de cet important projet solaire qui a été inauguré, la semaine précédente par Sa Majesté le Roi Mohammed VI ;
- les impacts socio-économiques positifs sur le Maroc en général et sur la région en particulier.

Enfin, il a demandé à l’ensemble des participants dans leurs diversités et selon leurs spécialités d’apporter leur soutien à ce projet et de participer dynamiquement à cette réunion de concertation.

Ensuite, le discours de Monsieur le Président du Directoire de MASEN, qui a souhaité, à son tour, la bienvenue aux participants a porté essentiellement sur :

- l’intérêt important qu’accorde MASEN au dialogue et à la concertation avec l’ensemble des parties prenantes dont les habitants et leurs représentants pour la conduite et la mise en oeuvre de ce projet.

Il a insisté sur sa ferme volonté de conduire ce projet rapidement mais sans aucune précipitation en tenant en compte l’ensemble des contraintes, des observations et des propositions des différentes parties ;

- un résumé clair et synthétique du plan solaire marocain en général, de ses ambitions et de ses objectifs,

- un exposé clair détaillé de ce Projet pilote du complexe Solaire d’Ouarzazate notamment :

✂ Les étapes franchies (prospections, choix du site et ses caractéristiques, études réalisées, les techniques disponibles, etc ;

✂ Les étapes à venir (préparations des appels d’offres, précautions et mesures d’accompagnement,

✂ Les objectifs et l’intérêt de l’étude d’impact sur l’environnement objet de la présente réunion en insistant sur les impacts positifs de ce projet mais aussi sur la ferme volonté de MASEN d’appliquer l’ensemble des mesures d’atténuation des impacts négatifs conformément aux résultats de cette étude.

A la fin de son discours, Monsieur le président du Directoire de MASEN a invité lui aussi l’ensemble des participants à enrichir dynamiquement la présente réunion par leurs questions, leurs objections et leurs propositions.

Par la suite, le modérateur de la réunion

- a informé les participants sur l’organisation prévisionnelle et le programme de la journée,
- a donné un bref aperçu sur la signification de «l’étude d’impact sur l’environnement de ce projet » ses composantes, ses objectifs, les méthodes et les étapes de sa réalisation et les rapports finaux des résultats.
- il a enfin donné la parole à l’équipe du groupement PHENIXA/BURGEAP pour présenter les résultats de l’étude.

L’exposé des résultats de l’étude d’impact sur l’environnement du projet solaire a mis l’accent principalement sur :

- Les raisons du choix du site du projet et les différentes technologies qui peuvent être utilisées pour la production de l’énergie solaire, leurs avantages et inconvénients ;
- Un inventaire du milieu (physique, humain et biologique) ;
- Une synthèse des enjeux du projet sur les différents milieux ;
- Une étude détaillée sur les sources d’impacts sociaux et environnementaux que ce soit :
  - l’imperméabilisation du sol ;
  - Les produits utilisés par les technologies (fluides caloporteur, nitrate de sodium, nitrate de potassium, hydrocarbures, etc.) ;
  - les besoins en eau et
    - la présentation des impacts positifs ;
    - les mesures d’atténuation des impacts négatifs du projet sur le milieu et les solutions compensation que se soit pendant la phase de construction ou d’exploitation ;

#### II - Questions, observations et propositions de l’assistance :

Après l’exposé, des listes ont été ouvertes pour l’inscription des participants désireux d’intervenir. Ainsi les principales interventions ont porté sur :

##### 1- M. BENCHRA, directeur Energie et Mines.

Après avoir remercié l’équipe MASEN pour ce projet qui constitue un grand enjeu pour le Maroc, deux questions ont été posées :

Question 1 : Pour la réussite à long terme du projet, peut-on prévoir un projet de dragage des sédiments du barrage afin de pérenniser l’approvisionnement en eau ?

Question 2 : Les technologies qui seront utilisées vont consommer des eaux qui à leur tour seront déversées dans la nature en fin de processus. Peut-on prévoir des bassins de rétention avec géomembranes afin de récupérer les sels et éviter l’infiltration dans le sol ?

##### 2- Youssef HAMOU ZAKI, Directeur Provincial aux Eaux et Forêts - Ouarzazate.

Question : Le site du projet est situé dans une région considérée comme une réserve naturelle et une des plus riches au Maroc en biodiversité. Le BET chargé de cette étude environnementale a déjà pris contact avec le service des eaux et forêts d’Ouarzazate, qui lui a fourni l’ensemble des informations disponibles, il convient donc de citer l’ensemble des réserves naturelles entourant le site du complexe en plus du site de la retenue du barrage Mansour Dahbi et la réserve de biosphère des oasis Sud du Maroc, citées dans l’exposé. Pour ces réserves naturelles situées à plus de 10 km au Nord du site, Il n’existe aucun impact négatif pouvant être lié aux technologies retenues.

##### 3- Anas EZZOUAKI, service environnement, province Ouarzazate.

Question : est ce qu’il faudrait faire une étude d’impact pour chacune des 4 technologies proposées ?

##### 4- Youssef ELBOUHALI, association Tissu associatif.

Question : Les inondations ont un impact sur le barrage. Est-ce que cela n’aura pas d’effet sur le projet ?

##### 5- Abdallah AIT CHOUAIB, président de la commune Tarmikte.

A posé 6 questions et a émis des recommandations :

Question 1 : il faut prendre en considération les impacts négatifs de chacune des technologies proposées et pour cela, il serait préférable de développer une technologie de pointe pour la production de l’énergie solaire.

Question 2 : Quelle est la durée de vie du projet ?

Question 3 : Proposer aux investisseurs que l’unité de production des éléments constitutifs du complexe solaire soit installée à Ouarzazate.

Question 4 : Le projet va engendrer 10 000 emplois, serait il possible de prévoir des logements pour les employés ?

Question 5 : Quelle est la destination des 6.10<sup>+6</sup> m<sup>3</sup> d'eau utilisés annuellement dans le projet ?

Question 6 : Est ce qu'il ne faut pas intégrer le projet dans son environnement urbanistique étant donné qu'il est proche du parc ?

Recommandations :

- Il propose de prendre les mesures de précaution car la région a des surprises naturelles et que la vitesse du vent peut quelques fois dépasser 35km/h.
- La carte sismique du Maroc classe Ouarzazate dans la zone sans risque. Il s'agit d'une donnée qui n'est pas vraie et qu'il faudra prendre en considération ce risque naturel.
- Il propose de créer un forum dans le site et de récolter les recommandations du public
- Il recommande que le projet intègre le critère social

**6- Mohammed SAAD, association Tissu associatif.**

Intervention visant à remercier, applaudir et féliciter MASEN et les autorités pour ce projet.

**7- Ahmed HAFID, directeur ONEP, Ouarzazate.**

Question : Les besoins en eau du projet (6.10<sup>+6</sup> m<sup>3</sup>/an) constituent une fois et demie les besoins annuels de la ville d'Ouarzazate. Quel est le devenir de cette eau et est-ce qu'elle peut être réutilisée ?

**8- Jamal Eddine ELYAACOUBI, premier vice président du conseil provincial**

Question 1 : La quantité d'eau (6.10<sup>+6</sup> m<sup>3</sup>) consommée par le processus est-elle annuelle ou est-elle demandée une seule fois par le processus sans renouvellement ?

Question 2 : La vitesse du vent dans la région est élevée pendant certaines périodes de l'année. Il faudra prendre en considération ce facteur pour la réussite du projet.

Question 3 : Le projet va-t-il réussir économiquement et gagner ce qui a été prévu pour sa réalisation ?

**9- Kabbour BAI, commune de Skoura**

Question : prière de bien respecter le barrage El Mansour Eddahbi et de bien nettoyer autour du site de projet pour préserver la propreté de la région.

**10- Mohammed KORIS, vice président, commune Idalsan**

Question : est-ce que le projet a un impact sur le développement urbain dans la région Est d'Ouarzazate ?

**11-Ami DOUAH, chef de service études générales, Agence urbaine.**

Il serait préférable que les propriétaires du projet disposent d'un document officiel autorisant l'occupation du site.

**12- Omar KABBOUCHE, président, Association Ghassat**

Question 1 : Est-ce que le gouvernement prévoit de mettre en place d'autres barrages dans la région ?

Question 2 : Il faut penser à l'implantation des arbres autour du barrage.

**13- S. AGHEZZAF, chef de service, ORMVAO**

Il faut respecter l'environnement pendant la phase de construction du projet

**14- L. BOUZIDI, délégué M.E.N**

Propose que MASEN s'investisse dans l'éducation des enfants dans la région.

**15- M. JANAHA, commune Inzekkane**

Propose la création d'un institut dans la région où les étudiants pourront bénéficier d'une formation sur les techniques de production de l'énergie solaire.

**16. Ahmed BAHAJ, directeur provincial de l'équipement et transport.**

Question 1 : Est-ce que le projet optimise la perte d'énergie (effet du jour) ?

Question 2 : L'intersection du site de projet et la route nationale est considérée un point noir où un grand nombre d'accidents surgissent. Est-ce que le projet de l'accès au site ne pourra pas être soumis au département de l'équipement et transport pour approbation ?

### III- Réponses aux questions et discussions

Toutes les observations, propositions et recommandations des participants ont été notées. Les questions posées par l'assistance ont été classées par thèmes. Les réponses, les éclaircissements et les explications ont été données par les représentants de MASEN et par les membres de l'équipe **du groupement Phenixa/Burgeap**.

Ainsi les réponses ont porté sur les thèmes suivants :

**Le vent :**

La région est caractérisée par une vitesse de vent faible (10 à 12 km/h). Sur le site la vitesse du vent ne dépasse pas 6 km/h. Au cours de l'année il y a 4 jours en août où la vitesse du vent est aux alentours de 36 km/h. Les panneaux solaires sont munis d'un système de rotation qui permet de changer de direction pour ne pas s'opposer aux vents et profiter au maximum du rayonnement solaire.

**L'eau :**

Lors de l'évaluation des offres des investisseurs, le niveau de consommation en eau sera pris en compte pour la notation.

Le volume de 6 millions de m<sup>3</sup>/an est effectivement une consommation annuelle. Mise à part la consommation pour le lavage des installations, le reste de l'eau sert au refroidissement dont une grande partie est évaporée.

La consommation en eau est relativement optimisée, elle sert au refroidissement et elle est réutilisée car il s'agit d'un système fermé. La construction du nouveau barrage assure la pérennité du projet.

Mises à part quelques fuites accidentelles qui peuvent s'échapper des canalisations, il n'y a pas de déversement dans la nature et il n'y aura pas de rejet de sels dans le barrage ni la contamination du sol. Les eaux de lavage seront traitées dans une station d'épuration et réutilisées. Il n'est pas prévu de rejet dans le milieu naturel.

Le dragage des boues est une technique qui peut être envisagée pour améliorer la capacité des barrages envasés. Cependant la mise en oeuvre de telles techniques ne relève pas spécifiquement du projet.

Pendant les deux dernières années, les précipitations étaient abondantes et ont suscité des lâchers de barrage qui a permis l'évacuation d'une partie des sédiments accumulés dans la retenue.

**Les technologies mises en oeuvre pour le projet d'Ouarzazate :**

Dans la première étape du projet, les technologies utilisées seront celles du solaire à concentration car elles prennent en considération les besoins du réseau. Dans la deuxième étape seront utilisées les techniques du photovoltaïque afin de permettre leur développement dans le marché marocain. L'appel d'offre permettra de choisir les technologies les moins coûteuses.

L'aspect optimisation de la production d'énergie adaptée aux besoins nationaux a également été étudié. Une option de stockage de l'énergie est proposée dans le projet.

**Les infrastructures pour le fonctionnement du projet :**

Les infrastructures nécessaires pour la réalisation du projet (amenée d'eau, route, etc...) seront mises en oeuvre en étroite collaboration entre MASEN et les différents départements concernés (Equipement, ONEP, etc...).

**Le Milieu naturel**

Effectivement l'étude des impacts environnementaux a pris en compte le projet des réserves naturelles de la région, dont celle d'Iguernane, site clé de Sbaa Chaab et la Réserve de gazelle dorcas de Bouljir, en plus du site RAMSAR du barrage Mansour Dahbi et la réserve de biosphère des oasis Sud.

**La Planification de l'aménagement du territoire**

Effectivement suite à la mise en oeuvre de ce projet il est nécessaire de mettre à jour les documents de planification du territoire, ce qui relève de la responsabilité de l'Agence Urbaine.

**Les Impacts socio-économiques**

Le projet a des retombées socioéconomiques importantes. Il permet la création d'emplois directs et indirects que ce soit à Ouarzazate ou à l'extérieur de la région. Effectivement, il y aura des milliers

d'emplois créés et répartis dans le temps sur les différentes étapes du projet. MASEN essaiera de maîtriser le nombre et la nature des postes de travail offerts (cadres, ouvriers,...).

Une étude sera réalisée afin de permettre des bonnes conditions de séjour et de formation des employés. Les formations seront programmées en collaboration avec les instituts professionnels.

**La rentabilité du projet**

Le projet a une rentabilité économique et sociale avant d'être financière. Il permet de maximiser les effets en termes de production d'emploi, de création d'unité de recherche permettant l'emploi des cadres et des chercheurs. Il va permettre également à la région de redéfinir des objectifs et des stratégies de développement dans lesquels les différents départements techniques devront s'investir.

La rentabilité financière n'est pas immédiate. Mais elle peut être améliorée par la mobilisation de financements à moindre coût, par des dons etc...

**La présentation des résultats de l'étude d'impact sur l'environnement du projet**

Les présentations en arabe et en français de la journée seront installées sur le site web de la MASEN : [www.masen.ma](http://www.masen.ma).

La réunion est clôturée à 13h par le gouverneur de la région.



## LISTE DES PARTICIPANTS

- Les représentants de MASEN/

- Mustapha Bakkoury, Président du Directoire de MASEN,
- Hakim El Moussaoui, MASEN
- Mohammed Bernnanou, MASEN,
- Dayae Oudghiri, MASEN,

Les représentants du groupe PHENIXA BURGEAP

- Christine Léger, gérante Phénixa – [c.leger@phenixa.com](mailto:c.leger@phenixa.com),
- Hinde Cherkaoui-Dekkaki, docteur hydrogéologue, Phénixa – [h.cherkaoui@phenixa.com](mailto:h.cherkaoui@phenixa.com),
- Sarah Cherel, ingénieur environnement, Burgeap – [s.cherel@burgeap.fr](mailto:s.cherel@burgeap.fr),
- Mohammed Fezzaz, modérateur, Phénixa – [fezzazm@yahoo.fr](mailto:fezzazm@yahoo.fr),
- Samah Aït Bénichou, [s.aitbenichou@phenixa.com](mailto:s.aitbenichou@phenixa.com).

