

Introduction

La culture du palmier dattier occupe une place de choix dans l'agriculture Tunisienne puis qu'en plus de son adaptation au milieu désertique, elle a permis d'optimiser l'exploitation des ressources hydrauliques du Sud et a participé d'une manière significative au produit du secteur agricole et à la création de sources de revenus substantiels des habitants dans les oasis. La présence de sources d'eau naturelles a permis de développer le système oasisien spécifique aux régions de montagne telle Tameghza et aux régions de plaines telle que Tozeur et Kebili.

C'est dans ce milieu présentant des potentialités importantes (eau, sol) qui s'est développée les oasis traditionnelles caractérisées par la densité élevée des plantations de palmiers, l'existence de système de production associant aux palmiers l'arboriculture fruitière et les cultures d'hiver et d'été et permettant d'ancrer une dynamique économique dans ces régions. Les populations résidentes qui y sont rattachées ont pu, au fil des années, améliorer leurs revenus agricoles, tirer profit des opportunités du marché d'exportation des dattes et de l'amélioration des conditions de commercialisation de ce produit et sont devenues de plus en plus enthousiastes à étendre les superficies exploitées quitte même à faire des extensions illicites et à procéder à différentes techniques de préservation de leur espace.

De par le revenu dégagé de l'exploitation des palmiers, il y'a la main d'œuvre agricole et la dynamique économique qui sont créées dans chaque région d'oasis. Mais au fur et à mesure de l'avancement de l'âge des plantations de palmier dattier, de l'exploitation parfois anarchique et souvent démesurée des facteurs sol et eau et du manque d'apport de matières organiques, il s'est apparu un appauvrissement des sols, qui s'est vite traduit en baisse des rendements et en recul du revenu de l'agriculteur. Ce dernier s'est vite retourné pour contrecarrer les effets induits par ces facteurs et a engagé depuis longtemps une lutte acharnée pour combattre l'avancement de ce fléau.

Plusieurs techniques se sont employés à cet effet dont on peut citer : le rajeunissement des vieilles plantations, la reconversion des plantations de palmiers non productifs, l'extension illicite des palmiers dans des zones non autorisées, le développement de variété à haute valeur ajoutée (déglet Nour), la réalisation des économies d'eau à la parcelle et l'amendement de terres devenant moins productives.

Ainsi, pour corriger le manque de fertilité de ces sols, lutter contre la dégradation de leur structure suite aux effets des sels excessifs, l'hydromorphie, l'érosion par l'irrigation intense et les pluies exceptionnelles et améliorer le rendement des palmeraies d'autre part, l'agriculteur a procédé entres autres à l'amendement sableux avec des moyens souvent limités.

Face à cette préoccupation, l'Agence de Promotion des Investissements Agricoles (APIA) qui cherche toujours à augmenter les revenus des producteurs, a sollicité du CNEA la réalisation d'une étude sur l'amendement sableux dans les épandages du sable dans les oasis tunisiennes. Selon les termes de référence, l'étude concernera environ 4000 ha localisés dans les anciennes oasis tunisiennes qui relèvent des gouvernorats de Kébili et de Tozeur. Dans ces zones, les contraintes sont amplifiées notamment par le manque de moyens financiers des agriculteurs et les faibles superficies morcelées.

I. Problématique de la dégradation des sols et genèse des opérations d'amendement

La culture du palmier dattier occupe une place de choix dans l'agriculture tunisienne. Grâce à son adaptation au milieu désertique, le palmier a permis d'optimiser l'exploitation des ressources hydrauliques du Sud et participer d'une manière significative au produit du secteur agricole.

Avec 34 000 ha, la superficie des oasis représente 10 % environ des périmètres irrigués, 7 % des superficies totales de l'arboriculture hors olivier et 25 % de la surface de l'arboriculture irriguée. Dans l'ensemble de la production fruitière, les dattes occupent la deuxième place en valeur après les olives.

Les anciennes oasis ont été créées depuis des siècles autour des sources d'eau et ont été à l'origine du développement de la culture du palmier associée souvent à des systèmes de production en sous étages et favorisant, au fil du temps, l'accélération du phénomène d'exploitation des facteurs de production (sol, eau), l'amélioration de la valeur ajoutée de la culture du palmier et la consolidation du secteur du palmier et de sa position dans le domaine de l'exportation des produits agricoles.

Le système oasien a continué à jouer un rôle prépondérant dans l'économie du pays et la valeur de la production, aux prix courants, a oscillé au cours des vingt dernières années entre 57 et 163 Millions D. Elle représente pour l'année 2005, 0,44% du PIB et 3,9 % du PIBA.

Le secteur des dattes participe à la satisfaction de ses besoins intérieurs en fruits et procure au Pays une entrée importante en devises.

La valeur des exportations de dattes ont progressé de 54,7 millions de dinars en 1994 à 130,5 Millions de dinars en 2005 au prix courants soit 11 % environ de la valeur de l'exportation de l'ensemble des produits agricoles et elle occupe la troisième place après le secteur de l'huile d'olive et celui de la pêche.

Le secteur continue à participer également aux revenus d'environ 25 000 exploitants directs et indirects et à procurer des emplois au niveau de la sphère production et des journées de travail équivalents à 4.8 millions par an dont 3.8 millions de journées de travail au niveau des oasis traditionnelles, soit plus de deux tiers (67%).

Les oasis des deux gouvernorats tozeur et kebili offrent 3.7 millions de journées de travail par an dont 2.4 millions de journées de travail dans les oasis traditionnelles, soit près de deux tiers du total (65%).

Toutefois, compte tenu des caractéristiques physico-chimiques des sols et de l'eau d'irrigation dans les oasis d'une part et vu les pratiques de l'irrigation suivies par les agriculteurs et les caractéristiques des conditions climatiques d'autre part, la célérité de l'exploitation des facteurs de production : sol et eau, n'a pu être suivie par toute la rigueur de la conservation de ces milieux et de l'application de mesures empêchant les formes de sa dégradation. Ceci était à l'origine de la baisse de la fertilité des sols notamment dans les anciennes oasis et au recours à des pratiques de correction de sols dans ces périmètres pour contrecarrer les effets néfastes.

La non attribution de titres de propriétés dans certaines oasis a constitué une contrainte au développement de l'agriculture oasisienne. Elle a freiné les opérations foncières : partage, cession, achat et a été parfois une source de mésentente entre les héritiers et une cause de l'abandon et de délaissement des petites exploitations.

La sous-exploitation, est considérée comme une forme de dégradation parce qu'elle ne permet pas de rentabiliser les deux ressources naturelles fondamentales à savoir le sol et l'eau.

Les terres abandonnées subissent alors d'autres formes de dégradation selon l'environnement dans lequel elles se trouvent (urbanisation, hydromorphie, salinisation, etc...). Les causes de la sous-exploitation des périmètres irrigués, sont multiples et peuvent être liées à : L'eau (pénurie, dégradation de la qualité, coût élevé), Des aspects fonciers (morcellement poussé, manque de titres fonciers, etc...), Des aspects sociaux (conflits, mauvaise gestion, non motivation des agriculteurs, manque de main d'œuvre, mode de faire valoir indirect, absentéisme, etc...), Des aspects financiers (moyens financiers limités, endettement des exploitants, pas d'accès aux crédits agricoles, etc...)

La baisse de fertilité des sols est un fléau qui affecte la plupart des oasis. Elle est surtout fréquente dans les anciennes Oasis. C'est ainsi que les sols de ces oasis, subissent un déficit humique par manque d'amendement organique sous forme de fumier ou d'engrais vert. Cette baisse de fertilité affecte la qualité du sol et provoque la baisse significative des rendements,

Le système du khemmassat présente de multiples inconvénients et a des conséquences néfastes sur le niveau d'intensification de l'agriculture oasisienne. Les travaux agricoles exécutés se réduisent au strict minimum : irrigation et pollinisation car même en intensifiant les travaux, le khammès ne peut s'attendre à un accroissement sensible de ses ressources. Il en résulte un vieillissement et une raréfaction de la main-d'œuvre agricole.

La deuxième forme de dégradation dominante qui affecte un grand nombre d'oasis et de superficies importantes, est l'hydromorphie. Elle est liée à plusieurs facteurs (excès d'eau

d'irrigation, présence d'une nappe proche de surface du sol, drainage interne et externe défectueux). Elle entraîne des chutes considérables des rendements jusqu'à les annuler dans certaines oasis en l'absence de drainage efficace. L'hydromorphie devient plus grave lorsque les excès d'eau qui affectent l'oasis sont chargés en sels. Dans ce cas, la correction des sols devient double, assainissement et désalinisation.

Il y'a aussi l'érosion éolienne qui se manifeste à la suite de l'abandon des oasis, c'est ainsi que le sol n'est plus protégé par une végétation dense et les brise-vents ne reçoivent plus d'irrigation d'appoint et se trouvent complètement détériorés et ne jouent plus leurs rôles. Cette forme de dégradation concerne la quasi totalité des oasis qui sont situés dans des couloirs de vent et qui sont insuffisamment protégés. Parmi les oasis étudiées, ceux qui souffrent de l'érosion éolienne sont les oasis de Ras El Ain, Negga et les extensions privées dans la région de Kébili et celles Rmada dans la région de Tozeur. En effet pour certaines Oasis à Tozeur et Kébili, la pénurie d'eau a eu pour conséquence le dépérissement de la végétation dans certaines exploitations abandonnées et le déclenchement de l'érosion éolienne.

Aussi, la faiblesse des moyens de production et la baisse du niveau de la capacité financière des agriculteurs accentuent les formes de dégradation. En effet, l'agriculteur qui n'irrigue pas convenablement sa parcelle et n'entretient pas son système d'irrigation et de drainage voit son oasis se dessécher, subir les effets de la salinisation du sol et de l'hydromorphie. Aussi, celui qui ne restitue pas les éléments minéraux exportés sous forme organique et minérale voit son sol tendre vers la fatigue entraînant une baisse appréciable des rendements et ainsi se déclenche un cycle infernal qui conduit à l'abandon des exploitations irrigués.