### Liste des participants

Nom	Fonction	Organisme	Téléphone	Mail
M. BENCHRA	Directeur énergie et mines	Energie et mines	0661312876	<a href="mailto:m.benchra@mem.gov.ma">m.benchra@mem.gov.ma</a>
Lahcen BOUZIDI	Délégué du MEN	Men	0661358919	<a href="mailto:bouzidi555@yahoo.fr">bouzidi555@yahoo.fr</a>
Rachid El MAHJOUB	Cabinet du gouverneur	Province Ouarzazate		
Moustapha FAOUZI	Chef division urbanisme et environnement	province	0654375381	<a href="mailto:Mus_fao@hotmail.com">Mus_fao@hotmail.com</a>
Merouan HASSAN	Tissu associatif	Association	0662835313	<a href="mailto:assotif@yahoo.fr">assotif@yahoo.fr</a>
Ahmed HAFID	Directeur ONEP	ONEP Ouarzazate	0661296777	<a href="mailto:ahhafid@onep.org.ma">ahhafid@onep.org.ma</a>
A. IGUERNI	DGSN		0666387604	
Jamal Addine ELYAAKOUBI	1 <sup>er</sup> vice président du conseil	Province Ouarzazate	0676022955	

Nom	Fonction	Organisme	Téléphone	Mail
Mohammed Anas ZAROG	Chef service environnement	Secrétariat d'Etat Chargé de l'Eau et de l'environnement	06 61 70 21 78	Anas.zarog@gmail.com
BAHAJ Ahmed	DPET	Equipement et Transport	06 60 19 23 80	bahajahmed@mtpnet.gov.ma
KABBOUCHE	Association GHASSAT	GHASSAT	06 70 22 44 71	
Mohamed AGLAGANE	PS. ASS. ALBISHER	SKOURA	06 71 04 57 28	<a href="mailto:Aglagane-aah@hotmail.com">Aglagane-aah@hotmail.com</a>
Mohamed AMI DOUAH	Chef de service des études générales	Agence urbaine Ouarzazate	06 15 20 06 39	<a href="mailto:Amidouah_med@yahoo.fr">Amidouah_med@yahoo.fr</a>
Rachid BELHOUCINE	Chef de cercle Anerzgane	Province	06 61 17 31 41	
NEMAR Abdelhakim	Secrétaire général	Province	06 61 12 85 11	
SAAD Mohamed	Espace associatif Toundite	Province	06 61 70 31 59	
BIKYOD	2 <sup>ème</sup> vice président	Commune Ghassat	06 61 58 21 31	
Dr. BERJAOUI My Mohamed	Délégué	Sécurité	06 61 84 01 72	<a href="mailto:Berj-1964@hotmail.com">Berj-1964@hotmail.com</a>
KORIS Mohamed	Vice président	Commune Idalsame	06 67 41 33 42	<a href="mailto:m.kouris@yahoo.fr">m.kouris@yahoo.fr</a>
OMAR Abdellali	Ingénieur Ass. Oxygène	Ass. O2	06 61 77 66 34	<a href="mailto:Oxygene_femme@yahoo.fr">Oxygene_femme@yahoo.fr</a>
AIT CHAIB Abdellah	Président TARMIKTE	Commune TARMIKTE	06 61 24 09 57	<a href="mailto:betsadetrad@yahoo.fr">betsadetrad@yahoo.fr</a>
Kabbour BAI	Vice président Skoura	Skoura	06 62 83 53 68	
Mohamed SAADAoui	Fonctionnaire	Commune rurale	06 70 61 45 29	
Mohamed RIDOUANE	Chef Cercle		06 61 12 87 21	
Smail LAKHDER	Caid	Caiadat Maghan	06 61 97 84 23	
Rachid BELBACHIR	Directeur Provincial	ONE	06 61 46 36 05	<a href="mailto:bebachir@one.org.ma">bebachir@one.org.ma</a>
AGHEZZAF Salah	Chef de service ORMVAO	ORMVAO	06 62 16 35 29	<a href="mailto:ormvaoz@gmail.com">ormvaoz@gmail.com</a>
Mohamed BENCHRIFA	Rédacteur Principal	CR Ghassat	06 61 40 75 47	<a href="mailto:Benchrifa1955@hotmail.com">Benchrifa1955@hotmail.com</a>
MY Ali EL ALAOUS	Agent d'autorité	Province Ouarzazate	06 61 97 64 23	<a href="mailto:Myali20@yahoo.fr">Myali20@yahoo.fr</a>

Nom	Fonction	Organisme	Téléphone	Mail
Mohamed EL YAZAL	Chef D.C.L Orzli	Province Ouarzazate	06 68 73 20 45	<a href="mailto:m.elyazal@hotmail.com">m.elyazal@hotmail.com</a>
Youssef HARASS	SRDGSN	SR Ouarzazate	06 68 92 84 38	
Youssef L BOUHALI		Tissu associatif skoura	06 68 73 19 59	Eljor007@gmail.com



المملكة المغربية  
ROYAUME DU MAROC

A094133

الوكالة الوطنية للمحافظة العقارية والمسح العقاري و الخرائطية  
ANCFCC

Agence Nationale de la Conservation Foncière du Cadastre et de la Cartographie

## شهادة

### مطلب التحفيظ عدد 28/34071

إن الحفاظ على الأملاك العقارية والرهون بورزازات الموقع أسفله يبين على سبيل الإرشاد :

أنه تم إيداع بتاريخ 29 أكتوبر 2010 (كناش : عدد : 09 عدد : 498 وعدد : 499 ) طبقا لمقتضيات الفصل 84 من ظهير 12 غشت 1913 ، قصد تقييده على الرسم العقاري المراد تأسيسه للملك الجارية مسطرة تحفيظه والمسمى : "أوكرور الطاقة "، موضوع مطلب التحفيظ عدد : 28/34071 البالغة مساحته ألفان وخمسمائة هكتار 2500 ها تقريبا، الكائن بإقليم ورزازات جماعة غسات اخل المدعو : تاسلمات ، عقد بيع توثيقي بتاريخ 2010/10/18 مشفوع بعقد إقرار بالصدق توثيقي بنفس التاريخ ، مضمناه أن الجماعة الساللية ايت اوكرور توندوت ممثلة من طرف السيد وزير الداخلية بصفته وصيا على الجماعات الساللية (طالبة التحفيظ ) ، باعت لفائدة شركة " الوكالة المغربية للطاقة الشمسية " (MOROCCAN AGENCY FOR SOLAR ENERGY ) ، كافة الملك المذكور .

شهادة مقتصرة على المعلومات المطلوبة وتحت سائر التحفظات لما ستسفر عنه مسطرة التحفيظ لاحقا .

حرر بورزازات في : 29 أكتوبر 2010

عن الحفاظ وبأمر منه  
عبد الرحيم الطاهري  
الحافظ بالنيابة

كناش رقم : 5126146  
توسيل رقم : 2192  
المبلغ : 75,00 درهم

شهادة مسلمة إلى الأستاذة : مريم مزبان بلفقيه ، بناء على طلبها المودع بالمحافظة العقارية بورزازات بتاريخ : 29 أكتوبر 2010

Royaume du Maroc  
Ministère de l'Intérieur  
Région Souss Massa Drâa

المركز الجهوي للاستثمار - سوس ماسة درعة  
Centre Régional d'Investissement - Souss Massa Drâa

## **Annexe 2 – Compléments concernant l'analyse de l'état initial de l'environnement**



## Annexe 2.1 - Climatologie

**Tableau 1 : Pluviométrie moyenne mensuelle (mm)**  
Période : 1975/76 - 2008/09  
Station Tinouar

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Moyenne	9	17	10	10	10	10	12	8	7	6	2	7	108
Max	39	89	84	85	62	51	69	66	62	93	15	50	197
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Ecart Type	11	21	17	17	15	12	17	15	15	17	4	11	52
Coefficient de variation (%)	114	123	163	160	155	129	140	195	217	296	186	143	48

**Tableau 2 : Pluviométrie moyenne mensuelle (mm)**  
Période : 1975/76 - 2008/09  
Station Tiflit

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Moyenne	8	16	10	13	12	12	12	8	4	5	1	6	109
Max	39	95	115	87	77	63	59	63	53	59	12	26	250
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16
Ecart Type	9	23	20	19	17	16	17	16	10	13	3	7	59
Coefficient de variation (%)	115	144	202	149	138	134	137	205	229	259	171	110	54

**Tableau 3 : Pluviométrie moyenne mensuelle (mm)**  
Période : 1975/76 - 2008/09  
Station Mansour Dahbi

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Total
Moyenne	10	17	9	12	9	13	12	6	5	10	3	7	112
Max	50	90	66	91	70	52	49	34	45	201	14	34	268
Min	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
Ecart Type	11	23	15	19	15	16	15	10	10	36	4	7	62
Coefficient de variation (%)	108	136	156	162	170	129	126	177	221	345	159	108	55

**Tableau 4 : Temperature moyenne mensuelle (°C)**

Période : 1980 - 2009

Station Mansour Ed Dahbi

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Moyenne	10	12	16	19	22	26	30	29	25	20	14	11
Max	12	15	18	22	27	29	32	31	31	22	17	13
Min	5	7	13	16	12	9	20	20	16	13	8	6
Ecart Type	2	2	1	2	3	4	2	2	2	2	2	1
Coefficient de variation (%)	16	16	8	8	14	14	7	7	9	8	13	14

**Tableau 5 : Moyenne mensuelle de l'humidité relative de l'air (%)**

Période : 1980 - 2009

Station Mansour Ed Dahbi

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Moyenne	57	51	46	43	37	34	30	35	40	46	54	59
Max	73	62	58	101	62	52	47	48	54	64	72	85
Min	42	38	23	23	24	19	18	18	25	23	30	36
Ecart Type	8	7	11	16	9	10	9	8	8	10	12	11
Coefficient de variation (%)	15	14	23	37	24	28	28	24	20	22	22	18

**Tableau 6 : Evaporation mensuelle au bac Colorado (mm)**

Période : 1980 - 2009

Station Mansour Ed Dahbi

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Moyenne	102	118	197	250	322	359	406	368	286	210	141	88
Max	414	151	329	299	365	419	485	422	339	267	581	117
Min	67	92	148	168	255	209	332	315	234	158	97	57
Ecart Type	61	16	35	31	22	46	38	29	29	24	85	13
Coefficient de variation (%)	60	14	18	12	7	13	9	8	10	11	60	15

**Tableau 7 : Nombre de jours avec orages (Période d'observation : 2000-2009)**

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	0,1	0,2	1	1,5	1,9	4	3,4	6	4	2,5	0,5	0

Maximum	1	1	3	5	4	10	9	11	8	6	2	0
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Tableau 8 : Nombre de jours avec Neige (Période d'observation : 2000-2009)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 9 : Nombre de jours avec Grêle (Période d'observation : 2000-2009)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	0	0,2	0,2	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0
Maximum	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 10 : Nombre de jours avec température < 0°C (Période d'observation : 2000-2009)												
Année	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	7,2	1,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,4	2,8
Maximum	18	8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	9
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau 11 : Direction du vent max instantanées du mois (Période d'observation : 2000-2009)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	28,2	17	26,4	30,2	29,7	24,7	22,8	27,4	24,3	26,8	30,9	27,5
Maximum	36	36	36	36	36	34	35	36	30	34	36	35
Minimum	6	2	2	4	4	12	10	1	1	1	1	8

Tableau 12 : Insolation totale mensuelle en Heure (Période d'observation : 2000-2009)												
	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Moyenne	264,52	254,68	297,5	322,54	348,82	330,29	305,47	297,91	280,73	267,12	248,28	240,65
Maximum	294,3	288	346,5	341,7	390,4	383,1	347,9	323	315,5	310,3	274,4	261,7
Minimum	229,9	214,3	254,4	282,4	323,6	269,3	250,6	272,1	240,4	233,3	205,1	208,2

## Annexe 2.2 - Hydrologie - Inondabilité du site du complexe solaire d’Ouarzazate

Tableau 1 : Caractéristiques des bassins versants des oueds

Chaâbas	N°BV	Caractéristiques BV			
		A (km <sup>2</sup> )	L (km)	DH (m)	P (m/m)
Oued Izerki	BV1-Izerki	318.360	37.197	744	2.0%
	BV2-Izerki	13.780	5.460	55	1.0%

	BV1+BV2 Izerki	332.140	42.657	769	1.8%
Oued Argouin	BV1-Argouin	33.720	9.851	99	1.0%
	BV2-Argouin	45.490	16.597	136	0.8%
	BV1+ BV2Argouin	79.210	26.448	233	0.9%

**BV : Bassin Versant ; A : Superficie du bassin versant ; L : Longueur de l'oued ;**  
**DH : Diamètre Hydraulique ; P : Pluviométrie.**

**Tableau 2 : Caractéristiques des chaâbas (petits bassins versants)**

Chaâbas	N°BV	Caractéristiques BV			
		A (km <sup>2</sup> )	L (km)	DH (m)	P (m/m)
Chaâba A	A1	1.743	2.700	40.00	1.5%
	A2	0.851	1.600	14.00	0.9%
	A1+A2	2.594	4.300	51.51	1.2%
	A3	1.141	1.800	37.50	2.1%
	A1+A2+A3	3.735	6.100	84.73	1.4%
	A4	1.776	2.600	27.50	1.1%
Chaâba B	A1+A2+A3+A4	5.511	8.700	110.95	1.3%
	B1	0.293	1.000	8.00	0.8%
	B2	0.970	1.800	20.50	1.1%
	B1+B2	1.263	2.800	27.91	1.0%
	B3	0.910	1.500	13.00	0.9%
	B1+B2+B3	2.173	4.300	40.77	0.9%
	B4	1.517	2.100	18.50	0.9%
	B1+B2+B3+B4	3.690	6.400	59.22	0.9%
Chaâba C	C1	0.554	2.200	33.00	1.5%
	C2	0.576	1.400	17.50	1.3%
	C1+C2	1.130	3.600	50.20	1.4%
	C3	1.190	2.100	22.50	1.1%

Chaâbas	N°BV	Caractéristiques BV			
		A (km <sup>2</sup> )	L (km)	DH (m)	P (m/m)
	C1+C2+C3	2.320	5.700	71.84	1.3%
	C4	1.330	2.300	23.00	1.0%
	C1+C2+C3+C4	3.650	8.000	94.08	1.2%
	C5	1.195	1.800	14.00	0.8%
	C1+C2+C3+C4+C5	4.845	9.800	106.10	1.1%
Chaâba D	D1	1.058	2.900	11.00	0.4%
	D2	1.174	2.100	21.00	1.0%
	D1+D2	2.232	5.000	26.96	0.5%
	D3	1.114	2.000	18.00	0.9%
	D1+D2+D3	3.346	7.000	43.14	0.6%
	D4	1.632	2.900	25.50	0.9%
	D1+D2+D3+D4	4.978	9.900	67.28	0.7%
	D5	1.850	3.000	24.50	0.8%
	D1+D2+D3+D4+D5	6.828	12.900	91.35	0.7%

**Tableau 3 : Caractéristiques des chaâbas (petits bassins versants)**

Chaâba E	E1	0.423	1.600	15.00	0.9%
	E2	0.705	1.400	13.50	1.0%
	E1+E2	1.128	3.000	28.50	0.9%
	E3	0.480	1.300	10.50	0.8%
	E1+E2+E3	1.608	4.300	38.84	0.9%
	E4	1.355	1.600	13.00	0.8%
Chaâba F	E1+E2+E3+E4	2.963	5.900	51.75	0.9%
	F1	0.630	1.300	3.00	0.2%
	F2	1.145	1.700	17.00	1.0%
	F1+F2	1.775	3.000	13.91	0.5%
	F3	0.770	1.600	15.00	0.9%
Chaâba G	F1+F2+F3	2.545	4.600	26.52	0.6%
	G	0.662	2.300	54.50	2.4%
	H	0.566	1.900	14.50	0.8%
Chaâba I	I	0.226	1.500	5.00	0.3%

Source : Etude hydraulique et hydrologique du complexe énergétique solaire d'Ouarzazate - MASE - 2010

## Annexe 2.3 - Milieu naturel

### Liste des espèces de plantes par milieu

	Oued	Oued Izerki	Pente	Pente argile gypse	Reg plateau	Reg alluvial	Reg raviné
Recouvrement	10 à 20%	<5%	5 à 20%	<5%	<5%	5 à 10%	5 à 10%
Ligneux 3à1m							

	Oued	Oued Izerki	Pente	Pente argile gypse	Reg plateau	Reg alluvial	Reg raviné
Nerium oleander		x					
Phoenix dactylifera		x					



	Oued	Oued Izerki	Pente	Pente argile gypse	Reg plateau	Reg alluvial	Reg raviné
<i>Tamarix canariensis</i>		x					
<i>Ziziphus lotus</i>	x					X	
<b>Ligneux 0,5-1m</b>							
<i>Carthamus fruticosus</i>	x						
<i>Farsetia ramosissima</i>	x		x		x		
<i>Genista scorpius</i>			x				
<i>Launaea arborescens</i>	x					X	
<i>Ononis angustissima</i>	x		x			X	
<i>Withania adpressa</i>	x		x				
<i>Zilla macroptera</i>	x	x				X	
<b>Ligneux &lt;0,5m</b>							
<i>Antirrhinum ramosissimum</i>	x						
<i>Anvillea radiata</i>	x			x			
<i>Artemisia inculta</i>	x	x	x	x			
<i>Astragalus tragacanthoides</i>				x			x
<i>Bubonium odorum</i>				x			
<i>Convolvulus trabutianus</i>			x				X
<i>Farsetia occidentalis</i>	x				x		x
<i>Farsetia ramosissima</i>							
<i>Hamada scoparia</i>	x	x		x			x
<i>Helianthemum sessiliflorum</i>	x						
<i>Lavandula coronipifolia</i>	x		x				
<i>Marrubium desertii</i>	x						
<i>Moricandia suffruticosa</i>	x		x	x			
<i>Salvia aegyptiaca</i>	x		x				
<i>Teucrium polium</i>	x						
<b>Herbacées</b>							
<i>Aizoon canariense</i>		x				X	
<i>Aristida caerulescens</i>	x		x			X	x
<i>Aristida ciliata</i>	x					X	
<i>Aristida plumosa</i>	x					X	
<i>Asphodelus tenuifolius</i>	x	x	x		x	X	
<i>Astragalus mareoticus</i>						X	
<i>Bromus rubens</i>	x						
<i>Carduncellus devauxii</i>	x		x			X	
<i>Carlina involucrata</i>	x						
<i>Catananche arenaria</i>						X	
<i>Caylusea hexagyna</i>						X	
<i>Centaurea pungens</i>						X	
<i>Cistanche violacea</i>	x						
<i>Citrullus colocynth</i>	x					X	
<i>Cleome amblyocarpa</i>							
<i>Cynodon dactylon</i>		x					
<i>Diplotaxis harra</i>	x						x
<i>Echinops strigosus</i>	x		x				
<i>Erodium hirtum</i>	x					X	x
<i>Eryngium ilicifolium</i>	x					X	
<i>Fagonia glutinosa</i>	x		x				
<i>Fagonia isotricha</i>	x						
<i>Forskahlea tenacissima</i>			x				
<i>Gymnarrhena micrantha</i>						X	
<i>Juncus maritimus</i>		X					
<i>Launaea nudicaulis</i>							

	Oued	Oued Izerki	Pente	Pente argile gypse	Reg plateau	Reg alluvial	Reg raviné
<i>Launaea resedifolia</i>							
<i>Leyssera capillifolia</i>						X	
<i>Linaria aegyptiaca</i>	x						
<i>Linaria bipartita</i>						X	
<i>Medicago laciniata</i>						X	
<i>Morretia canescens</i>		X			x	X	x
<i>Notoceras bicom</i>	x						
<i>Paronychia arabica</i>						X	
<i>Pegnum harmala</i>	x	X				X	
<i>Plantago akkensis</i>	x					X	
<i>Plantago ciliata</i>	x		x			X	
<i>Reseda villosa</i>	x		x	X			x
<i>Schismus barbatus</i>	x	X					
<i>Stipa cappensis</i>	x					X	
<i>Trigonella anguina</i>						X	
<b>Nombre d'espèces</b>	<b>41</b>	<b>13</b>	<b>17</b>	<b>7</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>9</b>
<b>Nombre d'espèces endémiques</b>	<b>1</b>		<b>1</b>			<b>1</b>	<b>1</b>

Faune (Vertébrés)

**Endémisme :**  
MarS : Maroc méridional  
Mar : Maroc  
Mag : Maghreb  
AfrN : Afrique du Nord (Sahara compris)

**Statut :**  
International (selon UICN 2002) : au niveau mondial  
National : au niveau du Maroc  
Régional : au niveau de la zone d'action du Projet CBTHA / PNUD Ouarzazat

Selon les statuts UICN, avec par ordre de menace décroissante  
CE Critically Endangered  
EN Endangered  
VU Vulnerable  
NT Near Threatened  
LR Lower Risk

Herpétofaune

Espèces	Nom latin	Endémisme	Statut international	Statut national	Statut régional	Zone d'étude
Crapaud de Maurétanie	Bufo mauritanicus	Mag	LR		Vu	environs
Crapaud vert	Bufo viridis viridis		LR			environs
Grenouille verte d'Afrique du Nord	Rana saharica	Mag	LR			observé
Emyde lépreuse	Mauremys leprosa		LR			environs
Agame de Bibron	Agama impalearis		LC			observé
Fouette-queue	Uromastix acanthinurus		NT	VU	VU	environs
Gecko d'Oudri	Ptyodactylus oudrii	Mag	LC	LC	LC	environs
Gecko à écailles carénées	Tropicolotes tripolitanus					environs
Erémias d'Olivier	Mesalina olivieri		LC			environs
Erémias à gouttelettes	Mesalina guttulata		LC			environs
Acanthodactyle de Bosk	Acanthodactylus boskianus		LC			environs
Seps ocellé	Chalcides ocellatus		LC			environs
Leptotyphlops macrorhynque	Leptotyphlops macrorhynchus		DD			environs
Couleuvre vipérine	Natrix maura					environs
Couleuvre de Moïla	Scutophis moilensis		LC	LC		environs
Couleuvre de Schokar	Psammophis schokari		LC	LC	LC	environs
Vipère à cornes	Cerastes cerastes		LC	LC	LC	environs

Avifaune

Espèces	Nom latin	Endémisme	Statut international	Statut national	Statut régional	Zone d'étude
Vautour percnoptère	Neophron percnopterus					Éteint
Buse féroce	Buteo rufinus					Éteint
Faucon crécerelle	Falco tinnunculus					environs
Faucon lanier	Falco biarmicus					environs
Outarde Houbara	Chlamydotis undulata		NT	EN	CE	Éteint
Courvite isabelle	Cursorius cursor					observé
Ganga couronné	Pterocles coronatus					environs
Ganga tacheté	Pterocles senegallus					environs
Ganga unibande	Pterocles orientalis					observé
Tourterelle des bois	Streptopelia turtur					environs
Tourterelle maillée	Streptopelia senegalensis					environs
Chouette effraie	Tyto alba					environs
Hibou grand-duc ascalaphe	Bubo (bubo) ascalaphus					environs
Chouette chevêche	Athene noctua					environs
Chouette hulotte	Strix aluco					environs
Hibou moyen-duc	Asio otus					environs
Engoulevent à collier roux	Caprimulgus ruficollis					environs
Guêpier de Perse	Merops superciliosus					environs
Guêpier d'Europe	Merops apiaster					environs
Ammomane élégante	Ammomanes cincturus					environs
Ammomane isabelline	Ammomanes deserti					observé
Sirli du désert	Alaemon alaudipes					environs
Alouette de Clot-Bey	Rhamphocorys clot-bey	Sah				environs
Alouette calandrelle	Calandrella brachydactyla					observé
Cochevis huppé	Galerida cristata					environs
Cochevis de Thekla	Galerida theklae					observé
Alouette bilophe	Eremophila bilopha					environs
Hirondelle de rochers	Ptyonoprogne rupestris					environs
Hirondelle rousseline	Hirundo daurica					environs
Bergeronnette grise	Motacilla alba subpersonata					environs
Bulbul des jardins	Pycnonotus barbatus					environs
Agrobate roux	Cercotrichas galactotes					environs
Traquet du désert	Oenanthe deserti					observé
Traquet deuil	Oenanthe lugens					observé
Traquet à tête blanche	Oenanthe leucopyga					observé
Merle noir	Turdus merula					environs
Hypolais obscur	Hippolais opaca					environs
Fauvette à lunettes	Sylvia conspicillata					environs
Fauvette mélanocéphale	Sylvia melanocephala					environs
Gobemouche gris	Muscicapa striata					environs
Mésange bleue d'Afrique du Nord	Cyanistes teneriffae	Afr N				environs
Pie-grièche méridionale	Lanius excubitor					observé
Grand Corbeau	Corvus corax			Vu	CE	Éteint?
Moineau domestique	Passer domesticus					environs
Pinson des arbres	Fringilla coelebs					environs
Serin cini	Serinus serinus					environs
Verdier d'Europe	Carduelis chloris					environs
Chardonneret élégant	Carduelis carduelis					environs
Roselin githagine	Bucanetes githaginea					observé
Bruant striolé	Emberiza striolata					environs
Bruant proyer	Miliaria calandra					environs

Mammifères						
Espèce	Nom latin	Endémisme	Statut international	Statut national	Statut régional	Zone d'étude
Hérisson d'Algérie	<i>Atelerix algirus</i>		LR	LR		Environs
Hérisson du désert	<i>Hemiechinus aethiopicus</i>		LR	LR		Environs
Macroscléide de Rozet	<i>Elephantulus rozeti</i>	Mag	LR	LR	LR	Environs
Grand Rhinopome	<i>Rhinopoma microphyllum</i>		LR			
Petit Rhinopome	<i>Rhinopoma hardwickei</i>		LR			
Grand Rhinolophe fer à cheval	<i>Rhinolophus ferrumequinum</i>		NT			
Petit Rhinolophe fer à cheval	<i>Rhinolophus hipposideros</i>		Vu			
Rhinolophe euryale	<i>Rhinolophus euryale</i>		Vu			
Rhinolophe de Blasius	<i>Rhinolophus blasii</i>		NT			
Trident	<i>Asellia tridens</i>		LR			
Murin à moustaches	<i>Myotis mystacinus</i>		LR			
Petit Murin	<i>Myotis blythi</i>		LR			
Pipistrelle de Kuhl	<b>Pipistrellus kuhli</b>		LR			
Pipistrelle de Rüppell	<i>Pipistrellus ruepelli</i>					
Sérotine commune	<i>Eptesicus serotinus</i>					
Oreillard d'Hemprich	<i>Otonycteris hemprichi</i>		LR			
Oreillard gris	<i>Plecotus austriacus</i>					
Minioptère	<i>Miniopterus schreibersi</i>		NT			
Molosse de Cestoni	<i>Tadarida teniotis</i>		LR			
Molosse d'Egypte	<i>Tadarida aegyptiaca</i>					
Lièvre commun	<i>Lepus capensis</i>		LR	LR	LR	Environs
Ecureuil de Barbarie	<i>Atlantoxerus getulus</i>	Mag	LR	LR	LR	Environs
Gerbille champêtre	<i>Gerbillus campestris</i>		LR	LR	LR	Environs
Gerbille naine	<i>Gerbillus nanus</i>		LR	LR		Environs
Grande Gerbille d'Egypte	<i>Gerbillus pyramidum</i>					Environs
Rat à queue en massue	<i>Pachyuromys duprasi</i>		LR	LR		Environs
Mérione de Shaw	<i>Meriones shawi</i>		LR	LR	LR	Environs
Mérione du désert	<i>Meriones crassus</i>		LR	LR		Environs
Rat de sable diurne	<i>Psammomys obesus</i>			LR		Environs
Rat noir	<i>Rattus rattus</i>			LR		Environs
Souris domestique	<i>Mus musculus</i>			LR		Environs
Rat épineux	<i>Acomys cahirinus</i>					Environs
Lérot occidental	<i>Eliomys quercinus</i>					Environs
Petite Gerboise	<i>Jaculus jaculus</i>		LR	LR	LR	Environs
Porc-épic	<i>Hystrix cristata</i>		NT	En	CE	Eteint
Chacal doré	<i>Canis aureus</i>		LR	Vu	Vu	Éteint?
Renard roux	<i>Vulpes vulpes</i>		LR	LR	LR	observé1
Belette	<i>Mustela nivalis</i>		LR	LR	LR	environs
Genette	<i>Genetta genetta</i>		LR	LR	LR	environs
Hyène rayée	<i>Hyaena hyaena</i>		NT	CE	CE	éteint
Chat ganté	<i>Felis sivestris</i>			NT	NT	environs
Gazelle dorcas	<i>Gazella dorcas</i>		Vu	En	CE	éteint
Gazelle de Cuvier	<i>Gazella cuvieri</i>	Mag	En	En	CE	éteint

Annexe 2.4 – Données sur le barrage Mansour Ed Dahbi

Demande d'irrigation en Mm3

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
JANVIER	0	26,4	15,1	30,7	42	0	4,3	34,6	26,4	13,5	36,7	15,1	33,5
FÉVRIER	26,7	0	0	35,2	23	0	31,3	17,2	6,3	26,7	34,6	36,5	30
MARS	0	33,5	31,9	0	66,8	0	34,5	67	35,9	44,4	35,8	61,4	41
AVRIL	0	0,02	0	11,8	25,9	0	31,6	42,1	37,3	30,2	17,8	64,7	25,8
MAI	0	0	0	10,8	6,2	0	29,4	29,3	0	22,9	9,7	20,8	3
JUIN	0	0	0	10,6	0	4,4	0	16	0	2,6	32,4	0	28,1
JUILLET	25,9	14,9	24,7	11,3	22,4	40,1	38,1	10,7	26	13,5	15,1	16,2	13,5
AOÛT	14,4	0	0	25,5	35,8	40,1	0	30,7	9,1	27,5	29,4	33,5	34,3
SEPTEMBRE	0	0	0	0	25,9	34,7	27,7	0	0	0	0	32,4	0
OCTOBRE	0	0	0	32,6	8,6	47,2	6,8	33,3	11,3	0	0	0	0
NOVEMBRE	34,3	0	23,4	0,64	15,6	20,5	33,3	28	25,7	23,7	39,9	33,5	39,8
DÉCEMBRE	0	0	0,5	3,7	0	23,1	0	6,6	32,1	13,5	25,9	7,8	4,1
TOTAL	101,3	74,82	95,6	172,84	272,2	210,1	237	315,5	210,1	218,5	277,3	321,9	253,1

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
JANVIER	30,7	21,06	36	29,97	0	0	8,55	0	0	0	0	19,98	44,55
FÉVRIER	35,2	36,18	30,78	0	0	0	0	0	0	41,85	11,34	23,98	0,27
MARS	0	36,18	35,91	0	26,433	0	30,24	35,01	33,21	29,16	26,46	39,33	0
AVRIL	11,8	30,51	31,681	0	0	35,73	0	0	1,8	11,34	41,04	0	
MAI	10,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
JUIN	10,6	0	0	0	45	0	7,151	0	0	0	0	0	
JUILLET	11,3	37,26	13,44	23,13	0	0	39,04	45	0	49,95	13,5	37,82	
AOÛT	25,5	0	21,33	0	0	0	0	0	30,78	0	38,07	0	
SEPTEMBRE	0	0	0	0	0	30,915	0	0	4,23	0	0	0	
OCTOBRE	32,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
NOVEMBRE	0,64	39,69	37,8	0	24,3	0	13,5	11,34	0	22,14	19,98	45,1	
DÉCEMBRE	3,7	1,08	2,16	0	0	26,46	21,51	28,62	35,24	19,98	16,74	0	
TOTAL	172,84	201,96	209,101	53,1	95,733	93,105	119,991	119,97	105,26	174,42	167,13	166,21	0,27



Apport bassin en Mm3

	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997
JANVIER	14	9,8	21,1	44,5	40,3	102,6	21,4	22,7	13,6	25,1	8,3	40,6	31,7
FÉVRIER	8,7	5,2	13	121,6	121,6	67,8	22,8	65,1	21,6	44,5	5,8	129,1	29,2
MARS	9,8	10	21,1	292,9	292,9	298,3	70	165	47,8	171,7	8,8	172,7	24,4
AVRIL	10,9	3,8	4,8	33,1	33,1	104,7	74,1	46,6	29,3	60,7	171,3	91,1	64,9
MAI	37,6	2,3	4,2	22,3	42,3	93,4	22,8	39,9	12	25,9	19,7	34,3	26,6
JUIN	5,3	1,8	1,6	16,6	41,1	45,1	23,1	22,6	9,8	13,9	6,8	201,1	13,4
JUILLET	5,2	1,5	3	14,5	23,4	32	20,7	7,1	7,6	7,5	6,5	50,5	8,2
AOÛT	4,4	1,4	1,1	8,4	31,1	25	24	29,4	6,6	8,4	0,7	15,2	41,2
SEPTEMBRE	7,3	3,9	29,1	6,6	14,5	53,6	13,9	12,1	5,1	4,2	4	13	35,2
OCTOBRE	5,7	8,6	160,3	10,7	65,6	30	10,6	8,3	12,9	39,5	48,1	15,5	13,7
NOVEMBRE	42,8	2,4	168,2	321	75,9	19,2	7,8	7,4	56	23,8	4,4	10	7,1
DÉCEMBRE	4,4	3	66	52,1	511,4	21,9	119,9	11,3	30,2	5,6	18,2	26	8,6
TOTAL	156,1	53,7	493,5	944,3	1293,2	893,6	431,1	437,5	252,5	430,8	302,6	799,1	304,2

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
JANVIER	14,94	10,84	11,55	8,33	2,53	2,18	7,23	6,96	6,3	42,16	13,606	25,516	21,419
FÉVRIER	159,57	3,55	8,07	4,9	1,24	2,05	30,3	4,6	11,778	61,446	81,468	38,474	323,906
MARS	62,983	3,346	6,01	4,02	5,19	22,29	21,1	26,82	23,353	22,212	38,359	103,734	188,096
AVRIL	32,4	3,086	4,15	1,65	118,31	7,39	8,61	3,85	8,98	44,202	8,524	37,333	
MAI	13	6,285	5,66	1,65	15,21	2,4	33,65	1,86	7,64	13,71	7,68	17,114	
JUIN	16,029	4,199	6,24	2,03	9,14	2,01	17,54	41,19	3	8,41	4,59	83,962	
JUILLET	8,68	0,3	3,45	4,42	1,78	3,54	10,98	10,1	1,84	3,59	0,56	10,902	
AOÛT	9,24	28,883	1,8	16,05	2,23	26,53	6,97	4,743	2,096	10,24	11,062	3,943	
SEPTEMBRE	13,616	17,211	3,32	1,36	1,86	18,25	1,8	1,95	20,69	8,78	88,004	65,237	
OCTOBRE	5,8	197,919	3,51	1,05	0,75	67,25	2,67	12,69	107,68	13,69	64,761	9,5	
NOVEMBRE	2,88	22,035	8,87	0,17	3,345	6,104	16,134	6,118	63,98	5,372	42,023	6,044	
DÉCEMBRE	5,24	20,68	4,01	8,8	15,83	16,445	9,752	9,147	59,779	3,659	21,178	43,042	
TOTAL	344,378	318,334	66,64	54,43	177,415	176,439	166,736	130,028	317,116	237,471	381,815	444,801	512,002