Devant cette situation de gestion difficile des ressources naturelles, l'agriculture oasisienne est confrontée à un ensemble de problèmes et de défis dont : L'émiettement des exploitations et la dégradation de la situation foncière à l'intérieur des oasis, ce qui rend difficile la mise en œuvre de projets de développement ; la situation difficile des GIC dans certaines oasis et leur incapacité de prendre en charge les activités de maintenance et d'entretien du réseau d'irrigation et drainage assurées jusqu'ici par les CRDA.

Confronté à ces situations, l'agriculteur est allé chercher des solutions aux problèmes liés à son exploitation. C'est ainsi qu'il a préconisé l'amendement en tant que moyen permettant d'une part de contrecarrer la baisse de la fertilité du sol et le recul de la productivité des plantations, et d'autre

part permettant de mieux exploiter sa parcelle et diversifier ses activités et assurer en fin un revenu acceptable.

Ainsi, plusieurs questions sont posées autour de la pratique de l'amendement dont on cite :

Le pourquoi de l'amendement ?

quels sont les opérations ?

comment sont réalisées ces opérations ?

quand est ce que elles sont réalisées ?

quel coût supporté par l'agriculteur ?

quels sont les avantages attendus ?

quels sont les impacts potentiels ?

comment on institutionnalise l'amendement ?

Mais, y'a t-il des préalables que l'agriculteur considère comme condition sine-qua-non pour procéder à l'exécution des opérations d'amendement.

Ces préalables sont ils liés aux aspects suivants :

- apparition de phénomène de dégradation,
- statut foncier de l'exploitation
- disponibilité de source d'approvisionnement en sable,
- disponibilité d'engins agricoles ou d'entrepreneur pour exécuter les opérations mécaniques notamment le transport et le nivellement,
- disponibilité de la main d'œuvre occasionnelle et ou familiale,
- capacité financière de l'exploitant et l'aide de ses membres de sa famille.

Aussi, les pratiques de l'amendement sont elles liées à :

- nature de l'exploitant et composition de sa famille, leur dynamisme, leur savoir faire, leur connaissance et leur maîtrise des différentes opérations d'amendement, leur pratique d'autres activités lucratives, le revenu supplémentaire extra-agricole,
- nature de l'exploitation , position dans l'oasis et par rapport au chott, taille de l'exploitation, effectif de palmier dattier, statut foncier de la parcelle, mode de faire valoir, nature de la propriété (héritage, achat, indivision,..etc), entente entre les héritiers,
- objectifs recherchés par l'amendement ,
- qualité des produits,
- aménagements hydrauliques, infrastructures d'irrigation et de drainage, niveau des conduites et des rigoles et des autres infrastructures par rapport au sol, pente par rapport au chott et facilités de drainage,

La diversité des opérations d'amendement est elle liée à :

- caractéristique du sol de l'exploitation,

- moyens mis en œuvre pour exécuter les opérations,
- capacité financière de l'exploitant,
- coût de chaque opération.

Suite aux demandes des agriculteurs pour combattre le phénomène de la dégradation des sols dans les oasis, à leur sollicitation d'intégrer cette action dans le programme des encouragements de l'Etat au secteur agricole et compte tenu des coûts excessifs des opérations pour l'agriculteur d'une part et de leur impact beaucoup bénéfique d'autre part, l'APIA a sollicité la réalisation d'une étude sur l'amendement de terre dans les anciennes oasis.

D'où une priorité a été accordée par les autorités à l'étude de la technique de l'amendement de terre dans les anciennes oasis, à l'analyse de sa faisabilité technique et économique et à l'évaluation de l'opportunité de la développer et de l'organiser moyennant des mesures d'encouragement et d'incitation et un soutien de l'Etat aux agriculteurs pour financer ces opérations dans leur champ.

II. Cadre de l'étude et démarche suivie

2.1 Extrait des termes de références

Dans cette étude, les principaux aspects qui seront traités sont comme suit :

A-Etude monographique

- 1- la problématique de l'amendement dans les anciennes oasis,.
- 2- La situation actuelle des oasis et les formes de la dégradation de leur sol : salinisation, hydromorphie, baisse de fertilité , chute du rendement , .etc
- 3- les techniques de l'amendement pratiqué : composantes d'amendement, épaisseur, zone d'emprunt, caractérisation des propriétés physico-chimiques et agronomiques des sols des zones d'emprunt,
- 4- les résultats de l'enquête sur l'amendement : aspect coût d'investissement, amortissement, renouvellement, analyse comparative des résultats économiques (coût d'investissement, coût de production, produit brut, rentabilité) avec des parcelles qui n'ont pas fait l'objet d'un amendement
- 5- les réussites et les échecs des différentes expériences d'amendement sableux : les clefs de réussite et les contraintes .
- 6- l'aspect réglementaire et institutionnel : les structures administratives et professionnelles qui pourraient intervenir dans l'opération, les éventuels encouragements et incitations, les règles et les critères de choix,
- 7- l'aspect environnemental : impact de l'opération d'amendement sableux dans les anciennes oasis et précautions à prendre afin d'éviter notamment la salinisation des sols,

B- Document de synthèse à caractère promotionnel

Ce document sera destiné à une diffusion auprès des promoteurs concernés et permet de leur faciliter le recours à l'amendement sableux dans les anciennes oasis pour remédier à la problématique de la baisse de fertilité du sol.

2.2 Objectifs de l'étude

L'objectif général de l'étude de l'amendement de terres dans les anciennes oasis est d'améliorer la fertilité des sols dans ces zones conduisant à une amélioration des rendements des palmiers et des cultures pratiquées et par conséquent du revenu des agriculteurs.

Les objectifs spécifiques de l'étude peuvent être atteints moyennant les activités suivantes :

- ✓ Caractérisation de la situation actuelle des anciennes oasis dans les deux gouvernorats de Tozeur et Kebili et de la dégradation de la fertilité des sols,
- ✓ description du phénomène de l'amendement de terres : composantes, épaisseur, coût, renouvellement,
- ✓ analyse de la faisabilité technique et économique de l'opération,

- ✓ identification des zones de prélèvement et de l'impact de l'amendement sur ces milieux,
- ✓ caractérisation de l'éligibilité à l'opération, conditions d'exécution, structures responsables du suivi et de facilitation de l'exécution et de l'appui,

2.3 Phases de l'étude

L'étude d'amendement de terres dans les anciennes oasis de Tozeur et Kebili, telle que définie dans les termes de référence technique, comporte deux phases :

- ✓ **Une première phase** qui comprend une étude monographique de la situation actuelle des anciennes oasis à travers une description des caractéristiques générales au niveau des aspects exploitation, dégradation, pratique de l'amendement, coûts supporté par les agriculteurs pratiquant la technique, estimation des impacts et des résultats. il sera procédé à des enquêtes et des interviews d'un échantillon de 50 exploitants dont la majorité devrait avoir effectué cette technique dans leurs parcelles et dont le reste se trouvant juste au voisinage des ces premiers mais n'ayant pas procédé à l'opération et pouvant servir de modèles de comparaison pour estimer les effets et l'impact au niveau financier. Cette phase permet de caractériser la typologie des exploitations ayant effectué l'amendement, décrire les composantes de l'opération, estimer les coûts et l'impact et lancer les jalons des critères d'éligibilité.
- ✓ **Une deuxième phase** qui comprend la description de l'opération d'amendement de terre, l'analyse de la faisabilité technique et économique de l'opération, la présentation des impacts et des effets sur l'environnement, l'identification des critères d'éligibilité, des conditions de son exécution et des concernées et la présentation des normes d'appui et d'assistance.
- ✓ **Un document de synthèse à caractère promotionnel sera établi à la fin de la mission.**

Le présent dossier, constitue le rapport de la première phase de l'amendement de terres dans les anciennes oasis de Tozeur et Kebili.

2.4 Démarche de l'étude

La méthodologie globale préconisée pour élaborer cette étude, consiste à présenter la démarche adoptée permettant d'aboutir à l'identification et au diagnostic de la situation actuelle dans les anciennes oasis, décrire les pratiques actuelles de l'opération d'amendement et ses composantes, élaborer sa justification technique et économique et définir des conditions d'exécution de cette opération et des règles de son organisation.

Dans une première phase, cette démarche consiste, d'une part, à élaborer une étude monographique de la situation actuelle dans les anciennes oasis décrivant les pratiques de l'amendement appliqué et aboutissant à une typologie d'amendement en fonction de la

nature de la dégradation observé dans les oasis, les composants de l'amendement et leur dimension et, d'autre part, à identifier les anciennes oasis qui peuvent être concernées par ce phénomène et les conditions de leur éligibilité.

Ceci nous amène à établir une typologie qui faciliterait l'échantillonnage des anciennes oasis en vue d'une analyse plus approfondie du phénomène de l'amendement, mieux refléter la situation actuelle, constituer une idée plus claire sur ses composantes et ses effets et élaborer par la suite les conditions de son exécution par l'agriculteur, les règles à suivre et le niveau de soutien que peut accorder l'Etat par catégorie d'agriculteur.

La monographie de la situation actuelle des anciennes oasis qui consiste à la détermination de leurs principales caractéristiques en relation avec l'amendement, a été établi à travers la répartition des oasis par ensembles et groupes plus ou moins homogènes, sur la base de certains critères intrinsèques (gouvernorat, délégation, date de création, éloignement du chott) et spécifiques (superficie aménagée, réseau de drainage existant, nature de la dégradation relevée d'après des études récentes, effectif des exploitations, nombre d'exploitants, représentativité, pratique de l'amendement, morcellement).