RETENUE DU BARRAGE / RESERVE TOTALE A FIN DU MOIS en Mm3

	1992 *	1993 *	1994 *	1995 *	1996 *	1997 *
JANVIER	450,75	386	357,2	432,6	418,6	423,946
FÉVRIER	494,178	398,3	371,06	399,9	506,69	419,056
MARS	519,31	403,8	491,4	368,1	539	394,871
AVRIL	514,12	386,4	510,8	508,503	522,1	425,996
MAI	512,7	387,1	499,2	506,1	518,8	437,197
JUIN	504,77	383,3	497,84	468,1	535,11	408,611
JUILLET	479,689	350,5	479,7	446	512,7	388,33
AOÛT	463,75	334,2	449,4	409	467,2	384,9
SEPTEMBRE	458,9	329,881	443,9	404,2	437,6	411,4
OCTOBRE	425,17	324,8	477,4	446,4	445,2	417,841
NOVEMBRE	392	352,7	473,8	406,6	415,015	379,61
DÉCEMBRE	401,1	348,4	463,7	396,42	429,292	379,9
MOYENNE ANNU	468,036	365,448	459,617	432,660	478,942	405,972

\* Réserve totale corespon Bareme côte volume 1988

\*\* Réserve totale corespor Bareme côte volume 1998

	1998 *	1999 **	2000 **	2001 **	2002 **	2003 **	2004 **	2005 **	2006 **	2007 **	2008 **	2009 **	2010 **
JANVIER	357,281	325,859	351,246	88,014	79,601	120,61	164,909	171,633	135,991	339,602	280,558	404,402	369,369
FÉVRIER	505,708	289,099	324,195	91,186	79,601	120,908	193,321	174,304	146,084	355,148	347,113	402,101	441,653
MARS	503,85	252,153	288,793	92,381	56,5	140,636	180,729	163,26	132,842	340,853	352,173	433,501	436,371
AVRIL	507,57	216,729	253,662	90,475	170,877	108,787	185,315	162,713	136,308	365,456	311,326	418,364	
MAI	478,794	212,469	250,32	88,363	180,729	103,55	213,962	159,278	139,343	368,065	308,584	422,599	
JUIN	457,653	208,018	247,558	85,713	139,021	105,19	217,664	194,577	137,261	363,728	301,988	436,371	
JUILLET	423,946	162,358	226,189	62,5	135,197	104,534	182,712	153,092	133,938	305,08	277,654	377,276	
AOÛT	398,369	184,527	197,658	75,147	132,686	126,967	183,709	152,396	100,159	304,303	242,622	368,932	
SEPTEMBRE	400,715	194,603	192,973	73,09	130,663	110,972	180,729	149,98	113,346	303,529	324,478	406,259	
OCTOBRE	398,369	387,948	191,583	71,573	128,349	175,844	179,544	159,457	217,895	310,54	383,056	401,181	
NOVEMBRE	350,541	365,674	110,833	70,173	105,322	179,544	179,938	151,874	278,74	289,073	401,181	356,85	
DÉCEMBRE	339,062	378,494	111,385	78,097	120,012	167,686	166,57	131,129	300,447	269,88	402,101	396,603	
MOYENNE ANNU	426,822	264,828	228,866	80,559	121,547	130,436	185,759	160,308	164,363	326,271	327,736	402,037	415,798

\* Réserve totale correspondante : Bareme côte volume 1988

\*\* Réserve totale correspondante : Bareme côte volume 1998

## **Annexe 3 – Note relative à la procédure d'acquisition du foncier du Complexe d'énergie solaire d'Ouarzazate**

## 1. Situation du Terrain

Le complexe d'énergie solaire d'Ouarzazate est situé sur un terrain rural de parcours d'approximativement 2 500 ha, à 10km au Nord-Est d'Ouarzazate (ci-après le « Terrain »).

Le Terrain est une parcelle du terrain de nature collective, d'une superficie totale de 64 000 ha, appartenant à la collectivité d'Ait Oukrou Toundout.

L'ensemble du terrain de cette collectivité a fait l'objet d'une délimitation administrative (DA 382), physique (à travers un bornage) et juridique (suite à une enquête publique) conformément aux dispositions du Dahir du 18 février 1924 portant règlement spécial pour la délimitation des terres collectives.

Cette délimitation a fait l'objet d'une homologation par arrêté ministériel n° 2-03-113 en date du 20/04/2006 publié au « Bulletin Officiel » n° 5419, en date du 08/05/2006 fixant de manière irrévocable la consistance matérielle (délimitation du terrain) et l'état juridique de l'immeuble délimité (droit de propriété du terrain).

## 2. Régime foncier du Terrain

Le Terrain étant une terre collective appartenant à une collectivité, celle d'Ait Oukrou Toundout, il est placé sous la tutelle du Ministère de l'Intérieur.

Cela étant, pour toute cession, le conseil de tutelle de ladite collectivité, présidé par le Ministère de l'Intérieur, et composé du Ministère de l'Agriculture et des Forêts, des Directeurs des Affaires Politiques et des Affaires Administratives du Ministère de l'Intérieur et de deux membres désignés par le Ministère de l'Intérieur doit être saisi.

Le Terrain, de par sa nature de terre collective, est imprescriptible, inaliénable et insaisissable conformément aux dispositions de l'article 4 du Dahir du 27 avril 1919 organisant la tutelle administrative des collectivités ethniques et réglementant la gestion et l'aliénation des biens collectifs, modifié et complété à plusieurs reprises.

Cependant, par dérogation à ce principe d'inaliénabilité, l'Etat, les établissements publics et les communes peuvent acquérir un terrain collectif conformément aux dispositions de l'article 11 du Dahir du 27 avril 1919 précité.

## 3. Processus de cession

Le schéma de cession envisagé pour le Terrain fait usage de la dérogation précitée et implique les étapes suivantes :

### a) Détermination du prix de cession du Terrain par une commission d'expertise

Le prix de la transaction doit être fixé, conformément à l'article 6 du Dahir du 27 avril 1919, par une commission d'expertise composée des membres suivants : (i) le pacha ou caïd, président, (ii) un représentant local du ministère des finances , (iii) deux représentants locaux du ministère de l'agriculture du commerce et des forêts, et (iv) un représentant local du ministère des travaux publics.

Le conseil de tutelle de la collectivité statuera sur l'utilisation à faire, au profit de la collectivité d'Ait Oukrou Toundout, des fonds provenant de la cession du Terrain.

### b) Obtention des autorisations requises

- Accord par écrit de la collectivité d'Ait Oukrou Toundout sur le principe et les conditions d'aliénation du Terrain ; et
- Autorisation du conseil de tutelle de la terre collective dont le Terrain fait partie après (i) analyse des risques et pertes de toute nature ainsi que des bénéfices qui pourront en résulter pour la collectivité intéressée et (ii) vérification que cette dernière possède suffisamment de terres pour que la cession envisagée n'impacte pas son développement.

### c) Signature des actes notariés relatifs à la cession du Terrain

MASEN étant une société anonyme et ne pouvant, par conséquent, pas acquérir directement le Terrain, l'acquisition du Terrain se fait en deux temps par-devant un notaire :

- Acquisition du Terrain par l'Office National de l'Electricité (ci-après « ONE »), établissement public, auprès de la collectivité d'Ait Oukrou Toundout, sous réserve d'élire command ; et
- Déclaration de commande entre l'ONE et Moroccan Agency for Solar Energy (ci-après « MASEN ») établie le jour même de l'acquisition du Terrain précitée, au titre de laquelle l'ONE reconnaît avoir acquis le Terrain pour le compte de MASEN et que cette dernière s'est acquittée entre les mains du notaire de l'intégralité du prix d'acquisition du Terrain et de ses accessoires.

Cette faculté « d'élire command » est expressément prévue par le code général des impôts marocain et permet de ne pas payer doublement les droits d'enregistrement et de mutation afférents (de la collectivité à l'ONE et de l'ONE à MASEN)



**d) Sécurisation du foncier**

MASEN étant une société anonyme et conformément à la réglementation marocaine en vigueur, elle doit justifier de la vocation non agricole du Terrain afin de pouvoir initier les formalités relatives à l'immatriculation foncière de ce dernier.

Une fois cette vocation non agricole établie, l'immatriculation foncière du Terrain sera prononcée après récolement du bornage et levée du plan foncier de l'immeuble par le service de la conservation foncière d'Ouarzazate.

**4. Etat d'avancement de l'acquisition**

Le prix d'acquisition du Terrain a été fixé par la commission d'expertise le 18 janvier 2010 à 25 000 000 dirhams (sur la base d'un prix de 10 000 dirhams par hectare).

La collectivité d'Ait Oukrouir Toundout et son conseil de tutelle ont donné leur accord, respectivement les 14 janvier et 20 mai 2010, sur la cession du Terrain à MASEN conformément aux modalités de cession exposées ci-dessus et au prix qui a été fixé par la commission d'expertise.

L'ensemble des autorisations et des pré-requis précités ayant été obtenus, l'acquisition du Terrain a été finalisée le 18 octobre 2010 dans le cadre d'une cession de gré à gré, réservant la faculté d'élire command, entre d'une part, la collectivité d'Ait Oukrouir Toundout en qualité de vendeur et d'autre part, l'ONE en qualité d'acquéreur. Cette cession a été suivie de la déclaration de command précitée entre l'ONE et MASEN.

L'attestation de vocation non agricole du Terrain a été obtenue en date du 22/10/2010 auprès de l'autorité territoriale compétente habilitée à délivrer cette attestation et les opérations de récolement du bornage et de levé du plan foncier du Terrain sont réalisées par le service du cadastre d'Ouarzazate afin d'être à même procéder à l'immatriculation foncière du Terrain.

**5. Conclusion**

A l'issue du processus de cession volontaire précité, MASEN détiendra le Terrain en pleine propriété, ce dernier ayant désormais le statut de propriété privée. MASEN pourra librement le scinder en parcelles et décider de la mise à disposition d'une ou de plusieurs parcelles aux sociétés de projet en charge des différentes phases du programme solaire intégré d'Ouarzazate.

**Annexe 1**  
**Coordonnées et plan de situation du Terrain**

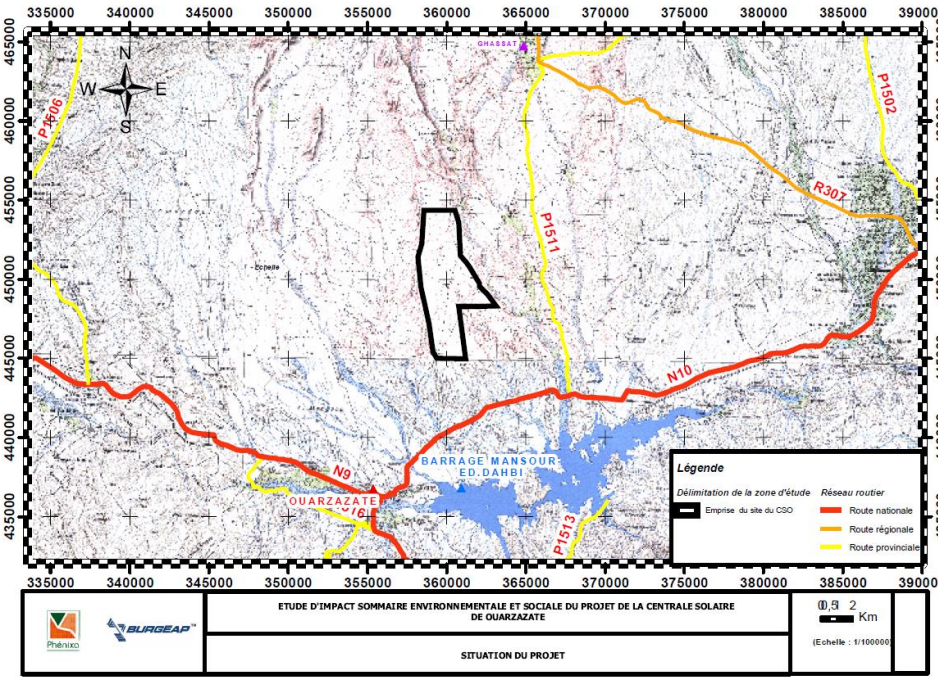
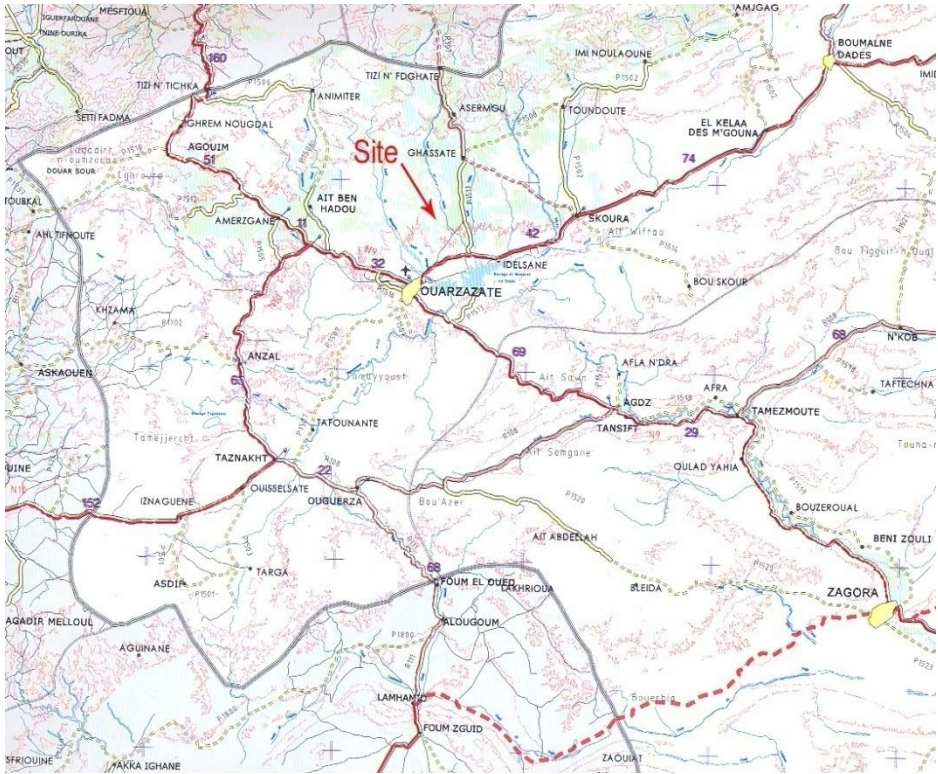
**1. Coordonnées Lambert du site d'Ouarzazate:**

<i><b>Matricule</b></i>	<i><b>Abscisse</b></i>	<i><b>Ordonnée</b></i>
B.1	358489.49	55384.58
B.2	360461.39	55381.55
B.3	360701.67	54631.76
B.4	360817.46	52509.34
B.5	361177.19	52082.24
B.6	361380.80	51797.50
B.7	361938.09	50859.59
B.8	361992.39	50757.90
B.9	361988.48	50563.80
B.10	362497.84	50050.53
B.11	363053.30	49313.08
B.12	360704.99	49312.28
B.13	361130.05	45986.79
B.14	359305.34	46016.45
B.15	359072.62	46427.36
B.16	358812.52	48180.55
B.17	358306.01	50522.71
B.18	8122.06	52427.83
B.19	358360.77	53275.77

**2. Coordonnées Géographiques :**

Centroïde :      Longitude : 6° 52'30'' Ouest      Latitude : 31° 03' Nord.

**3. Plan de situation du site d'Ouarzazate :**



# Annexe 4 : Compte-rendu d'entretien avec les représentants de la collectivité ethnique des Aït Ougrour.

Date : le vendredi 24 décembre 2010

Lieu : siège de la Commune de Ghessate

Représentants de la collectivité ethnique ayant participé à l'entretien :

- Zerki Mohammed représentant de Zaouiat Tidghresst
- Azatouri Mohammed représentant de Izerki (y compris Tasselmant)
- Tiken Youssef, représentant des Aït Athmane ou Youssef et Aït Ouaraab

---

## 1. La collectivité ethnique des Aït Ougrour

Les populations qui composent la communauté locale des Aït Ougrour vivent sur un territoire étendu qui comporte imine Ouacif, Assagmou, Aït Athmane/Aït Ouaraab ; Ghessat ; Izerki ; Tiflit ; Timatdit et Tidghresst.

La vallée d'Izerki qui comprend les douars de Tasselmant, Oum Romane (Izerghi bas), Sour, Agdim et Izenaghen (Izergui haut) est représentée par un Na'ib M. Mohamed Azatouri.

Tidghsst, est composée de trois douars, ayant chacun son Na'ib : Ighram Amallal (M. Boussaid Hassan), Zaouiat Tidghresst (Mohamed Zerki) et Tafarghoust (Mohammed Aït Nasser Ou Ichou).