Ces critères ont été déterminés pour chaque oasis, sur la base des données et informations disponibles, ce qui a permis d'apprécier le phénomène de l'amendement selon les principales caractéristiques des oasis et leur dégradation et d'établir une typologie en fonction de la pratique de l'amendement par les agriculteurs et de leurs objectifs recherchés. Rappelons que les formes de dégradation dans les oasis ont été inventoriées dans le cadre des deux études réalisées en 2005 et 2006 pour le compte de la DG/ACTA à savoir : Examen et évaluation de la situation actuelle de la salinisation des sols et préparation d'un plan d'action de lutte contre ce fléau dans les périmètres irrigués en Tunisie - groupement Safi /Adi + Etude de l'évaluation des formes de dégradation des sols dans les périmètres irrigués autre que la salinisation - groupement Egs/Har) ont concerné principalement l'urbanisation, l'hydromorphie, la dégradation de la structure du sol, la baisse de la fertilité, l'inondation, l'érosion hydrique et éolienne, la sous exploitation et l'abandon des terres agricoles, la pollution chimique et biologique.

Ces formes peuvent se produire sur toutes les oasis, mais certaines ont contribué à accélérer la pratique de l'amendement chez les agriculteurs, d'autres l'ont empêché de le réaliser et pour un grand nombre d'entre eux la pratique de l'amendement restait tributaire de la capacité financière de l'exploitant et de ses ressources externes : extra agricole et l'aide des membres de la famille travaillant en dehors de l'exploitation.

Comme l'amendement concerne le sol et que les propriétés de ce dernier découlent des apports de la matière minérale et des zones ayant servi comme source d'approvisionnement en sable et de l'action d'apport de la matière organique notamment le fumier sur la matière minérale, on a jugé utile de toucher le maximum des anciennes oasis pour observer le phénomène sur terrain et faire des enquêtes avec une gamme variée d'exploitants.

Au terme de cette première configuration, un échantillon d'une cinquantaine d'exploitants a été enquêté pour analyser le phénomène de l'amendement de sable tel que pratiqué actuellement dans ces anciennes oasis et saisir les spécificités de chaque enquêté et les nuances dans les pratiques employées..

Dans la deuxième phase de l'étude, on procédera d'une part à l'étude de la faisabilité technique et économique de l'amendement en partant d'une description détaillée de ses composantes, son coût et ses effets sur l'exploitation et ses impacts sur l'environnement et, d'autre part on établira les conditions et les critères d'éligibilité des exploitations à cette opération, la forme d'organisation des opérations d'amendement, leur exécution et les soutiens de l'Etat aux agriculteurs qui désirent pratiquer cette technique.

III. Monographie de la situation actuelle dans les oasis

3.1 Le système oasien

Le système oasien a renforcé sa position dans le secteur agricole et s'est amélioré depuis plusieurs décennies par la revalorisation de la production de certaines variétés sur le marché extérieur notamment pour la variété Deglet Ennour et par l'accroissement de l'effectif de palmier et des superficies dans les zones de production soit autour des anciennes oasis ou dans de nouvelles zones.

Ce système a conservé sa vocation et ses principales caractéristiques :

- ✓ en matière de systèmes de production sous étages : l'arboriculture, les cultures maraîchères et les fourrages sont toujours associés au palmier principalement dans les anciennes oasis,
- ✓ en matière de mode d'exploitation : l'exploitation directe, par les khammes et par les proches familiaux coexistent encore.

Toutefois, il y'a eu accentuation du morcellement des terres et de l'exiguïté des parcelles dans les anciennes oasis suite aux phénomènes de l'héritage et apparition du phénomène de rachat de petites parcelles par des catégories de promoteurs hors secteur agricole : profession libérale, fonctionnaire, entrepreneur, qui ont profité de certaines opportunités.

Il y'a trente années, en 1976 date du démarrage de l'enquête sur les oasis par la Direction Générale des Etudes et du Développement Agricole (DG/EDA), **le nombre moyen de pieds de palmiers par habitant dans les deux gouvernorats Tozeur et Kebili était de 15.** Tozeur comptait plus d'une fois et demi le nombre de pieds à Kebili : **19 à tozeur et 12 à Kebili, tozeur comptait plus de pieds de palmiers et moins de population que Kebili .**

Actuellement en 2007, ce nombre est passé à 16 pieds, soit un léger accroissement (7%) avec un rapprochement entre les deux gouvernorats. Toutefois, ce léger accroissement cache une nette régression pour **tozeur qui est passé à 16**, et une nette amélioration à **Kebili qui est passé à 17** et ce suite à l'effet combiné de l'accroissement disproportionné de la population et des plantations de palmiers dans chaque gouvernorat.

En effet, entre 1976 et 2007, l'accroissement du nombre de pieds de palmiers à tozeur était inférieur à celui de la population (74% contre 106%), à Kebili les habitants ont planté plus (213% contre 133% et ils étaient beaucoup plus "malthusien" que tozeur), la moyenne générale était de 137% contre 121%. Rappelons qu'auparavant (en 1976), administrativement le gouvernorat de tozeur était rattaché à gafsa alors que Kebili était rattaché à Gabes.

3.2 Les anciennes oasis objet de l'étude

L'appellation ancienne oasis est couramment utilisée par les indigènes pour indiquer les premières oasis créées tout autour des sources d'eau et situées généralement à côté des principales villes telles que : Tozeur (enceinte du périmètre Ibn Chabbat lors de sa prestigieuse configuration de la répartition du volume d'eau des sources entre les secteurs des oasis vers le VIII siècle), Degache, El Hamma, Nafta, Tameghza, Kebili, souk Lahad, Douz

et ce indépendamment des choix techniques des aménagements hydrauliques retenus par la suite pour les nouvelles créations.

Ce n'est que par la suite que c'est défini des options d'aménagements hydrauliques permettant de mieux servir en eau les irrigants dans ces oasis et que s'est mis en œuvre, dans le cadre d'une stratégie de l'Etat, des projets d'infrastructure hydraulique adéquate et des programmes d'investissements conséquents et s'est apparu par conséquent une classification d'oasis entre oasis traditionnelles, oasis modernes et oasis organisées.

Cette situation a d'une part, conduit le technicien à retenir trois types d'oasis : oasis traditionnelles, oasis modernes et oasis organisées et d'autre part, a permis à l'administration notamment : les CRDA et la DG/EDA, de faire des enquêtes et un suivi de la situation annuelle de certaines oasis.

Il y'a même des idées pour retenir dans la catégorie des anciennes oasis celles qui ont un âge supérieur à 70 et 80 ans, mais il semble que le seuil d'âge supérieur à 50 ans pourrait être retenu comme critère de classification des anciennes oasis. Toutefois, dans ces oasis, il y'a eu plusieurs opérations d'éclaircissage des plantations de palmiers et mise en œuvre de programmes d'aménagements hydrauliques notamment à partir des années 80 et suite à l'amélioration de la valeur commerciale de la variété déglet Ennour qui est quasiment destinée à l'exportation. Les opérations d'éclaircissage ont été souvent suivies par d'autres opérations de rajeunissement et de reconversion des variétés moins productives ou moins valorisantes laissant la place à la variété deglet Ennour ; ce qui fait que dans les anciennes et dans les oasis traditionnelles on peut trouver des palmiers de bas âge (≤ 5 a ns, 5 -14 a ns, 15 -49 ans, à l'image de la classification de la DG/EDA lors des enquêtes dans les oasis).

En outre, avec les programmes d'aménagements et les projets d'investissement dans l'infrastructure hydrauliques et dans l'objectif d'assurer une gestion optimale et rapprochée des infrastructures existantes et de l'eau d'irrigation, il y'a eu affectation de la gestion de ces oasis à des structures habilitées qui ont été érigées sous différentes formes d'organisation : AIC, GIC, GDAP et leur statut a suivi l'évolution de la législation en vigueur. Cette situation a relativement déchargé les structures de l'administration et l'Etat d'une façon générale des coûts d'exploitation, d'entretien et de maintenance de l'infrastructure d'une part, et a organisé l'exploitation et la distribution de l'eau d'irrigation d'autre part.

Par ailleurs, pour certains CRDA, le classement d'une oasis en tant qu'oasis traditionnelle est calé sur le type d'aménagement de base, la densité des plantations, l'âge des plantations et la forme d'organisation de l'exploitation de l'eau. Toutefois, certaines parcelles limitrophes aux anciennes oasis et qui se sont étendues par rapport aux aménagements de base ont été classées dans les oasis traditionnelles, alors que d'autres ont été considérées comme extensions illicites. La situation sera clarifiée davantage dans le cadre d'autres projets spécifiques relatifs à la délimitation de chaque type d'oasis : oasis traditionnelles, oasis modernes, oasis organisées, le projet de coopération entre le CRDA de Kebili et la CNT qui sera mis en œuvre prochainement peut servir d'exemples.

Les données de base collectées auprès des deux CRDA Tozeur et kebili sur les anciennes oasis permettent de constater ce qui suit :

- la zone de l'étude concerne 59 oasis répartie à raison du tiers à tozeur et deux tiers à kebili,
- la superficie totale des anciennes oasis s'élève à 7 700 ha dont 3 300 ha à tozeur et 4 400 ha à kebili, soit respectivement l'équivalent de 43% et 57%,
- la superficie de 4 000 ha proposée dans les termes de références de l'étude représente près de la moitié (52%) de la superficie totale de la zone des anciennes oasis
- le phénomène de l'amendement a été observé dans les différentes oasis sans qu'il y'a eu de quantification physique de sa superficie, son importance diffère d'une oasis à une autre,
- la situation de la dégradation au niveau des oasis diffère d'une oasis à une autre,
- Il a été remarqué que le phénomène de la dégradation touche généralement différentes partie de l'oasis souvent non contigües. Cette situation a rendu difficile l'établissement d'une carte de situation relative à 4 000 ha.

Les données relatives aux anciennes oasis sont synthétisées au tableau suivant.

Tableau 1 : données résumées des anciennes oasis Tozeur et kebili

Gouvernorat	Délégation	nbre d'oasis	Superficie (ha)	nbre d'exploitation	superficie par exploitation (ha)
Tozeur	Tozeur	4	959	862	1,1
	Degache	11	1 301	2 443	0,5
	Nafta	4	870	642	1,4
	Tameghza	2	168	250	0,7
	s/t 1	21	3 298	4 197	0,8
Kebili	Kebili Nord	9	927	4 768	0,2
	Kebili Sud	10	1 182	6 109	0,2
	Douz Nord	1	310	1 974	0,2
	Douz Sud	2	198	1 547	0,1
	Souk El Ahad	13	1 581	9 780	0,2
	El Faouar	3	233	1 770	0,1
	s/t 2	38	4 430	25 948	0,2
Total		59	7 728	30 145	0,3

Source : Données des CRDAs + compilation CNEA

Ces données corroborent avec les données de l'enquête sur les oasis traditionnelles effectuée annuellement par la Direction Générale des Etudes et du développement agricole.

la superficie globale, le nombre d'exploitation et la superficie par exploitation **s'élèvent respectivement à 7 700 ha, 30 200 exploitations et 0,3 ha par exploitation**, ces résultats de calcul sont presque identiques aux résultats de calculs présentés précédemment pour les oasis traditionnelles (chap Superficie des oasis traditionnelles) **ils** et dégagent les mêmes caractéristiques à savoir :

- ✓ le rapprochement dans les parts entre les gouvernorats en matière de superficie globale,

- ✓ la petitesse des exploitations de palmier notamment au gouvernorat de kebili, et
- ✓ la superficie de l'exploitation moyenne est autour de 0,3 ha.

Tableau 2: principaux résultat des données sur les anciennes oasis tozeur et kebili

Gouvernorat	oasis		superficie		exploitation		superficie par exploitation ha
	nbre	part	nbre	part	nbre	Part	
Tozeur	21	36%	3 298	43%	4 197	14%	0,8
Kebili	38	64%	4 430	57%	25 948	86%	0,2
Total	59	100%	7 728	100%	30 145	100%	0,3

Source : Données des CRDAs + compilation CNEA

3.2.1 Les anciennes oasis de Tozeur

Les anciennes oasis de tozeur sont des oasis de plaine situées dans les délégations de Tozeur , Nafta et Degache et des oasis de montagne situées dans la délégation de tameghza.

La superficie des oasis de plaine s'élèvent à environ 3 100 ha, soit 95% alors que celle des oasis de montagne s'élève à 200 ha , soit 5% seulement.

Le nombre d'exploitation dans les oasis de plaine s'élèvent à 3 950, soit 94% et le nombre d'exploitation des oasis de montagne s'élèvent à 250, soit 6%.

La superficie moyenne par exploitation est autour de 0,8 ha, elle dépasse 1 ha dans les deux délégations de Tozeur et Nafta et elle s'approche de 0,5 ha dans les délégations de Degache et Tameghza.

Tableau 3 : superficie et nombre d'exploitation par ancienne oasis - tozeur

délégation	Nom du GDA	Superficie équipée (ha)	Nbre de parcelles	superf moy	
Tozeur	El Woust	304	230	1,3	
	Erbatt	291	150	1,9	
	El Hafir	84	133	0,6	
	Abbess	280	349	0,8	
Degache	7 Abar	362	785	0,5	
	Aïn Rebeh	92	196	0,5	
	Hamma Nemlette	162	336	0,5	
	Hamma Mhereb	111	170	0,7	
	Hamma Erg	126	126	1	
	Degueche El Mnecher	54	7	7,7	
	Aïn Torba	91	173	0,5	
	Zaouiet El Arab	45	80	0,6	
	Ouled Hmida	58	120	0,5	
	El Mhassen	145	300	0,5	
	Bouhleh	55	150	0,4	
	Nafta	Fatnassa	294	240	1,2
		Beni Ali	216	144	1,5
Rmeda		340	144	2,4	
Rass El Aïn		20	114	0,2	
Tameghza	tameghza	80	120	0,7	
	Ain El Karma	88	130	0,7	
s/t		3 298	3947	0,8	

Source : Données des CRDAs + compilation CNEA

3.2.2 Les anciennes oasis de Kebili

Les anciennes oasis de Kebili sont des oasis de plaine situées dans les délégations de Kebili nord, Kebili sud, Douz nord, Douz sud, Souk Lahad et El Faouar.

La superficie de ces oasis s'élève à environ 4 400 ha.

Le nombre d'exploitation est autour de 26 000.

La superficie moyenne par exploitation est autour de 0,2 ha, dans les délégations de Kebili, Douz nord et souk Lahad elle est au voisinage de 0,2 ha alors qu'elle est nettement inférieur dans les délégations El Faouar et Douz sud, elle s'approche de 0,10 ha.

Tableau 4 : superficie et nombre d'exploitation par ancienne oasis - Kebili

Délégation	Nom du GDA	Superficie équipée (ha)	Nbre de parcelles	superf moy
Kebili Nord	Tenbib	114	914	0,1
	Ejdida	138	477	0,3
	Errabta	167	830	0,2
	Tombar	152	1106	0,1
	El Mansoura	100	421	0,2
	Radhouan	15	92	0,2
	Telmine	241	928	0,3
Kebili Sud	El Jarsin	89	585	0,2
	Ben Zitoun 1	102	548	0,2
	Errahmét	117	612	0,2
	El Barghouthia	59	220	0,3
	Souk El Biaz	69	230	0,3
	El Blidét	78	503	0,2
	Bazma	152	991	0,2
	Jimna	112	877	0,1
	Bichli	133	778	0,2
Rass El Ain	270	765	0,4	
Douz Nord	Douz	310	1974	0,2
Douz Sud	Nouil	97	912	0,1
	Zâafrane	101	635	0,2
Souk El Ahad	Nouka	128	909	0,1
	Zaouiyét El Harth Nord	79	372	0,2
	Zaouiyét El Harth Sud	56	396	0,1
	Fatnassa	215	872	0,2
	Zaouiét El âaniss	136	1053	0,1
	Aouled Ettouati	61	205	0,3
	Om Essomâa Nord	105	407	0,3
	Zirit El Whichi	87	551	0,2
	Bou Abdalah	284	2323	0,1
	Om Essomâa Sud	140	872	0,2
	El Manchia	128	613	0,2
	Tanchik	60	611	0,1
	El Kliâa	103	596	0,2
El Faouar	Ghidma	81	512	0,2
	El Faouar 1	86	761	0,1
	Esabria	66	497	0,1
s/t		4 430	####	0,2

Source : Données des CRDAs + compilation CNEA

Ce sont ces données de base qui ont été exploitées pour cibler les enquêtes relatives à l'amendement de terre.

3.3 Localisation des oasis

Les oasis tunisiennes offrent une grande diversité de situations: les oasis littorales, les oasis continentales et les oasis de montagne dans lesquelles on distingue les oasis traditionnelles et les créations récentes. Elles sont réparties entre les gouvernorats de Kébili, Tozeur, Gafsa et Gabès. Ces oasis connaissent un développement croissant qui est à la fois le fait de la politique des pouvoirs publics et des populations locales. Il a été basé sur une mobilisation importante des ressources en eau de la région. Mais cette mobilisation s'est traduite aussi par une surexploitation des ressources et notamment des ressources des nappes profondes qui sont peu renouvelables.



Les cartes de localisation sont présentées ci après.

3.4 Caractéristiques climatiques

3.4.1. Pluviométrie

Le gouvernorat de Gafsa reçoit en moyenne 177 mm alors que les gouvernorats de Tozeur et Kébili ne reçoivent que respectivement 102 mm et 119 mm. Ces faibles moyennes sont associées à une grande variabilité inter annuelle. Les pluies se présentent sous forme d'averses brèves et souvent intenses. Les intensités qui ont pu être mesurées sont de l'ordre de 0,1 à 140 mm/h.

3.4.2. Températures

Le régime saisonnier est très contrasté puisque la température du mois le plus chaud (Juillet-Août) est supérieure à 30°C et celle du mois le plus froid (Janvier) est de l'ordre de 10 °C. Ce qui permet d'avoir une amplitude thermique aux alentours de 20°C.

3.4.3. Evaporation

Le pouvoir évaporant de l'atmosphère dépasse les 2500 mm d'eau par an, ce qui signifie que pendant de longues périodes de l'année, l'aridité est quasi-totale. La forte évaporation s'exerce surtout au cours des mois de Mai et d'Octobre quand la réserve en eau dans le sol est forte. Dans la région du Sud-Ouest, les valeurs de mesures de l'évaporation "Piche" donnent des valeurs annuelles variant entre 2432 mm/an (Gafsa), 2650 mm/an (Tozeur) et 2643/an mm (Kébili) avec une valeur moyenne de l'ordre de 2575 mm/an.

A l'échelle mensuelle, le maximum d'évaporation (358 à 368 mm) est observé au mois de Juillet. Le minimum mensuel (82 à 101 mm) se situe, soit en Décembre, soit en Janvier.

3.4.4. Bilan Hydrique

La région du Sud-Ouest connaît un bilan annuel moyen fortement déficitaire d'environ 1800 mm. Ce déficit est presque égal à l'évapotranspiration potentielle (ETP). De ce fait, l'irrigation devient indispensable surtout dans les oasis. Le déficit hydrique dans cette région est énorme.

3.4.5. Bioclimats

Ce sont les étages arides et sahariens avec leurs variantes qui caractérisent la région. Cependant, c'est l'étage saharien qui prédomine.

3.4.6. Vents

La région est le domaine de vents violents et fréquents. Ceci a pour conséquence l'érosion éolienne. Le pourcentage de vents actifs dépassant 3 m/s capables de provoquer la mise en mouvement des particules sableuses, est de 31 % à Tozeur et 66 % à Kébili. La période la plus ventée se situe au Printemps et en Été, l'Automne et l'Hiver sont des saisons calmes. Les vents actifs sont plus fréquents de secteurs Nord et Est. La dynamique éolienne est dirigée vers l'Ouest et le Sud-Ouest. Au cours de la saison estivale, les vents soufflent de secteurs Sud-Ouest à Sud-Est. Ils sont chauds et secs. Le nombre de jours de Sirocco par année varie de 20 à 30j (les dernières années : 29 j/an pour Tozeur, 27 j/an pour Kébili) .