## 2. Appartenance du terrain acquis pour le projet

Ce sont en premier lieu Izerki et ensuite Tidghresst, qui sont géographiquement les plus proches du site du projet d'énergie solaire et c'est à eux qu'appartenait le terrain acquis par MASEN (80% Izerki).

## 3. La signature de l'accord de vente du terrain pour implanter le projet à MASEN

Cinq représentants des composantes de la communauté locale les plus proches du site identifié pour l'implantation du projet ont été invités par les autorités locales à donner leur accord par signature pour la vente du terrain appartenant à la collectivité ethnique qu'ils représentent : ceux de Izerki, de Tidghresst et de Timatdit. Les représentants de Izerki, de Tafarghoust et de Zaouit Izerki (3) ont signé.

Certains représentants regrettent de ne pas avoir disposé de suffisamment d'informations sur le projet et ont montré une certaine amertume mais liée à des expériences

antérieures qui les ont marqués et les ont rendus sensibles aux questions ayant trait aux terres.

Cela étant, un accueil positif a été accordé à ce projet d'envergure nationale.

## 4. Les attentes vis-à-vis du projet

Représentant une population avec peu de moyens et en partie enclavée, les représentants de la communauté locale nourrissent à l'égard du projet de fortes attentes qui se focalisent dans deux domaines : l'emploi, l'équipement et les infrastructures.

Ils espèrent que le projet apporte du travail aux jeunes chômeurs des localités qui l'entourent, qu'il enclenche une dynamique de développement économique dans la région et qu'il soit l'occasion de désenclaver les douars qui ne le sont pas encore.

## 5. Les propositions de projets à financer par le produit de la vente du terrain recueillies par la consultation organisée par la Province fin novembre 2010

Les représentants de la communauté locale expriment un avis globalement positif à l'égard de la démarche poursuivie par la Province pour recueillir des propositions de projet à financer par le produit de la vente du terrain. Même s'ils considèrent que l'opération a été assez rapide dans certains douars, elle a permis néanmoins à leurs yeux de faire ressortir les besoins effectifs de l'ensemble des populations qui composent la collectivité.

## **ANNEXES 5 : Traduction en anglais du résumé**





## OUARZAZATE SOLAR COMPLEX

Morocco

Framework Environnemental and Social Impact Assessment

Executive Summary

April 2011



## Preamble

This study concerns the Ouarzazate solar complex project. With a capacity of 500 MW and an estimated output of 1,150 GWh / year (in case solar thermal technology is used), this project is the first in a series of five solar power plants that will total 2,000 MW by 2020.

To this end, an area of 2500 ha was selected on the *Tamzaghten Izerki* site belonging to the ethnic community *Ait Oukroun Toundout*, located in the Ghessat rural district. The site is located about 10 km from Ouarzazate on the national road going towards Errachidia.

The first phase will be conducted by the company or consortium chosen through an international tender to be launched in the second quarter of 2011.

This study is an environmental impact assessment framework study to be supplemented by a specific environmental and social assessment which will take into account the specificities of the plant and related facilities. This "specific" study will also meet the requirements of international financial institutions.

## 8.1 Project Rationale

This project will:

- Reduce energy dependence of the Kingdom (Morocco currently has a strong dependency on oil for its energy needs – 95%),

- Value a national resource: Morocco has a very high sunlight rate, and the project will allow to ensure that the solar resource valuation will be controlled at the national level and thus to make the population benefit from the economic fallout,
- Create a long term competitive advantage in the energy sector,
- Reduce greenhouse gas emissions: the Moroccan Solar Plan will prevent the emission of 3.7 million tons of CO<sub>2</sub>.

The site of Ghessat was selected for the following reasons:

- With a DNI (Direct Normal Irradiation) of about 2,420 kWh/m<sup>2</sup>/year, the site of Ouarzazate enjoys one of the most important sunlight levels in the world.
- A track north of the P32 national road leads directly to the site (4 km).
- The site is located near the *Eddahbi Mansour* dam (4 km) with a storage capacity of 439 hm<sup>3</sup>.
- The area's topography, soil quality, and low seismic risk will promote the development of the solar complex.
- The development of a solar complex at the site of *Tamzaghten Izerki* will only generate very low resource-usage conflict levels as the site is a pastoral land with low fodder resources. No displacement of population or economic activity is expected.
- The site is located away from major populated areas.
- The site is located outside any protected natural area or tourism, and no significant co-visibility is expected.









8.2 The variants of the project

Photovoltaics (PV) and Concentrating Solar Power (CSP) are two fundamentally different types of technologies.



Table 1 shows their major differences, while Table 2 lists their main overall advantages and disadvantages.

Table 51: The major differences between PV and CSP

Photovoltaics (PV)	Concentrated Solar Power (CSP)
	
<p>Photovoltaic technologies directly exploit photons' energy and their ability to cause, in some environments, a potential difference used to generate an electrical current.</p> <p>Solar energy is directly converted into electricity by semiconductor materials like silicon, covered with a thin metal layer.</p>	<p>Solar radiation is concentrated by mirrors onto a focal spot where a heat transfer fluid flows.</p> <p>The collected heat produces steam, which is then converted into electricity through a turbine generator.</p>
<p>Captures not only direct solar radiation from the sun, but also diffuse skylight (preferable in temperate regions)</p>	<p>Only captures direct radiation (abundant in strong sunlight areas as the deserts of the Mediterranean sun belt)</p>
<p>Photovoltaic panels already being manufactured in factories with high capacity, the price of an installation is almost proportional to its size.</p>	<p>By concentrating solar, solar field is the only components with a cost proportional to its size, the engine room benefits from a strong size effect, as in conventional power plants. CSP is rather intended for high power plants.</p>
<p>PV requires very little operating personnel.</p>	<p>Significant need for operating staff, like any thermal power plant. Again, CSP is intended for facilities with substantial power.</p>



**Table 52 : Comparison of the main advantages and inconveniences of PV and CSP**

	PV	CSP
<b>ADVANTAGES</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energy directly produced is electricity: <ul style="list-style-type: none"> <li>- no need for heat conversion system, necessarily complex, which leads to technological risks and important financial costs,</li> <li>- no need for work fluid(s).</li> </ul> </li> <li>• Fast setup, low setup periods</li> <li>• Very limited maintenance needs,</li> <li>• Minimal water consumption for operations,</li> <li>• Panel production costs rapidly decrease due to the currently observed mass production and in particular since the last 2 years</li> <li>• Proven technology: several GW currently in operation worldwide,</li> <li>• Panels produce electricity even in the presence of cloud cover.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ability to store energy directly recovered thermal storage in molten salt for example, allowing production of electricity day and night,</li> <li>• Prospects for local manufacturing of equipment: simple and traditional technologies of construction processes, and already partially available in Morocco,</li> <li>• Significant labor need during construction and during operation,</li> <li>• Development of a local economy through indirect jobs (accommodation, catering, ...)</li> <li>• Ability to involve other energy sources other than the sun to power turbines (eg gas),</li> <li>• Simple recycling of facilities after dismantling.</li> </ul>
<b>INCONVENIENCES</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Storage is only feasible with batteries, with very limited possibilities (with energy loss over time),</li> <li>• Performance generally decreases with increasing temperature (but technological advances in progress),</li> <li>• Production is more energy intensive than CSP: worse carbon footprint,</li> <li>• Toxicity of used PV panels,</li> <li>• Complex recycling with high energy consumption,</li> <li>• Maintenance requirements being very limited, PV power plants have a low job creation potential for the operation phase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• High cost of required investments (related to the turbine and all related facilities), but can be balanced on large scale plants,</li> <li>• Construction is complex, and involves several different technologies and components,</li> <li>• Technical risk: some technologies are still in R&amp;D phase and are still very poorly developed (the largest CSP currently in operation has a 90 MW capacity),</li> <li>• Electricity production only feasible with clear and cloudless weather,</li> <li>• Need for cooling the heat conversion, wet cooling is highly water-intensive,</li> <li>• Need for fossil fuel supply for maintaining the heat transfer fluid at the correct temperature,</li> <li>• Depending on the CSP technology, there may be risks of fire or explosion due to the presence of gas, high pressure steam and high temperature synthetic oil, there may also be risks of soil pollution (use of synthetic oil), and important water releases (in the case of wet cooling).</li> </ul>

8.2.1 PV

8.2.1.1 General Principles

Photovoltaics can recover and convert sunlight directly into electricity with photovoltaic panels. Direct conversion of solar energy into electricity is done through a semiconductor material.

The photovoltaic cell is an electronic component which is the basis of the production facilities. It operates with the principle of the photoelectric effect. Several cells are connected together to form what is called a PV solar module. Subsequently, several modules are combined to form a solar system. This facility produces electricity that can be locally consumed or fed into the distribution network.

The power of a solar PV plant is proportional to the area of modules installed.

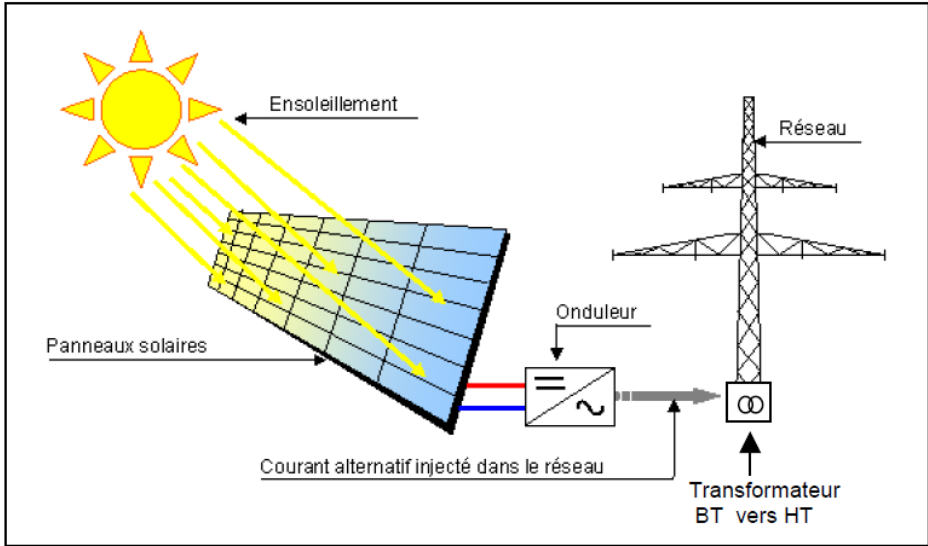


Figure 63 : PV installation diagram

The main characteristics of PV plants are:

- High reliability, no moving parts (except on trackers systems, however movement is still very slow),
- Quiet system,
- Low maintenance, low operating cost,
- Electricity production only during the day,
- Storage of electricity is difficult (high costs, losses over time), but possible today for moderate capacities.

Among the various types of existing PV cells, it is possible to distinguish two main groups: crystalline silicon and thin films.

8.2.1.2 Concentrating PV (CPV)

Concentrating PV (CPV) is based on a simple principle: sunlight is concentrated several hundred times by an optical device (parabolic mirror or Fresnel lens) before reaching the photovoltaic cell. Thanks to the concentration, the cell surface used is much lower and thus the amount of semiconductor material, the most expensive component of a solar module, is reduced.

The yield of a CPV module is significantly higher than other technologies. At equal capacity, a CPV plant requires less space than a conventional PV plant.

8.2.1.3 The two PV variants

In addition to the different cell technologies, two types of PV plants exist: fixed PV plants and PV plants with tracker systems: 1 axis, 2 axis or "solar trackers" (to follow the path of the sun). These can help increase the plant's output by more than 40% compared to traditional PV plants.

Table 53 : Comparison of fixed / tracker PV plants

No tracker (fixed)	With tracker
Lower costs both in production and operation (less maintenance)  The operation of these panels does not require energy, in contrast to trackers for which a motor is needed for the panels (with a low consumption)	Higher yield of 30% (especially for 2-axis trackers)
Lower soil waterproofing (generally panels secured with stakes, while trackers generally require concrete bases)	Less important continuous panel surface (easier stormwater runoff)
Lower panels height, and therefore a smaller impact on the landscape	Higher panel height, and therefore larger land use
Most commonly used technology	Technology rather used in very sunny to offset production costs
Easy setup and dismantling of the panels	More adaptable to landscape differences

In the impact part of the study, we will establish a comparison between the technologies (with and without tracker), without differentiating cell types. Thus, the CPV will be integrated in the "with tracker" variant.

8.2.2 CSP

Two CSP technologies were selected for the Ouarzazate project: parabolic trough and power tower.

- **Parabolic trough:** the structure uses curved mirrors to concentrate sunlight onto a tube filled with a fluid. A liquid collecting thermal energy and transfers it to "factory block" (*bloc usine*) where it is converted into steam and then electricity through a turbine.
- **Solar Power Tower:** a tower supporting a sensor with a field equipped by hundreds of heliostats mirrors following the sun. As for parabolic trough, a liquid transports energy to the power plant.

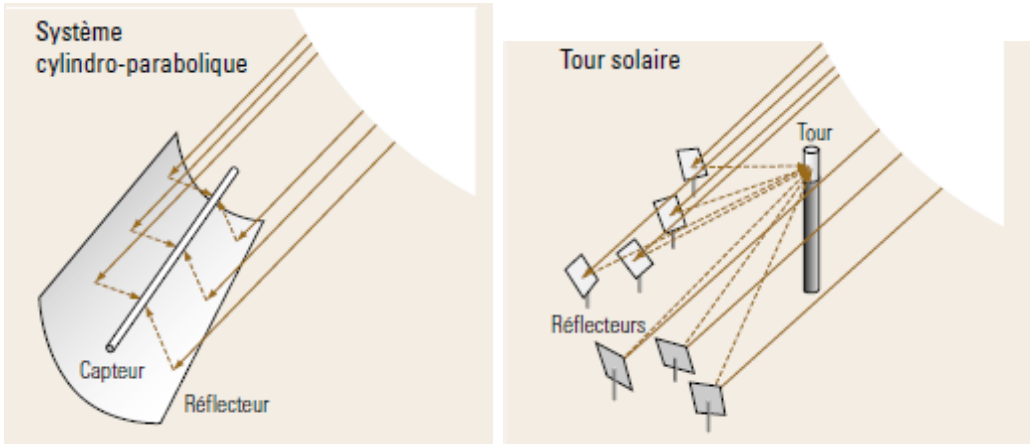
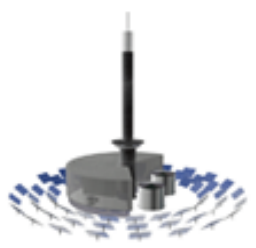



Figure 64 : Operation patterns of the two selected CSP technologies

Source : WorldWatch Institute

Table 54 : Advantages and inconveniences of trough and tower CSP technologies

	Solar Power Tower « Tower »	Parabolic Trough « Trough »
		
ADVANTAGES	<ul style="list-style-type: none"><li>• Storage at high temperature</li><li>• Lower losses compared to linear collectors (limited exposed surface)</li><li>• Commercially proven technology : 30 MW currently in production (excluding projects under construction)</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Most proven technology : commercial production since the 80s, more than 400 MW currently in operation (excluding plants under construction)</li><li>• Modularity</li></ul>
INCONVENIENCES	<ul style="list-style-type: none"><li>• Landscape impact of towers (up to 150 m today)</li><li>• Use of molten salt (binary or ternary mixtures of nitrate or nitrite) as heat transfer fluid: solid at ambient temperature and freezes at approximately 200°C, they require an initial melting and temperature maintenance throughout the life of the plant. Moreover, their classification as non-hazardous may be doubted.</li><li>• Impact of a landscape tour of several tens of meters high (up to 150 m at present)</li><li>• Use of molten salts (binary or ternary mixtures of nitrate or nitrite) as a transfer medium: solid at room temperature and freezing at about 200 ° C, they require an initial melting and temperature maintenance throughout the life of the plant. Moreover, their classification as non-hazardous may be doubted.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Highest LEC (Levelized Electricity Cost) of all CSP technologies: cost linked to the shape of the glass and to the structure equipped with ends ensuring compatibility between the unequal thermal expansion of steel and glass.</li><li>• Important mechanical constraints due to wind<sup>24</sup></li><li>• Use of oil as heat transfer fluid (environmental and safety risks due to their flammability and toxicity, and limitation of working temperature to about 400°C, inducing a lower quality of steam).</li></ul>

<sup>24</sup> For example, the Andasol plant in Spain is operating normally until wind speed reaches 13,6 m/s (environ 49 km/h). Production must be stopped for speeds above 20 m/s (environ 72 km/h).

### 8.3 Equipments and related utilities

#### 8.3.1 Thermal storage

The value of CSP systems increases if a thermal storage attached to them, which allows to adapt power generation closer to demand peaks, i.e. in late afternoon. The concept is simple: use energy to heat a product (eg. Molten salts) during the day, then recover the heat energy to continue to operate the generators after sunset.

The storage will be using molten salts. The molten salts are a mixture of 60% sodium nitrate (NaNO<sub>3</sub>) and 40% potassium nitrate (KNO<sub>3</sub>).

Between 32 000 and 48 000 tons of KNO<sub>3</sub> will be needed, and between 48 000 and 72 000 tons of NaNO<sub>3</sub>.

#### 8.3.2 Synthetic oil

**In the case of the choice of technology parabolic trough power plants, the heat transfer fluid to be used will be synthetic oil.** A volume of 4200 m<sup>3</sup> is necessary for a plant of 125 MW (data MASEN) or 16 800 m<sup>3</sup> for 500 MW. Synthetic oil can reach high temperatures (400 °C), it solidifies at about 12 °C. Its viscosity is important at room temperature and limits infiltration effects. Leaks at the time of circuit loading and at the level of operating duct connections are sources of soil pollution.

#### 8.3.3 Fossil fuel needs

The energy input from fossil fuels is needed for the following reasons:

- To maintain the heat/work conversion system, including the turbine, which must run continuously when solar resources are insufficient and thermal storage is empty (indeed, for economic reasons, no storage system above 8h could be constructed).
- To keep the molten salt at high temperature to keep it liquid (solidification at 110°C).
- To keep oil temperature above the minimum working temperature (8 °C for synthetic oil) and to power pumps at night to ensure oil flow in the circuits.

For the Ouarzazate plant, the needs in terms of auxiliary fuel were estimated at about 16 T/day of gas-oil for a 500 MW capacity. 50 ppm gas-oil is recommended. The gas option is also open for developers.

#### 8.3.4 Water needs

In the case of a photovoltaic park, no need for cooling is necessary. However, it is the case with other solar plants. Due to thermodynamic constraints, only part of the heat energy can be converted into electricity, the largest share must be released into the environment through a cooling process. This can be done either by air cooled condensers (dry cooling) or cooling towers, highly water-consuming (wet cooling).

In addition, water consumption can hardly be used in closed circuit, because of the need to cool it significantly (negative cost and energy balance).

The dry cooling technology available today leads to a higher cost per kWh (the fans used for cooling system consume a portion of electricity generation plant).

Water consumption increases with the duration of energy storage. **In the case of wet cooling, water consumption will vary between 4.48 and 5.68 million m<sup>3</sup> annually. It will be much less in the case of a dry cooling: between 0.73 and 0.88 million m<sup>3</sup>.**

**PV technologies require only water for cleaning solar panels. They consume about 200 times less water than a solar thermal technology to wet cooling and 40 times less water than dry cooling.**

**In operation phase, the water needs of the solar complex will be provided via a water supply pipe from the town of Ouarzazate. The initial source of supply is the Mansour Eddabhi dam (located 4 km from the project). No drilling or underground water supply will be established. During the construction phase, water needs will be provided by a direct supply from the dam, whose technical details are being studied.**

For security reasons related to the cooling system, please note that a water storage facility will be expected in the site.

#### 8.3.5 Electrical connection

The evacuation of the power generated by the plant will be performed on the 225/60 KV Ouarzazate substation which is near the complex (4 km), as well as other substations scheduled before the commissioning date of the complex, i.e. 2015.

Furthermore, we can note that a 60 kV line currently crosses the site. The latter may eventually be moved for the project.

#### 8.3.6 Other infrastructure and civil engineering

The site will consist of various buildings and structures whose nature can vary depending on the technologies used:

- Temporary buildings for residential use for the workers during construction. The workers can also be housed off site in nearby villages or in the city of Ouarzazate,
- Permanent buildings for administrative and technical use,
- Civil engineering works to accommodate the engine blocks (turbines),
- Civil Engineering works for receiving the engine block,
- Stabilization and protection works,
- Drainage works and stormwater drainage,
- Roads within the site,
- Moving the access road to Douar Tasselmente (about ten kilometers),
- Establishment of Telecommunications networks.

### 8.4 Projet investment and planning

The amount of project investment is estimated at 28 billion dirhams. The project will be realized through an international competitive tendering process. A project company project will be incorporated.

A tender for a first tranche of 125 MW will be launched during the second quarter of 2011 for commissioning in 2014. Other tenders will follow, and the capacity of 500 MW will be commissioned in early 2015.



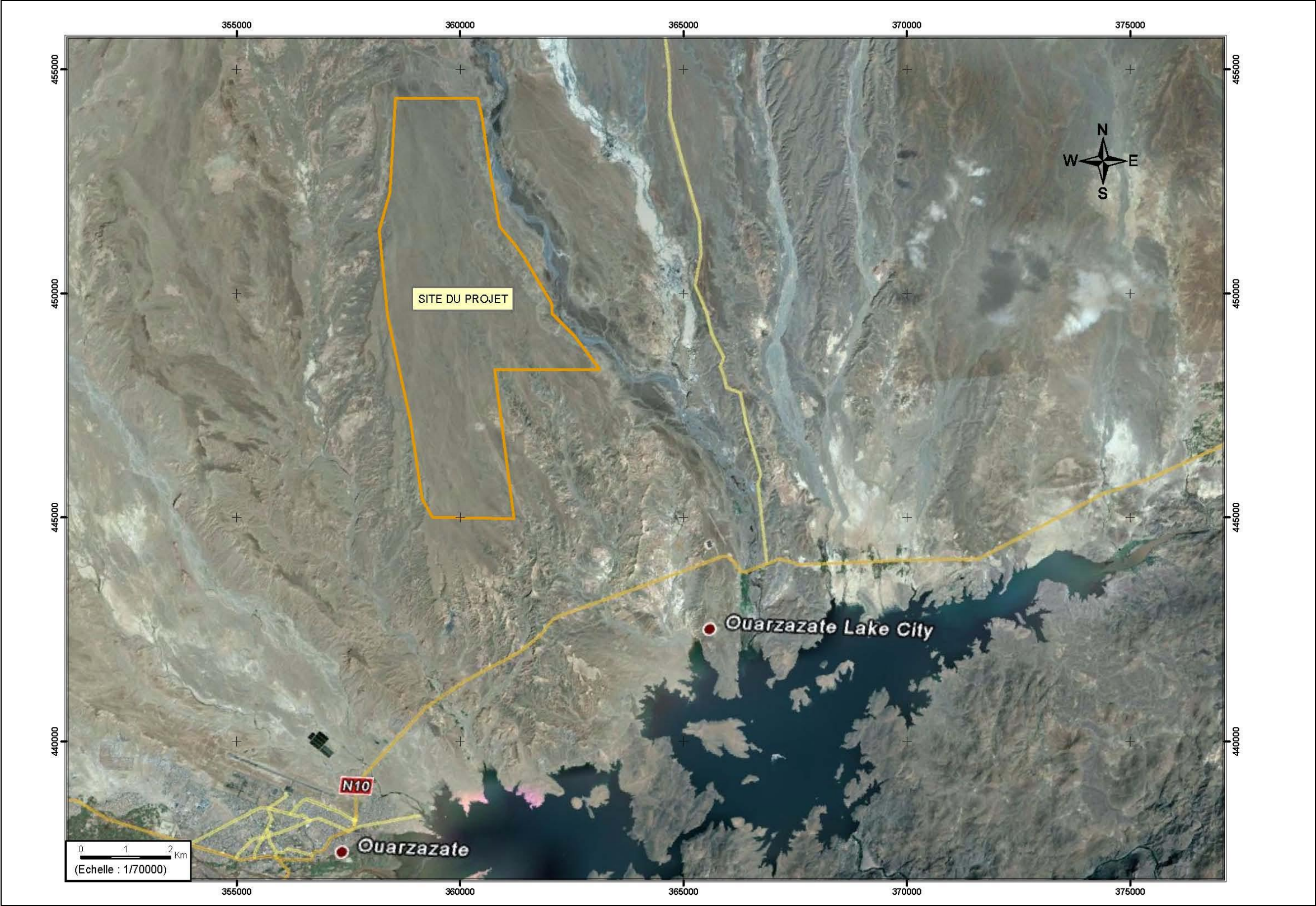


Figure 65 : Aerial view of study zone

## 8.5 Environmental baseline

The main characteristics of the physical environment of the project's site, as well as their compatibility with the project, are listed in the table below.

Very high stakes	Moderate stakes
High stakes	Low stakes

### 8.5.1 Physical environment

**Table 55 : General synthesis of the baseline – physical environment**

Theme	Distant perimeter characteristics	Nearby perimeter characteristics	Stakes level		Compatibility with the Project
			Distant area	Nearby area	
<b>Topography</b>	<p>This is an area of flat plateaus fragmented by erosion, with altitudes fluctuating within a range of values ranging from 1100m to 1450m. Their elevation above the oueds valleys that cut into them is in the order of tens of meters.</p> <p>These plateaus are cut by the beds of rivers drawing green valleys locally. The edges of these plates are fragile with frequent landslides.</p>	<p>The perimeter near the project site consists of a slope area furrowed by erosion.</p> <p>In the North East and South East sides of the project site, clayey boulders are tipped out on cliffs of ten meters.</p>	Low	Low	<p>The flatness of the landscape is in favor for low possibilities of distant vision.</p> <p>The stakes related to the visibility of the site will depend on the chosen technology (eg CSP towers that can reach 150m).</p>
<b>Climatology</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- The climate of the area is arid</li> <li>- The average inter-annual temperature is around 20°C and the variation coefficient of monthly mean temperatures is 7%.</li> <li>- Two wet periods respectively span from mid-September to late December and from January to late March. These two periods alternate with a dry climatic episode stretching from April until mid-September.</li> <li>- Average interannual sunshine duration is 288 hours.</li> <li>- Prevailing winds blow from West to North West with speeds of 2 to 4 m/s</li> </ul>		Low		Exceptional sunshine (one of the highest worldwide), very favorable for such a project.
<b>Geology</b>	<p>The fragmented plateaus correspond to Cretaceous and Eocene lands submerged under a tertiary and quaternary detrital complex.</p> <p>Along the valleys of rivers dominant geological formations in the outcrop correspond to recent alluvial deposits, topped with silt.</p>	<p>The support plate of the site corresponds to Cretaceous and Eocene lands submerged under a tertiary and quaternary detrital complex.</p> <p>Along the eastern edge of the site, the flushing geological section of about 10m in height shows from top to bottom:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sandy – clayey silt;</li> <li>- Conglomerates with red-brown clayey cements with elements of sandstone.</li> <li>- Pasty red / brown calcareous clay.</li> </ul>	Low	Low	Compatible geological nature, subject to consideration of the results of the geotechnical study.
<b>Groundwater</b>	Brackish alluvial groundwater of low productivity can be found below the valleys.	The site's support plateau is hydrogeologically sterile. Below the valley of Oued Izerki, at the Douar Tasselmant circulates an alluvial brackish groundwater of low productivity	Aucun	Low	The local hydrogeological conditions described are not sensitive vis-à-vis the project, whatever the chosen variant.



Theme	Distant perimeter characteristics	Nearby perimeter characteristics	Stakes level		Compatibility with the Project
			Distant area	Nearby area	
<b>Surface water</b>	<p>The perimeter is drained away by the confluence of the Oued Izerki to the east including the assif N'Ougni, the assif Tizerkit South, and the assif Issil Tfeig south east and the Oued Wargouine to the west.</p> <p>These streams have an irregular rate of flow</p>	<p>The nearby perimeter is mainly drained to the east by the Oued Izerki.</p> <p>These streams have an irregular rate of flow.</p> <p>The project site is drained by a network of chaaba and streams, including Issil Tfeig. The latter flows south east.</p> <p>The average intake at the level of the Mansour Eddahbi dam is of 384 Mm3/year.</p>	Low	Moderate	<p>Irregular hydrological rate of flow.</p> <p>Hydrographical network draining nearby and far perimeters do not represent significant sensitivity vis-à-vis the project.</p> <p>Part of the chaabas network may be retained to facilitate the flow of water.</p> <p>Water availability allows considering such a project even with wet cooling option.</p>
<b>Air</b>	<p>The distant perimeter could be exposed to traffic-related pollution of the RN10 and RP1511 roads</p> <p>Along the stretch of the RN 10 between Ouarzazate Klaat M'Gouna, traffic recorded is 120 495 vehicles/km /day (as of 2002), the corresponding annual average daily traffic is 1385 vehicles per day.</p>	<p>The near perimeter is an isolated rural environment , far from any polluting industrial activity, the air quality can be considered good locally</p> <p>Only one Douar, not having any air-polluting infrastructure, is implanted there.</p>	Low	Low	Air quality compatible with the project regardless of the chosen alternative
<b>Natural risks</b>	Risk of landslides at the edges of the fragmented plateaus		Moderate		Precautions to be taken for the stability of the project's site to avoid landslides that could affect its surroundings
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Risk of flooding</li> <li>- Risk of acridian invasion</li> <li>- Risk of vibrations from the seismic activity in the vicinity</li> </ul>		Low		These risks are low and do not generate constraints for the project.
	The site is located at an area with high erosion risk.		High		Measures should be implemented to take into account the high risk of erosion.