3.4.7. Les vents de sable

L'extrême Sud tunisien est la zone la plus affectée par les vents relativement forts. Comme la fréquence de vents forts y est associée à la présence de grandes étendues de champs dunaires, il en découle de forts déplacements de sable. La région du Sud-Ouest totalise en moyenne selon les régions de 30 à 70 jours de vent de sables par an.

La région des oasis reçoit annuellement moins de 150 mm de pluie et présente une ETP d'environ 1800 mm. Ce sont les étages arides et sahariens avec leurs variantes qui caractérisent la région. Cependant, c'est l'étage saharien qui prédomine. La région est souvent affectée par des vents de sable.

3.5 La superficie des oasis

3.5.1 La superficie totale

Selon les chiffres de l'enquête sur les oasis – année 2007 (DG/EDA) sur les 34 000 ha (33 950 ha) d'oasis du sud composées d'oasis traditionnelles, oasis modernes et oasis organisées, les deux gouvernorats tozeur et Kebili ont une superficie globale de 24 700 ha, soit 73% du total.

Tableau 5: Superficie totale par gouvernorat en 2007 – total oasis

Gouvernorat	oasis traditionnelles	%	oasis modernes + organisées	%	Total	%
Tozeur	3 368	10%	5 038	15%	8 406	25%
Kebili	4 351	13%	11 950	35%	16 301	48%
s/t 1	7 719	23%	16 988	50%	24 707	73%
%	23%		50%		73%	
Gafsa	894	3%	1 487	4%	2 381	7%
Gabes	5 964	18%	895	3%	6 859	20%
s/t 1	6 858	20%	2 382	7%	9 240	27%
%	20%		7%		27%	
Total	14 577	43%	19 370	57%	33 947	100%
%	43%		57%		100%	

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

La superficie des deux gouvernorats Tozeur et kebili se répartit entre 22 700 ha représentant les oasis publics, soit 92%, et 2 000 ha en oasis privés, soit 8%.

Tableau 6 : Répartition de la superficie en oasis publics et oasis privés

Type d'oasis	Kébili		Tozeur		Total	
	superficie	%	superficie	%	superficie	%
Oasis publics	15260	92%	7450	91%	22710	92%
Oasis privés	1270	8%	700	9%	1970	8%
Total oasis	16530	100%	8150	100%	24680	100%

Source : Etude d'évaluation de la situation actuelle de la salinisation des sols + compilation CNEA

Durant les 30 dernières années, cette superficie s'est sensiblement améliorée principalement pour les nouvelles créations (oasis modernes, oasis organisées), la superficie était en 1976 de 17 920 ha pour toutes les oasis du sud. L'accroissement entre 2007 et 1976 était de près de 90% (89%) et l'accroissement annuel moyen était de plus de 3% (3,1%).

Les deux gouvernorats Tozeur et Kebili ont connu une multiplication de leur superficie de plus de deux fois et demi (250%) en moyenne. Le gouvernorat de Kebili a connu une multiplication de sa superficie par plus de 3 fois (311%) et le gouvernorat de Tozeur par près de 2 fois (189%).

Tableau 7 : accroissement de la superficie des oasis entre 1976 et 2007

Gouvernorat	Accroissement entre 1976 et 2007	Accroissement annuel moyen
Tozeur	180%	2
Kebili	311%	3,9
s/t 1	250%	3,2
Gafsa	129%	0,9
Gabes	111%	0,4
s/t 1	115%	0,5
Total	189%	3,1

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

3.5.2 La superficie des oasis traditionnelles

En 2007, les oasis traditionnelles des 4 gouvernorats ont une superficie globale de 14 600 ha soit près de 43 % de la superficie totale des oasis du sud.

La superficie des oasis traditionnelles dans les deux gouvernorats tozeur et Kebili est de 7 700 ha, ce qui représente 53% de la superficie totale des oasis traditionnelles des 4 gouvernorats dont 3 400 ha à tozeur et 4 300 à Kebili, soit respectivement 43% et 57%.

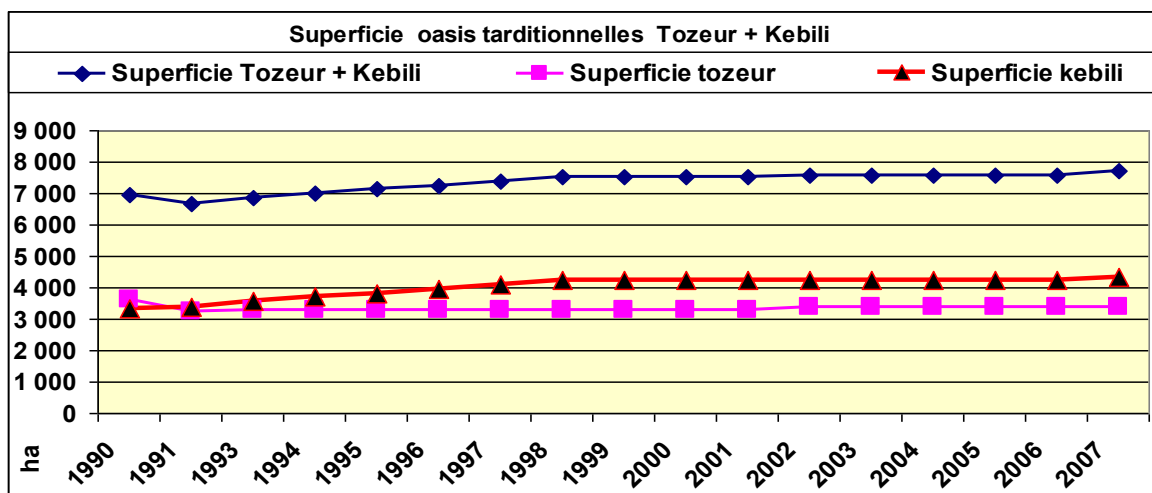
Tableau 8 : Superficie globale des oasis traditionnelles par gouvernorat en 2007

Gouvernorat	superficie oasis traditionnelles (ha)	%
Tozeur	3 368	23%
Kebili	4 351	30%
s/t 1	7 719	53%
%	53%	
Gafsa	894	6%
Gabes	5 964	41%
s/t 1	6 858	47%
%	47%	
total	14 577	100%
%	100%	

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Au cours des 20 dernières années, la superficie des oasis traditionnelles a légèrement augmenté au taux de 10% environ. L'accroissement a été plus important à Kebili qu'à Tozeur.

Le graphique suivant présente l'évolution de la superficie des oasis traditionnelles dans les deux gouvernorats concernés.



Il se dégage de ce graphique qu'au niveau des oasis traditionnelles et durant la période séparant les années 1990 et 2007, il n'y'a pas eu de grands accroissements de la superficie ni à Kebili ni à Tozeur .

Il s'agissait simplement d'une amélioration de la densité des plantations par ha à travers différentes opérations : éclaircissage dans les exploitations à forte densité, rajeunissement des anciennes et vieilles plantations, reconversion des plantations non productives en plantation plus productives et à forte valeur ajoutée notamment Deglet Ennour, plantations des manquants dans certaines parcelles.

3.6. Ressources en sol

Dans l'ensemble, le relief de la région est peu élevé, il se présente sous forme de grandes unités assez homogènes et étendues.

Les principaux types de sols dans les oasis sont comme suit:

- Les sols peu évolués des dépressions alluviales non salées;
- Les sols gypseux;
- Les sols squelettiques;
- Les sols halomorphes;
- Les sols hydromorphes.

Les Caractéristiques morfo-pédologiques de la région du Sud-Ouest dans l'ensemble, présentent un relief sous forme de grandes unités assez homogènes et étendues. Le relief de la région est peu élevé. Un net contraste se dégage entre les plaines, basses steppes et dépressions, d'une part, et les zones montagneuses d'autre part. Les Chotts représentent les points les plus bas du relief. Le Chott Gharsa se situe au-dessous du niveau de la mer : -23 m.

Au Sud de la région prédominent les formes monotones et peu accidentées : Chotts, Erg et hamadas.

Les principaux types de sols sont comme suit :

3.6.1 Les sols peu évolués des dépressions alluviales non salées

Ils constituent les meilleures terres agricoles. Ce sont ces sols qui ont été mis en valeur dans les oasis. Ils comportent généralement trois séries d'horizons:

- Un horizon de surface: il correspond à l'horizon de travail du sol sur une profondeur d'une trentaine de centimètres. Il est le plus souvent meuble et humifère.
- Des horizons moyens: de profondeurs variables (30 à 150 cm), peu humifères et sains, ils commencent à être affectés par l'hydromorphie.
- Des horizons de profondeur: Ils sont rarement sains en raison de la présence de la nappe qui détermine une hydromorphie d'intensité variable.

Du point de vue physique, ces sols se caractérisent par une texture sableuse à équilibrée, en relation avec les différentes roches mères (alluvions-colluvions, dépôts éoliens, etc.).

3.6.2 Les sols minéraux bruts (sables éoliens) :

Des dunes de diverses formes et de diverses tailles colonisant la zone de transition entre le chott Jerid et l'Erg Oriental du Nefzaoua et le Ghrib. La proximité de l'Erg Oriental, grand réservoir de sables, a contribué en partie à l'extension de ces formes en les alimentant en matériaux quartzeux. Etant donné leur mobilité, ces accumulations éoliennes ne présentent pas d'horizon pédogénétique. Elles sont classées alors parmi les sols minéraux bruts où aucune forme de culture ne peut être pratiquée.