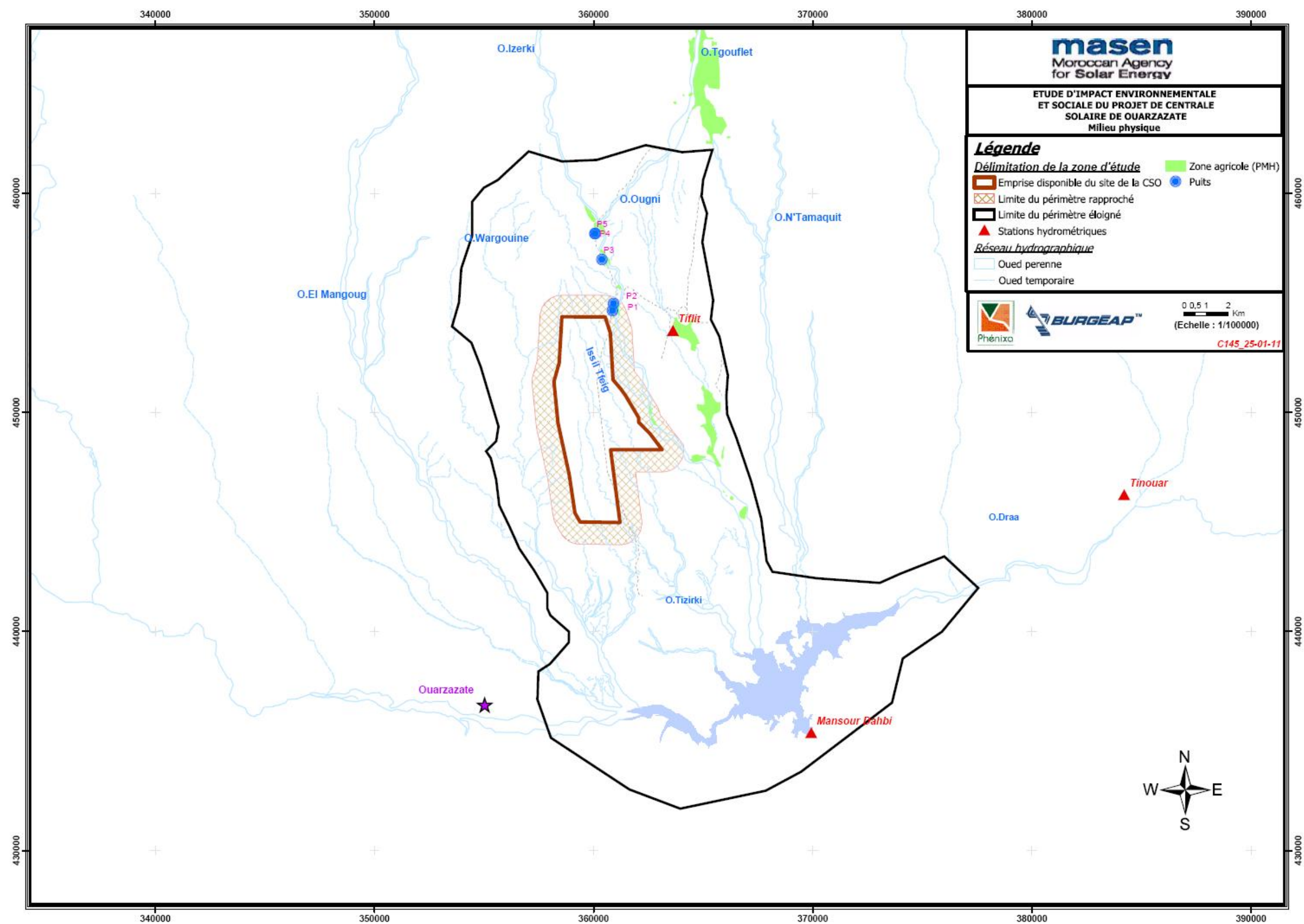


Figure 66 : Inventory of the physical environment



### 8.5.2 Natural Environment

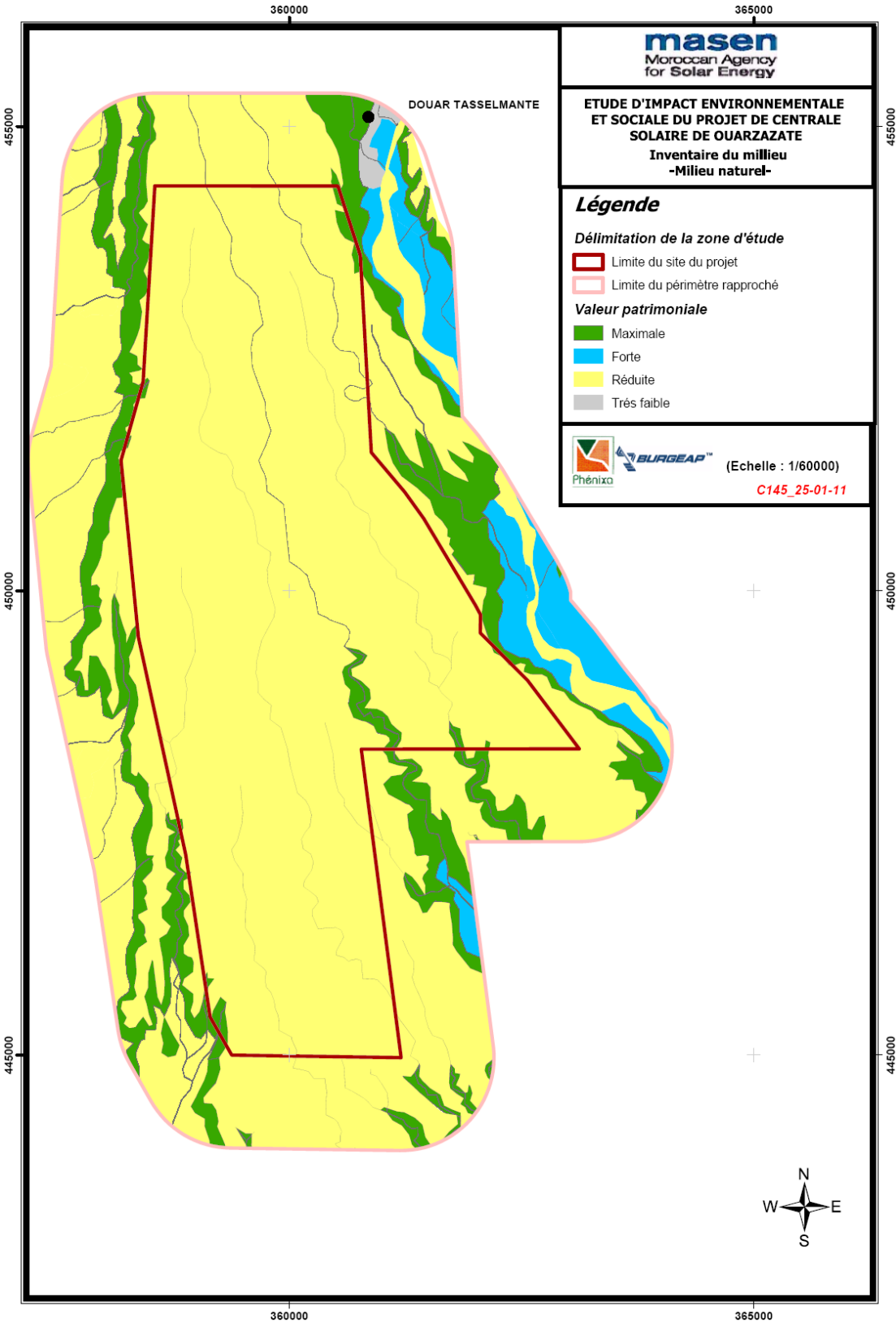
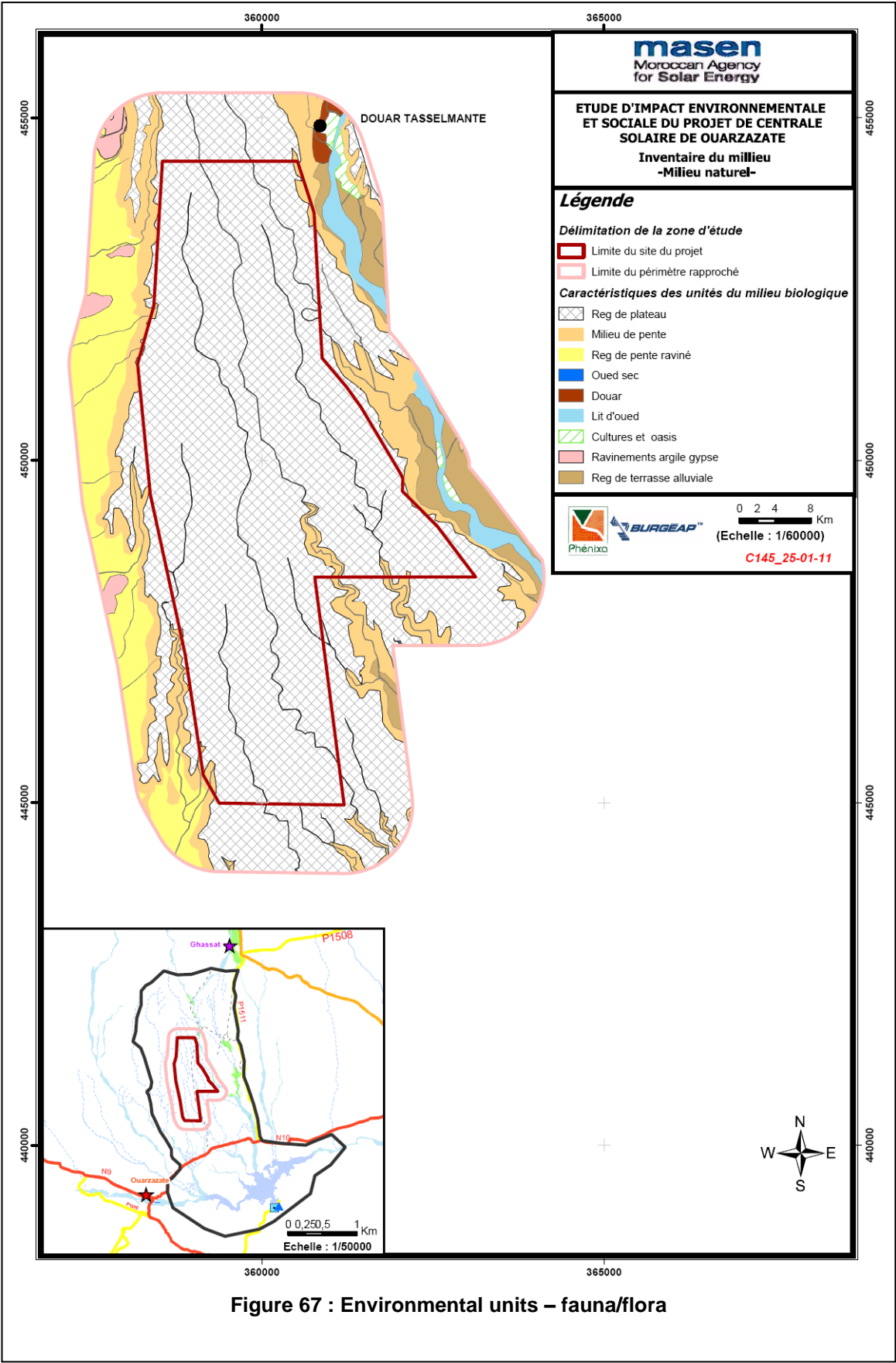
The main characteristics of the site's natural environment, as well as their compatibility with the project are listed in the table below.

Very high stakes	Moderate stakes
High stakes	Low stakes

**Table 56 : General synthesis of the initial state – natural environment**

Theme	Distant perimeter characteristics	Nearby perimeter characteristics			Stakes level		Compatibility with the Project
					Distant area	Nearby area	
Protected areas	The study area of the Ouarzazate solar complex project is not included in any protected natural area, but in its scope far, we can find: <ul style="list-style-type: none"><li>Lake of the Mansour Ed Dahbi dam, part of a RAMSAR site (site of the dam - 6 km south of the site)</li><li>The reserve of gazelles dorcas at Bouljir (13 km north - west of the site)</li><li>The reserve of Iguernane (15 km north - west of the site)</li><li>The Sbaa Shaab site (20 km east of the site)</li><li>The Biosphere Reserve (solar complex in the buffer zone B of the Biosphere Reserve)</li></ul>				Moderate	None	No particular sensitivity of these areas vis-à-vis the project except for Lake Dam Mansour Ed Dahbi, located downstream from the project site. The latter is sensitive to any possible pollution from the site.
Natural habitats and flora		Environment	Environmental unit	Flora			None of the flora species found at the project site and its perimeter is considered near threatened or rare.  The patrimonial values from a flora and fauna points of view have been identified,  The project site of the solar complex is recognized as being of low patrimonial value.  Areas of high heritage value are located in the east and west edges of the project site.  Measures will be implemented to protect them.
		Reg	Alluvial terrace Reg	28 species: High diversity		Moderate	
			Gullied slope Reg	9 species: Low diversity		Low	
		Slope	Middle slope	17 species: Fairly high diversity		Moderate	
			Clay/Gypsum gully erosion	7 species: Low diversity		Low	
		Oued	River bed (oued Izerki)	13 species: Low diversity		Low	
			Dry oueds	41 species: High diversity		High	
		Artificial	Douar Tasselmante	No savage flora		None	
			Oasis cultures	Fairly limited number of species, and limited interest		Low	
		Fauna		Environment	Environmental unit	Fauna	
Reg	Alluvial terrace Reg			Low diversity , but presence of some species of interest ; breeding site		Moderate	
Slope	Gullied slope Reg			Low diversity		Low	
	Middle slope			Average diversity, with species of interest (in particular Mourning Wheatear) ; sites with bats and shelters (Issil Tfeig)		High	
Oued	Clay/Gypsum gully erosion			Low diversity		Low	
	River bed (oued Izerki)			Low diversity		Low	

Theme	Distant perimeter characteristics	Nearby perimeter characteristics			Stakes level		Compatibility with the Project
					Distant area	Nearby area	
		Artificial	Dry oueds	Fairly high level of diversity, important breeding site		Moderate	
			Douar Tasselmante	Very few species, banal species		Low	
Landscape	<p>The site is characterized by the absence of physical barriers (clear space), the flatness of its surface (very slight slope of 1.1%) and its proximity to the road (RN10).</p> <p>After exploring and prospecting the environment surrounding the project site, it turns out that the situation of the chosen site and its geomorphology are perfectly ready to host this project. The nature of the facilities has no major visual impact, given their low height and given the situation of the plateau (altitude and distance from douars).</p> <p>Noting that all the douars surrounding the project site are located in the valley (to get close to water sources) which reduces the visual field of the plateau at almost 0% (only the crest line of the upper slope is visible).</p> <p>The site's supporting plateau, visually flat, contains a non negligible wealth of landscape, with a gentle slope to the south almost uniform across the plateau.</p>				Low	Moderate	<p>There are few issues in terms of distant co-visibility</p> <p>Some precautions have to be taken to manage local stakes, whatever the chosen alternative</p>



### 8.5.3 Socio-economic environment

The main characteristics of the site's socio-economic environment, as well as their compatibility with the project are listed in the table below.

Very high stakes	Moderate stakes
High stakes	Low stakes

**Table 57 : General synthesis of the initial state – socio-economic environment**

Theme	Distant perimeter characteristics	Nearby perimeter characteristics	Stakes level		Compatibility with the Project
			Distant area	Nearby area	
<b>Population</b>	The population of the Ghassate commune was 8300 inhabitants in 2009, with a density of 8.8 inhabitants/km <sup>2</sup> . The distant perimeter includes 8 douars scattered east and northeast of the project site.	Only a few isolated habitats from the Tasselmante douar are located in the nearby perimeter.	Low	Low	The project is located within an area of low population density. No residence is directly present on the project site. The project will produce 1 150GWh/y to be injected into the national grid. All the entitled persons from Ait Ougrrou were compensated according to procedures in force.
<b>Economic activity</b>	Entirely rural population, primarily active in the following areas: farming, agriculture, handicraft, and trade		Low		At present, there is no solar power in the region, nor in Morocco, this plant will be added to local economic activities and will be able to complete the local professional tax ( <i>taxe professionnelle</i> ).
<b>Cultural and touristic patrimony</b>	No site of historical or cultural interest has been identified. However, sepulchral sites (marabouts zaouias, etc..) should be noted at both distant and nearby perimeters. Tourism is not particularly developed in the project area.		Low		The Ouarzazate solar complex's site is not located near any site of heritage interest No sensitivity towards sepulchral sites has been identified as regards to the project
<b>Easements and planning</b>	The study area, including the project site is currently not covered by any urban document. This area is located near the areas covered by the following urban documents: - The SDAU of the Grand Ouarzazate (approved in 2001), the PDAR of center Ghassat (under study) and the PDAR of center Idalsane (extended in 2009) The douar Tasselmante included in the nearby perimeters as well as the following douars of the distant perimeter: Oum Romane, Essour, Agouddim Izerki, Iznaguene, Tiflite, Igherm Amellal, Tidgheste and Taferghouste, belong to the ethnic group of the Ait Ougrrou – Toundout. However, the access track to douar Tasselmante should not be overlooked, which crosses the site from south to north. This access road is currently 14km long and reaches the Tasselmante douar. At the start of the project, this track will have to be deviated.		None		The project site is outside the boundaries of all urban documents identified in the area All the Ait Ougrrou rightholders were indemnified.
<b>Noise and vibration Soundscape</b>	The southern and eastern ends of the distant perimeter, bordered respectively by the N10 and PR 1511, may be impacted by the noise from road traffic. Occasionally, the site may be impacted by the military firing range activities (2 km from the project site) and by the Ouarzazate International Airport (7 km as the crow flies).	No source of noticeable noise nor unusual noise levels were detected.	Low	Low	The project site is uninhabited, and away from habitation sites. The nearest douar, Tasselmante, will a priori be protected from noise emanating from the site.

**The study area thus seems to favor the installation of a solar park subject to the consideration of various existing constraints and a study of alternatives for proposing the best possible solution.**



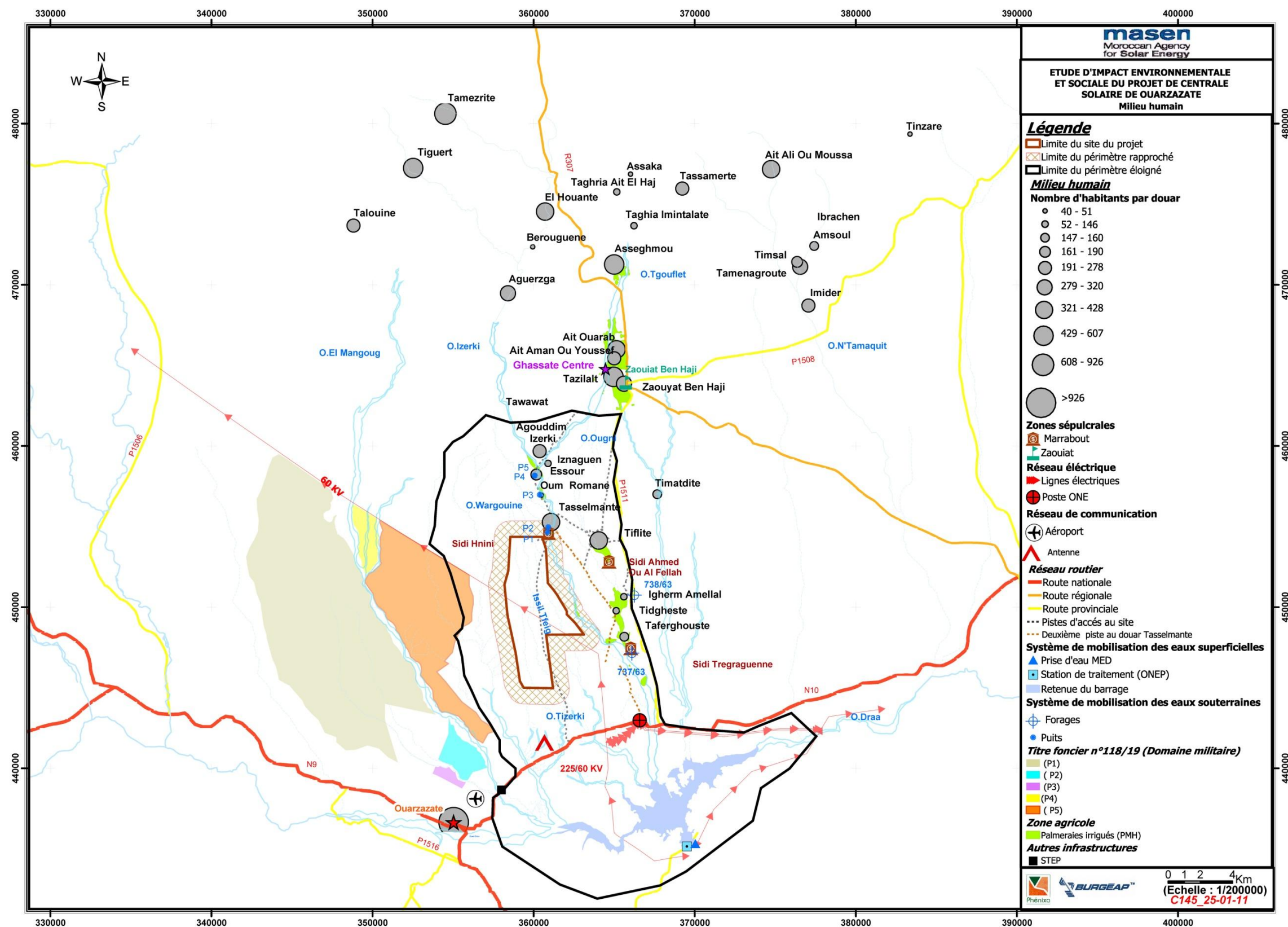


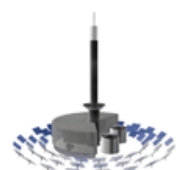





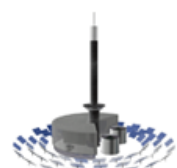

Figure 69 : Inventory of the human environment



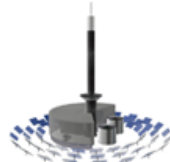

8.6 Impacts of the different variants

Very strong impact	Moderate impact	Weak positive impact
Strong impact	Weak impact	Strong positive impact