3.6.3 Les sols gypseux

Ces sols sont riches en gypse, ils se trouvent autour des Chotts et des Sebkhass. Ils se développent dans les zones d'extension des croûtes et encroûtement gypseux. Ils ne sont que moyennement contraignants pour la végétation et l'agriculture.

3.6.4 Les sols squelettiques

Ces sols se caractérisent par l'absence de matière organique et ne peuvent en aucun cas servir pour l'agriculture. Ils sont parsemés d'une très maigre végétation constituant des terrains de parcours à très faible charge pastorale.

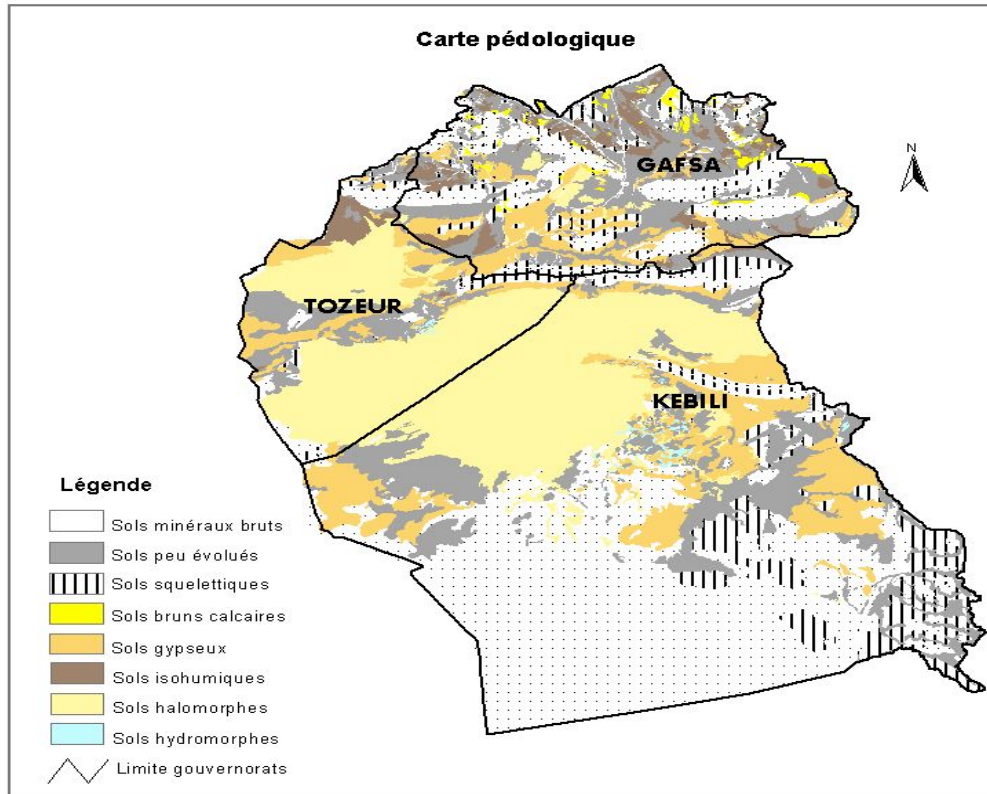
3.6.5 Les sols halomorphes

Ils sont présents dans la zone des Chotts et sur des matériaux alluviaux à texture sablolimoneuse à limonosableuse. Soumis à l'action des nappes phréatiques très salées, ils montrent des efflorescences salines ou un encroûtement salin superficiel. La présence de croûte et encroûtement gypseux de nappe, à moyenne profondeur, est la règle dans l'ensemble des chotts et de sebkhass. En général, ces sols ne sont pas cultivables à l'exception des oasis où l'irrigation intensive permet leur lessivage et le drainage

3.6.6 Les sols hydromorphes

La stagnation prolongée des eaux dans les sols peut affecter même les horizons de surface. Ce phénomène apparaît dans les zones topographiquement basses ou dans les zones à mauvais drainage. L'engorgement des sols par l'eau est dangereux car il entraîne la

salinisation des sols, la pourriture des racines, et il favorise une végétation envahissante nuisible, difficile à détruire.



Carte pédologique de la région Sud-Ouest.

Faute d'humidité suffisante, les processus fondamentaux de la transformation des roches mères sont réduits à leur plus simple expression. L'absence de végétation ou sa rareté font également que ces sols sont pauvres en matière organique et en humus. Ils sont pour toutes ces raisons sensibles à l'érosion, hydrique et surtout éolienne. En plus de ces deux facteurs, l'irrigation avec une eau chargée a aggravé le phénomène de salinisation des sols.

3.7 Ressources en eau

Les deux Gouvernorats Tozeur et Kebili puisent la quasi-totalité de leurs besoins en eau dans les nappes souterraines profondes et très peu dans les nappes superficielles. Les nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) s'étendent dans un espace très vaste englobant même des étendues dans d'autres Gouvernorats tel que Gabes, Tataouine et une partie même du territoire algérien.

Trois types de ressources peuvent être distingués :

- Les eaux de surface;
- Les nappes phréatiques;
- Les nappes profondes.

3.7.1. Les eaux de surface

Les ressources en eau de surface sont très limitées. Cette faiblesse se justifie par l'insuffisance des précipitations, leur irrégularité et l'importance de l'évaporation. Le ruissellement est très irrégulier et ne se produit que lors de fortes pluies. En effet le potentiel global des eaux de surface dans tout le Sud tunisien reste modeste. Il est évalué à 140 millions de m³/an, ce qui correspond à 5,3 % des ressources potentielles du pays. Ce pourcentage traduit l'aspect aride de la région et la part secondaire des eaux de surface dans le bilan des ressources hydrauliques de la région.

3.7.2. Les nappes phréatiques

Les gouvernorats de Tozeur et de Kébili présentent des ressources phréatiques de l'ordre de 39 Mm³/ans, logées dans les remplissages superficiels d'âge Plio-Quaternaire. Les ressources exploitables sont étroitement liées aux doses d'irrigation assurées au sein de l'oasis.

Gouvernorat de Tozeur

Le potentiel en eau phréatique le plus important est localisé dans le gouvernorat de Tozeur. Il est de l'ordre de 33,5 Mm³/an. Ces ressources sont logées dans des aquifères détritiques appelées Nappe du Jrid.

La nappe du Jrid est une nappe phréatique renfermée dans le remplissage superficiel du Plio-Quaternaire constitué de sables, de sables argileux et d'argiles sableuses et gypseuses. L'épaisseur de la formation aquifère est variable. Elle est de 10 à 20 m à l'intérieur des oasis du flanc Sud et atteint 40 à 50 m dans les oasis du flanc Nord (Ibn Chabatt, Chemsas et Neffayet). En dehors des oasis, on parle plutôt de la nappe du Plio-Quaternaire caractérisée par la mauvaise qualité chimique de ses eaux (R.S > 5 g/l) en rapport avec la nature lithologique de la formation aquifère riche (argile et gypse).

L'exploitation de la nappe d'oasis du Djérid a été considérée comme un appoint pour un complément d'irrigation surtout durant la période qui s'étale du mois de mai au mois de septembre. Les enquêtes effectuées par la DG/RE ont montré en 2005 que l'intensification de l'exploitation des puits et des puits forés au sein des oasis s'opèrent au cours de la saison à forte température.

Le nombre total de puits recensés en 2005 est de l'ordre de 1790 puits dont 232 puits abandonnés. Le nombre de puits équipés est de 1546 dont 269 sont électrifiés. Le taux d'équipement est d'environ 86,5%. Cette nappe dont les ressources exploitables sont évaluées à 27 Mm³/an, est exploitée en 2005 à raison de 28.4 Mm³. Les conséquences de cette légère surexploitation se manifestent pendant la période estivale. Compte tenu de sa structure particulière et surtout son mode d'alimentation, la surexploitation des nappes d'oasis du Djérid reste à étudier au niveau de chaque oasis. Les prélèvements les plus importants s'effectuent au niveau de Jhim, de l'oasis de Tozeur et dans toute la région comprise entre

Castilia et El Menachi. Il y a lieu de signaler la discontinuité hydraulique entre les nappes des oasis du flanc Sud et celle du flanc Nord de Draa Djerid. Au niveau des oasis du flanc Nord, les prélèvements sont encore inférieurs aux ressources exploitables.

Gouvernorat de Kebili

Les ressources phréatiques dans le gouvernorat de Kébili sont réparties sur trois nappes de types oasis qui sont :

- Nappe phréatique de Kébili
- Nappe de Souk Lahad
- Nappe de Douz

Elles sont renfermées dans des formations argilo-sableuses à limoneuses du Mio-Plio-Quaternaire.

Nappe de Kébili

Cette nappe englobe la région de Bazma jusqu'à Rahmat au Sud et d'El Guettaya à l'Ouest à Telmine-Mansoura au Nord et Nord Est. Le nombre total de puits qui était de 60 en 2000 n'est que de 24. Cette diminution du nombre résulte de l'abandon de certains puits à cause de l'augmentation de la salinité et la satisfaction des besoins en eau par les sondages illicites.

Pour des ressources évaluées à 0.94 Mm³ l'exploitation se limite à 0.03 Mm³ (3.2 %). La salinité de l'eau est comprise entre 4 et 10 g/l.

Nappe de Souk Lahad

Cette nappe s'étend sur toute la région de la presqu'île de Kébili (0m Somaâ, Menchia, Negga et Souk Lahad). Le nombre de puits de surface ne cesse d'augmenter d'une année à l'autre. Le nombre est passé de 63 en 1995 à 67 en 2000 pour atteindre 75 en 2005. Avec la diminution du nombre de puits équipés, l'exploitation est évaluée à 0.03 Mrn³/an, et ne représente que 3.2 % des ressources disponibles (0.94 Mm³/an). Les eaux de recharge de cette nappe sont des eaux de drainage. Leur salinité est élevée. Elle est comprise entre 4.7 et 11 g/l.