Table 58 : Comparative impact synthesis of the different technologies

		PV no tracker	PV with tracker	Solar Power Tower « Tower »		Parabolic Trough « Trough »	
							
Cooling		/	/	Wet	Dry	Wet	Dry
Geology and soils	Waterproofing	Plant rooms slab (transformers, UPS) (6000 m²), Panel anchors (from 1000 m² to 6000 m²), Administrative building and parking lot (200 to 300 m² for 25 people), <b>Total of 12 300m².</b>	Plant rooms slab (transformers, UPS) (6000 m²), Panel anchors (approx. 400 000 m²), Administrative building and parking lot (200 to 300 m² for 25 people), <b>Total of 406 000 m².</b>	Turbine building (12,000 m²), Towers’ slab walls (4 towers of 50 to 100 m² or about 400 m²), Storage tanks for thermal energy (20 000 m² for 500 MW for 4 hours), Administrative building and parking lot (2000 m² for 500 people), Panel anchor (1 000 m² for anchors with stakes), <b>Total of approximately 35 000 m²</b>		Turbine building (12,000 m²), Storage tanks for thermal energy (20 000 m² for 500 MW for 4 hours), Administrative building and parking lot (2000 m² for 500 people) Collector structure anchor (approx. 400 000 m²) <b>Total of approximately 434 000 m²</b>	
	Settlement	Low work impact Low displacement level (few staff)		Moderate work impact High displacement level (important staff in construction as well as in operation phases)			
	Erosion	Very low impact (land clearing will not be necessary)					
	Pollution	Very low impact (only if accidental pollution during the construction phase)		Molten salt (thermal storage) Fossil fuel (backup power)		Synthetic Oil (heat transfer fluid) Molten salt (thermal storage) Fossil fuel (backup power)	
Ground waters		No need for power, no groundwater at the site (very low vulnerability of groundwater located below)					

	<div>PV no tracker</div>	<div>PV with tracker</div>	<div>Solar Power Tower « <i>Tower</i> »</div>		<div>Parabolic Trough « <i>Trough</i> »</div>	
						
Cooling	/	/	Wet	Dry	Wet	Dry
Supercifical waters	<div>Low surface to waterproof (technical and administrative facilities only – approx. 12 000 m²)</div> <div>Low water consumption (only track watering, bathroom fittings and infrequent panel cleaning)</div> <div>Establishment of an evaporation pond - No water discharge</div> <div>No risk of contamination of storm water (no hazardous materials stored on site)</div>	<div>Important surface to waterproof (especially because of tracker anchors – 40 ha)</div> <div>Low water consumption (only track watering, bathroom fittings and infrequent panel cleaning)</div> <div>Establishment of an evaporation pond - No water discharge</div> <div>No risk of contamination of storm water (no hazardous materials stored on site)</div>	<div>Medium surface to waterproof (technical and administrative facilities only – approx. 35 000 m²)</div> <div>Very important water consumption (watering tracks, bathroom fittings, frequent cleaning of curved mirrors and in particular wet cooling)</div> <div>Establishment of an evaporation pond - No water discharge in the natural environment</div> <div>Very localized risk of storm water contamination associated with fossil fuel use (gas oil)</div>	<div>Medium surface to waterproof (technical and administrative facilities only – approx. 35 000 m²)</div> <div>Moderate water consumption (watering tracks, bathroom fittings, frequent cleaning of curved mirrors)</div> <div>Establishment of an evaporation pond - No water discharge in the natural environment</div> <div>Very localized risk of storm water contamination associated with fossil fuel use (gas oil)</div>	<div>Very important surface to waterproof (43 ha)</div> <div>Very important water consumption (watering tracks, bathroom fittings, frequent cleaning of curved mirrors and in particular wet cooling - 6 Mm3/an)</div> <div>Establishment of an evaporation pond - No water discharge in the natural environment</div> <div>Very localized risk of storm water contamination associated with synthetic oil and fossil fuel use (gas oil)</div>	<div>Very important surface to waterproof (43 ha)</div> <div>Moderate water consumption (watering tracks, bathroom fittings, frequent cleaning of curved mirrors)</div> <div>Establishment of an evaporation pond - No water discharge in the natural environment</div> <div>Very localized risk of storm water contamination associated with synthetic oil and fossil fuel use (gas oil)</div>
Air	Exhaust fumes and dust from vehicles		Exhaust fumes and dust from vehicles, releases from fossil fuel supply			
Clim ate	Savings of one million tons of CO2 per year					
Risks	No effect except on fire risk (presence of electrical equipment)		Important source of risk associated with the presence of fossil fuel (gas or diesel)		Important source of risk associated with the presence of fossil fuel Increased fire risk due to the presence of oil at high temperature (400 ° C)	
Natural environment	<div>Low impact during the construction phase (some earthworks and few cuttings in units of mid-slope)</div> <div>Risk of wildlife disturbance during construction</div> <div>Positive impacts associated with space exclosure between panels</div> <div>No risk of pollution of oueds with high patrimonial value</div> <div>Impacts associated with the destruction of vegetation</div>		<div>Moderate impacts during construction (earthworks, spoil ground risks on the slopes, in mid-slope units).</div> <div>Risk of wildlife disturbance during construction and operation (large staff)</div> <div>Positive impacts associated with exclosure of interstitial spaces (weaker impact compared to PV)</div> <div>Very low risk of pollution with little chance of affecting the oueds with high patrimonial value downstream of the site.</div>		Moderate impacts during construction (earthworks, spoil ground risks on the slopes, in mid-slope units).	
					Risk of wildlife disturbance during construction	
					Positive impacts associated with exclosure of interstitial spaces (weaker impact compared to PV, because of a higher waterproofed surface)	
					Pollution risk associated with the presence of oil as a heat transfer fluid (leakage from pipelines) may indirectly affect the high patrimonial value oueds downstream of the site, and the Lake of the Mansour Ed Dahbi dam. However, the fluid is biodegradable.	
Landsc ape	By limiting ourselves to the flat platforms of the site (towards the center), the visual impact will be nil	By limiting ourselves to the flat platforms of the site (towards the center), the panels will be visible from the RP1511 leading to Ghassate and from access tracks to douars located east of the site	The project is visible even from the town of Ouarzazate (note that the antennas at the entrance of the site from the N10 are visible from the city)		Visual impacts from the RP1511 and from eastern douars access	

		PV no tracker	PV with tracker	Solar Power Tower « Tower »		Parabolic Trough « Trough »	
							
Cooling		/	/	Wet	Dry	Wet	Dry
Socio-Economic Environment	ym ent and Econo mic	Many jobs in construction phase, approximately 25 to 50 full-time in operating phase. Many indirect jobs. Access to electricity, isolation reduction, training and technology transfer.		Many jobs in construction phase (2000 to 2500), approximately 400 to 500 full-time jobs in operating phase. Many indirect jobs. Access to electricity, isolation reduction, training and technology transfer.			
	Land Proper ty	The project requires no destruction of habitat, displacement of population or economic activities. The only modification by the project will be the deviation of the access track to the Tasselmante douar. The 60 kV line will eventually be moved The site is currently a pastoral land with low fodder, easily transferable to nearby sites, and with low touristic interest (quad bike trail).					
	Agropastor alism	No impact on the useful agricultural lands (UAL). Only a rerouting of the shepherds is expected.					
	Tourism	No impact on the local cultural heritage Positive impact on tourism and media cover of the project Educational role of the project					
	Noise and Vibration	Low nuisance related to road traffic and panel anchoring in construction phase Negligible noise impact during operation phase		Construction phase: significant impacts related to important needs in equipment, labor, site assembly and construction. Operating phase: significant impacts related to the rotation of the turbine and condensers.			
	Human Health	No impact (except for temporary nuisance during the construction phase)		Very low risk, due to releases of steam and combustion gases in small quantities Risk associated with the presence of Legionella	Very low risk, due to releases of steam and combustion gases in small quantities	Very low risk, due to releases of steam and combustion gases in small quantities Risk associated with the presence of Legionella	Very low risk, due to releases of steam and combustion gases in small quantities
Rehabilitation at the end of the time of operation		Easy facility disassembly Panel recycling signs to anticipate, more or less complicated depending on the panel type.		Fully recyclable collectors Complex dismantling of production buildings Maintaining a sealed area where the concrete slabs are not all removed.			



8.7 Synthesis: the most impactful solution

Impacts were evaluated for each variant for a 500 MW solar complex consisting of only one technology.

This chapter presents the next step: the selection of the most impactful solution. For each environmental and societal area studied, the strongest impact among the 4 variants is retained.

Very strong impact	Moderate impact	Weak positive impact
Strong impact	Weak impact	Strong positive impact

Table 59 : Most impactful solution

Most impactful solution		
Geology and soils	Waterproofing	<b>Trough</b>  Turbine building (12,000 m²), Storage tanks for thermal energy (20 000 m² for 500 MW for 4 hours), Administrative building and parking lot (2000 m² for 500 people) Collector structure anchor (approx. 400 000 m²) <b>Total of approximately 434 000 m²</b>
	Settlement	<b>Trough and Tower</b>  Moderate work impact High displacement level (important staff in construction as well as in operation phases)
	Erosion	<b>Trough, Tower, and PV</b>  Very low impact (land clearing will not be necessary)
	Pollution	<b>Trough (with oil)</b>  Synthetic Oil (heat transfer fluid) Molten salt (thermal storage) Fossil fuel (backup power)
Underground waters		<b>Trough, Tower, and PV</b>  No need for power, no groundwater at the site (very low vulnerability of groundwater located below)
Superficial waters		<b>Trough (with oil and wet cooling)</b>  Very important surface to waterproof (43 ha) Very important water consumption (watering tracks, bathroom fittings, frequent cleaning of curved mirrors and in particular wet cooling - 6 Mm3/an) Establishment of an evaporation pond - No water discharge in the natural environment Very localized risk of storm water contamination associated with synthetic oil and fossil fuel use (gas oil)
Air		<b>Trough, Tower, and PV</b>  Exhaust fumes and dust from vehicles, releases from fossil fuel supply

		Most impactful solution
Climat e		<b>Trough, Tower, and PV</b> Savings of one million tons of CO2 per year
Risks		<b>Trough (with oil)</b> Important source of risk associated with the presence of fossil fuel Increased fire risk due to the presence of oil at high temperature (400 ° C)
Natural environment		<b>Trough (with oil)</b>
		Moderate impacts during construction (earthworks, spoil ground risks on the slopes, in mid-slope units).
		Risk of wildlife disturbance during construction
		Positive impacts associated with enclosure of interstitial spaces (weaker impact compared to PV, because of a higher waterproofed surface)
		Pollution risk associated with the presence of oil as a heat transfer fluid (leakage from pipelines) may indirectly affect the high patrimonial value oueds downstream of the site, and the Lake of the Mansour Ed Dahbi dam.
Landscape		<b>Tower</b> The project is visible even from the town of Ouarzazate (note that the antennas at the entrance of the site from the N10 are visible from the city)
Environnement socio-économique	Employment and economic activity	<b>Trough and Tower</b> Many jobs in construction phase (2000 to 2500), approximately 400 to 500 full-time jobs in operating phase. Many indirect jobs. Access to electricity, isolation reduction, training and technology transfer.
	Land property	<b>Trough, Tower, and PV</b> The project requires no destruction of habitat, displacement of population or economic activities. The only modification by the project will be the deviation of the access track to the Tasselmante douar. The 60 kV line will eventually be moved The site is currently a pastoral land with low fodder, easily transferable to nearby sites, and with low touristic interest (quad bike trail).
	Agropastoralism	<b>Trough, Tower and PV</b> No impact on the useful agricultural lands (UAL). Only a rerouting of the shepherds is expected.
	Tourism	<b>Trough, Tower and PV</b> No impact on the local cultural heritage Positive impact on tourism and media cover of the project Educational role of the project
	Noise	<b>Trough and Tower</b> Construction phase: significant impacts related to important needs in equipment, labor, site assembly and construction. Operating phase: significant impacts related to the rotation of the turbine and condensers.

		Most impactful solution
Rehabilitati on at the end of the time of operation	Human Health	<b>Trough and Tower (wet cooling)</b>  Very low risk, due to releases of steam and combustion gases in small quantities Risk associated with the presence of Legionella
		<b>Trough and Tower</b>  Fully recyclable collectors Complex dismantling of production buildings Maintaining a sealed area where the concrete slabs are not all removed.

8.8 Conclusion on the solar project impacts

In conclusion, we see that the most impactful solution has strong impacts on soil permeability, superficial waters, natural environment and fire risk, mainly associated with high consumption of water from the wet cooling process and the use of pollutants.

The solar tower, with a height of about one hundred meters, will have a strong impact on the landscape as it will be visible even from the town of Ouarzazate.

Strong impacts are expected on the soundscape, particularly during the construction phase.

Soil settlement and site rehabilitation at the end of operation are moderate impacts of the project.

Remember that this assessment is theoretical in order to maximize impact. In practice, the complex will likely consist of several technologies. Its impact will be lower than what was defined in this study. Finally, let us underline the positive impact of the project on climate, employment, economic activity and tourism. A "specific" environmental and social impact assessment which will take into account the specificities of the plant and needed related facilities will also be conducted. This "specific" study will meet the requirements of international financial institutions; and it will include an environmental and social management plan (ESMP).

8.9 Mitigation and/or compensation measures, environmental and social management plan

An environmental and social management plan and (ESMP) was conducted as part of this study. It summarizes the mitigation and compensation measures to be implemented in the framework of the Ouarzazate solar complex. To ensure consideration of all these measures, the ESMP will be included in the tender for each plant constitutive of the complex. In addition, the developer will need to complete and revalidate the ESMP by the competent authorities following the realization of the project by the developer.

As we have seen throughout this impact assessment, impacts and measures vary considerably from one technology to another. Therefore, two different ESMP were made: one for photovoltaic technologies (with and without tracker) and the other for the two main CSP technologies (solar tower and parabolic trough). For each technology, measures are detailed in construction phase, as well as in operation phase.

**The project developer should establish a environmental and social management system that integrates environmental and social hygiene and safety, during both the construction phase and operation phase. This system will be translated into an EHS manual that will integrate all procedures to be implemented during the construction and operation of the site to preserve the site's environment, as well as the health and safety of the workers and of surrounding populations. This manual will be subject to validation from MASEN.**

**A monthly EHS report will monitor the construction of the site and will be prepared and submitted to the MASEN throughout the construction phase. During operation, a monthly report on environment, health and safety will be sent to MASEN. These reports will follow a detailed inspection of the entire site by at least one member of the EHS team that will be implemented.**

These reports will include the list of incidents/accidents occurred during the period, data on water consumption, waste volumes and treatment methods used, types and quantities of hazardous materials, data on generated traffic, plantations, potential archaeological discoveries, as well as all relevant data on adopted EHS measures.

A grievance mechanism for local populations should be established at start of work. Received complaints will be included in periodic EHS reports, and an action plan to address them will be implemented. MASEN will engage the human and material resources to ensure the implementation of the ESMP in the construction and operation phases.