Nappe de Douz

Cette nappe, la plus sollicitée de toutes les nappes du gouvernorat, est exploitée en 2005 à raison de 0.09 Mm³/an soit 9.47 % de ses ressources qui sont estimées à 0.95 Mm³/an. Cette nappe a enregistré une diminution du taux d'exploitation et du nombre de puits par rapport à l'inventaire de l'année 2000. Sur un nombre total de 129 puits 70 sont équipés. Cette diminution résulte essentiellement de l'abandon d'un grand nombre de puits suite à l'augmentation de leur salinité qui a atteint les 12 g/l.

3.7.3. Les Nappes Profondes

Les anciennes oasis des gouvernorats de Kébili et Tozeur répond en quasi-totalité leurs besoins en eau à partir des nappes souterraines profondes. Les nappes du Continental Intercalaire (CI) et du Complexe Terminal (CT) qui s'étendent dans un espace très vaste englobant des étendues des Gouvernorats de Kébili, Gabès, Tozeur et Tataouine et une partie du territoire Algérien.

Nappe du Complexe Terminal (CT)

La nappe du CT du Jérid–Nefzaoua s'étend sur une vaste zone de la rive sud du Chott El Gharsa à la limite occidentale du Dhaher au niveau des affleurements carbonatés du crétacé.

L'aquifère est de nature sableuse dans le Jérid et calcaire dans le Nefzaoua. Les eaux sont fossiles pour l'essentiel et très peu renouvelables.

L'alimentation actuelle est très faible et s'effectue directement des précipitations. L'écoulement souterrain s'effectue du Sud vers le Nord en direction du Chott Jérid.

Les ressources en eau de la nappe du CT se localisent pour l'essentiel dans le Nefzaoua : 58%, et dans le Jérid : 40%. Alors que la zone de Gafsa n'en renferme que 2%.

Nappe du Continental Intercalaire (CI)

Cette nappe s'étend sur une vaste superficie dépassant les limites du territoire tunisien, couvrant une grande partie du Sahara Algérien. Ces ressources constituent 10% des nappes profondes de la région Sud-Ouest.

La nappe du CI est pour l'essentiel fossile. Son alimentation actuelle est très limitée et s'effectue par le Dhaher. L'écoulement souterrain s'effectue du Sud au Nord en direction du Nefzaoua et du sillon des Chotts. Ces régions reçoivent un flux souterrain important de l'Ouest en provenance du Sahara Algérien. L'eau s'écoule par la suite vers l'Est en direction de Chott Fejej qui constitue l'exutoire de la nappe du CI. Le Nefzaoua, le sillon des Chotts ainsi que le Jérid sont des zones d'artésianisme.

Dans le CI, la température de l'eau accuse une augmentation sensible passant de 53°C vers Douz à 72°C à Kebili. C'est l'ensemble de la région du sillon des Chotts qui semble présenter l'eau la plus chaude de la nappe du CI. Dans le Jérid, la température de l'eau est comprise entre 70-76°C. Avant toute irrigation, les eaux chaudes doivent passer par des colonnes de refroidissement.

Ce sont les eaux souterraines du CT et du CI, jaillissantes sous formes de sources, qui ont permis la création et la permanence des oasis de la région. L'introduction de la technique du forage depuis le 19^{ème} siècle et la généralisation progressive du pompage ont engendré des modifications notables sur les caractéristiques piézométriques, hydrologiques et géochimiques de ces nappes. Elles demeurent toujours la ressource vitale pour toute activité agricole et la condition indispensable pour l'installation humaine et la pérennité de la vie dans ces régions arides.

3.7.4. Exploitation des nappes profondes dans les Gouvernorats de Tozeur et Kébili

Gouvernorat de Tozeur

- Nappe du Complexe Terminal du Djérid

Les ressources renouvelables de la nappe du Complexe Terminal du Djérid sont estimées 142,2 Mm³, qui représente le potentiel en eau le plus important de la région. L'exploitation de cette nappe a atteint en 2004 129,02 Mm³/an.

- Nappe du Continental du Djérid

L'exploitation globale de cette nappe est de l'ordre de 9.78 Mm³/an pour des ressources estimées à 17,5 Mm³/an.

- Nappe de Tamerza

Les émergence de la nappe Miocène de constituent les principaux points d'eau exploitant ce système aquifère. L'oued Tamerza assure les besoins en eau d'irrigation de l'oasis de Tamerza et celle de Foum El Khanga. Le débit pérenne oscille entre 60 l/s (basse eaux) et 80 l/s (hautes eaux) et qui représente 66 % de l'exhaure total de la nappe de Tamerza.

- Nappe Plio-Quaternaire de Tamerza

Cette nappe est nouvellement reconnue après la réalisation du forage Rchig P.Q. Ce forage a capté les séries sablo-argileuses du plio-quaternaire. Il a donné 10 l/s et un résidu sec de 2,6 g/l. le volume exploité reste encore faible (0,03 Mm³/an en 2004) par rapport aux potentiels exploitables (4 Mm³/an).

Gouvernorat de Kébili

Les nappes profondes exploitées dans le gouvernorat de Kébili sont de type fossile, ils sont donc peu renouvelables. De ce fait, la pluviométrie n'influe que partiellement sur l'exploitation et non sur les ressources mobilisables des nappes profondes.

Au niveau des anciens oasis du gouvernorat de Kébili, l'irrigation se fait principalement à partir de la nappe de Nefzaoua.

Le système aquifère de Nefzaoua est constitué de six niveaux :

- C T Oued El Halouf
- C T Chott Djérid
- C T Bas Est Chott Djérid
- Turonien Est Chott Djérid
- C T Sud S-W Chott Djérid
- Miocène du Djérid

Le niveau aquifère du Complexe Terminal Bas Est de Chott Djérid constitue la principale source d'eau d'irrigation des anciens oasis de Kébili à travers 70 points d'eau (d'après la carte agricole).

Actuellement la nappe de Nefzaoua est exploitée a raison de 290 Mm³/an et par le biais de : 153 points d'eau dont

- 114 forages pompés
- 38 forages artésiens
- Une seule source immergente

Les ressources en eau de cette nappe présentent un résidu sec qui varie entre 1,04 g/l vers 9,32 g/l.

Depuis 1995 la nappe de Nefzaoua a connue une forte augmentation au niveau de l'exploitation (de 207,77 Mm³ vers 301,74 Mm³) qui dépasse largement ses ressources (142 Mm³/an). Cette augmentation se traduisait par une baisse continue du niveau piézométrique de la nappe et le passage de l'exploitation artésien vers le pompage.

3.8 L'effectif de palmiers dattiers

Le palmier dattier est un fruit à péricarpe charnu,disposant d'une graine ou noyau enveloppée dans un endocarpe fibreux .La consistance, la forme, la couleur, les dimensions, la composition chimiques e t la précocité de la datte diffèrent d'une variété (cultivar)à l'autre.

il convient de distinguer 5 phases dans la vie du dattier :

- ✓ Croissance du rejet rattaché au pied-mère :5 à 7 ans
- ✓ Croissance du rejet repiqué :4 à 6 ans
- ✓ Entrée en production et formation de rejets :14 à 20 ans
- ✓ Pleine production sans formation de rejets :30 à 35 ans
- ✓ Déclin de la production :à l'approche de 100 ans

3.8.1 Effectif total de palmiers

Le nombre total de pieds de palmiers s'éleva en 2007 à 4,707 millions dont 4,07 millions de pieds dans les deux gouvernorats de Tozeur et Kebili, soit près de 86% du total.

Tableau 9 : Nombre total de pieds de palmiers et nombre moyen par ha en 2007 – ensemble des oasis

gouvernorat	Total nbre de pieds En 2007	total en %	Nbre moyen de pieds par ha
Tozeur	1 638 000	35%	195
Kebili	2 429 000	52%	149
s/t 1	4 067 000	86%	165
%	86%		
Gafsa	142 000	3%	60
Gabes	498 000	11%	73
s/t 1	640 000	14%	69
%	14%		
total	4 707 000	100%	139
%	100%		

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

En 1976, le nombre total de pieds de palmier dans le sud était de 2,27 millions, ce qui montre l'accroissement substantiel qu'ont connu les plantations de palmiers durant les 30 dernières années. Le nombre de pieds de palmiers durant cette période a été multiplié par plus de deux fois (211%). Les deux gouvernorats Tozeur et Kebili ont connu les plus grands accroissements du sud avec un rythme record pour le gouvernorat de Kebili où l'effectif de palmier a été multiplié par près de deux fois et demi (2,37) alors qu'à Tozeur, il a été multiplié par près de deux fois (1,74), démontrant de ce fait l'attachement des habitants des oasis à cette culture, à leur milieu de vie et à leur source de revenu notamment avec l'amélioration de la valeur commerciale de certaine variété de dattes telle que Deglet Ennour.

Tableau 10 : accroissement du nombre de pieds de palmiers entre 1976 et 2007

Gouvernorat	total pieds 1976	total pieds 2007	Accroissement entre 1976 et 2007	accr annuel moyen
Tozeur	940600	1 638 000	174%	1,8
Kebili	776220	2 429 000	313%	3,9

Gouvernorat	total pieds 1976	total pieds 2007	Accroissement entre 1976 et 2007	accr annuel moyen
s/t 1	1 716 820	4 067 000	237%	2,9
Gafsa	120290	142 000	118%	0,4
Gabes	390400	498 000	128%	0,9
s/t 1	510690	640 000	125%	0,8
total	2 227 510	4 707 000	211%	2,5

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

En termes de variété, la variété Deglet Ennour représentait en 2007, 60 % du total de pieds. Les deux gouvernorats tozeur et kebili disposaient à eux seuls plus de 95% du total.

En 2007, le nombre moyen de pieds par ha pour les 4 gouvernorats du sud était autour de 140 pieds, il était de 165 pieds pour les deux gouvernorats de tozeur et Kebili avec environ 200 pieds à tozeur et près de 150 pieds à kebili.

3.8.2 Effectif de palmiers des oasis traditionnelles

Le nombre de pieds de palmiers tout âge confondu dans les oasis traditionnelles des quatre gouvernorats du sud s'élevait en 2007 à 2,332 millions, soit la moitié du total de pieds (50%). Les deux gouvernorats Tozeur et Kebili disposaient de près de 1,9 millions de pieds, soit près de 40% du total.

Tableau 11 : nombre total de pieds par gouvernorat en 2007 - oasis traditionnelles

Gouvernorat	Nbre. total de pieds des Oasis traditionnelles	Nbre. moyen de pieds par ha Oasis traditionnelles
Tozeur	1 046 546	310
Kebili	829 574	190
s/t 1	1 876 120	240
% par rapport au total oasis	40%	
Gafsa	19 448	25
Gabes	436 782	75
s/t 1	456 230	65
% par rapport au total oasis	10%	
Total	2 332 350	160
% par rapport au total oasis	50%	

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Durant les 30 dernières années, le nombre de pieds de palmiers dans les oasis traditionnelles a augmenté d'une façon substantielle. En effet, pour l'ensemble des oasis du sud il a été multiplié par plus de trois fois et demi (378%) en moyenne. le nombre de pied était en 1976 d'environ 617 000.

Dans les deux gouvernorats Tozeur et Kebili, l'effectif de palmiers dans les oasis traditionnelles a été multiplié par plus de 4 fois (406%). L'accroissement était respectivement de 452 % et 359% à Tozeur et Kebili.

Tableau 12 : Accroissement du nombre de pieds de palmiers dans les oasis traditionnelles entre 1976 et 2007

Gouvernorat	total pieds 1976 oasis trad	total pieds oasis trad. 2007	Accroissement entre 1976 et 2007	Accr. annuel moyen
Tozeur	231 310	1 046 546	452%	5,1
Kebili	230 970	829 574	359%	4,3
s/t 1	462 280	1 876 120	406%	4,8
Gafsa	56 600	19 448	34%	0,4
Gabes	98 280	436 782	444%	5,1
s/t 1	154 880	456 230	295%	3,7
total	617 160	2 332 350	378%	4,5

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Dans les oasis des deux gouvernorats, entre 1976 et 2007, le nombre moyen de pieds par habitant a doublé, il est passé **de 4 pieds en 1976 à près de 8 pieds en 2007**. L'accroissement a concerné les deux gouvernorats mais avec des taux différents.

A **tozeur**, il a plus que doublé en **passant de 5 à 10 pieds**, mais à **Kebili**, il **s'est accru de moitié en passant de 4 à 6**.

A Tozeur, cet accroissement important est expliqué en partie par l'effet de l'accroissement disproportionné de la population et du nombre de pied de palmier, ils étaient respectivement de 106% et 352%.

A kebili, cet accroissement relativement modeste est expliqué en partie par l'effet de l'accroissement disproportionné de la population et de celui du nombre de pied de palmier, ils étaient respectivement de 133% et 259%.

Cette tendance montre encore que les habitants des oasis comptaient sur les oasis traditionnelles dans la composition de leur patrimoine, la part de chaque type d'oasis dans la composition du nombre moyen de pieds par habitant confirme cette tendance, elle est passée de **27 % à 46%**.

Tableau 13 : Part par habitant du nombre moyen de pieds d'oasis traditionnelles par rapport au nombre total moyen de pieds de palmiers

Gouvernorat	Part en 1976	Part en 2007
Tozeur	25%	64%
Kebili	30%	34%
s/t 1	27%	46%

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

En 2007, le nombre moyen de pieds par ha dans les oasis traditionnelles pour les deux gouvernorats est de 240 pieds. A Tozeur il est autour de 310 pieds, à kebili il est autour de 190 pieds. Ces chiffres étaient en 1976 largement supérieur à ce niveau dans plusieurs parcelles et c'est grâce à l'effet du rajeunissement, de la reconversion des anciennes plantations, des aménagements hydrauliques et de l'amendement de terre qu'il ont baissé.

3.9 L'effectif et la taille des exploitations

3.9.1 Effectif et taille des exploitations de l'ensemble des oasis

Pour ce qui est du nombre d'exploitation dans les oasis du sud en 2007, il était de 51 212. Les deux gouvernorats Tozeur et Kebili disposaient d'environ 37 100 exploitations soit près de 72% du total avec 61 % à kebili et 11% à Tozeur.

Tableau 14 : effectif total et effectif moyen d'exploitations par gouvernorat en 2007 – ensemble oasis

Gouvernorat	Effectif Total	%	Effectif moyen par ha
Tozeur	5 822	11%	0,7
Kebili	31 261	61%	1,9
s/t 1	37 083	72%	1,5
%	72%		
Gafsa	1 612	3%	0,7
Gabes	12 517	24%	1,8
s/t 1	14 129	28%	1,5
%	28%		
Total	51 212	100%	1,5
%	100%		

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Ce tableau montre, en matière de répartition de l'effectif des exploitations par ha, une situation inversée entre les 2 gouvernorats. A kebili, **Pour avoir 1 ha on a besoin de 2 exploitations**, par contre **à tozeur 2 exploitations font près de 1,5 ha** ce qui montre la petitesse des exploitations à Kebili.

3.9.2 Effectif et Taille des exploitations dans les oasis traditionnelles

Dans les oasis traditionnelles, la dimension de l'exploitation est de petite taille, elle est de 0,35 ha en moyenne pour les deux gouvernorats. Toutefois, elle est cinq fois plus grande à Tozeur qu'à kebili, 1,13 ha à tozeur et 0,23 ha à Kebili. Ce ci est dû à l'importance du nombre d'exploitation inférieure à 0,5 ha à kebili (exp<0,5 ha représentent 80 % du total) et leur faiblesse à tozeur (exp<0,5 ha représentent 20 % du total). Le nombre d'exploitation dans les oasis traditionnelles des deux gouvernorats est de 22 300, à tozeur il est de 13%, à kebili il représente 87%, soit six fois plus grand.

Tableau 15 : Effectif total et effectif moyen d'exploitation dans les oasis traditionnelles 2007 - oasis traditionnelles

Gouvernorat	Effectif total	%	Effectif moyen
-------------	----------------	---	----------------

Gouvernorat	Effectif total	%	Effectif moyen
Tozeur	2 993	9%	0,9
Kebili	19 308	56%	4,4
s/t 1	22 301	65%	2,9
%	65%		
Gafsa	875	3%	1,0
Gabes	11 315	33%	1,9
s/t 1	12 190	35%	1,8
%	35%		
Total	34 491	100%	2,4
%	100%		

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Rappelons que les extensions et les nouvelles créations d'oasis ont été plus importantes que les oasis traditionnelles.

Ce tableau montre encore que dans les oasis traditionnelles des deux gouvernorats (tozeur et kebili) le nombre d'exploitations par ha est en moyenne autour de 3 parcelles. Mais, cette moyenne cache une nette différence entre les gouvernorats. A tozeur, on trouve pour chaque ha une seule parcelle alors qu'à Kebili on trouve plus de 4 parcelles par ha et ceci est dû en partie aux effets de l'aménagement de base des oasis qui avait retenu une taille importante à tozeur beaucoup plus qu'à Kebili et au phénomène de l'héritage.

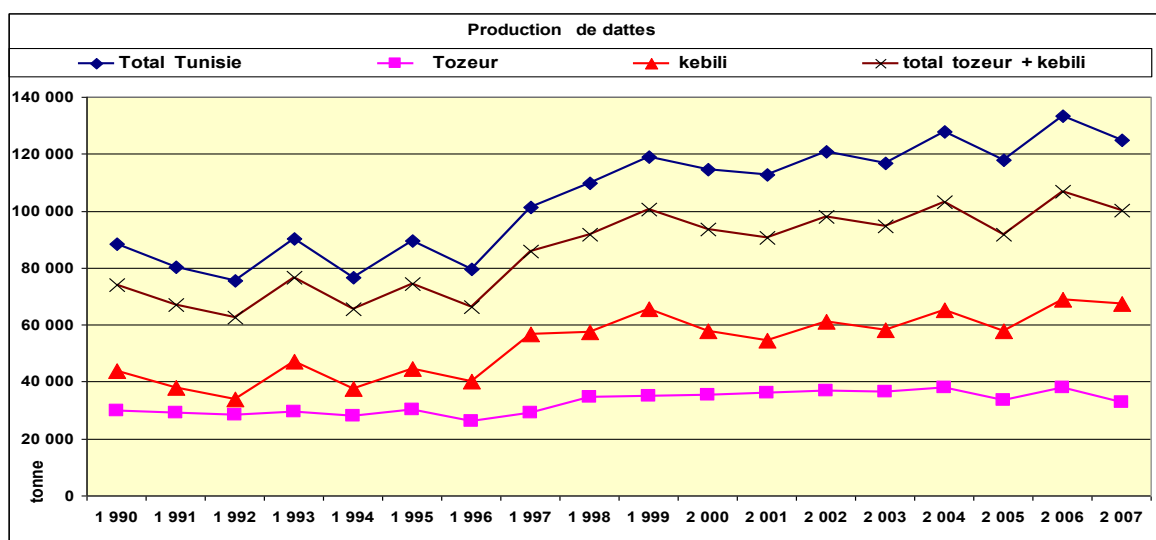
3.10 La production

3.10.1 La production globale de dattes

La production de dattes en Tunisie s'est accrue sensiblement durant les 20 dernières années, elle a oscillé entre 63 milles tonnes et 107 milles tonnes. 82 % de cette production proviennent des 2 gouvernorats de tozeur et kebili. Près du tiers (31%) provient de Tozeur et plus de la moitié (51%) provient de kebili.

Le trend d'évolution marque une amélioration sensible pour tout le pays avec une nette amélioration pour kebili et une très légère amélioration pour Tozeur et ce grâce à l'effet des nouvelles plantations.

Le graphique suivant présente l'évolution de la production de dattes en Tunisie et pour les deux gouvernorats concernés.

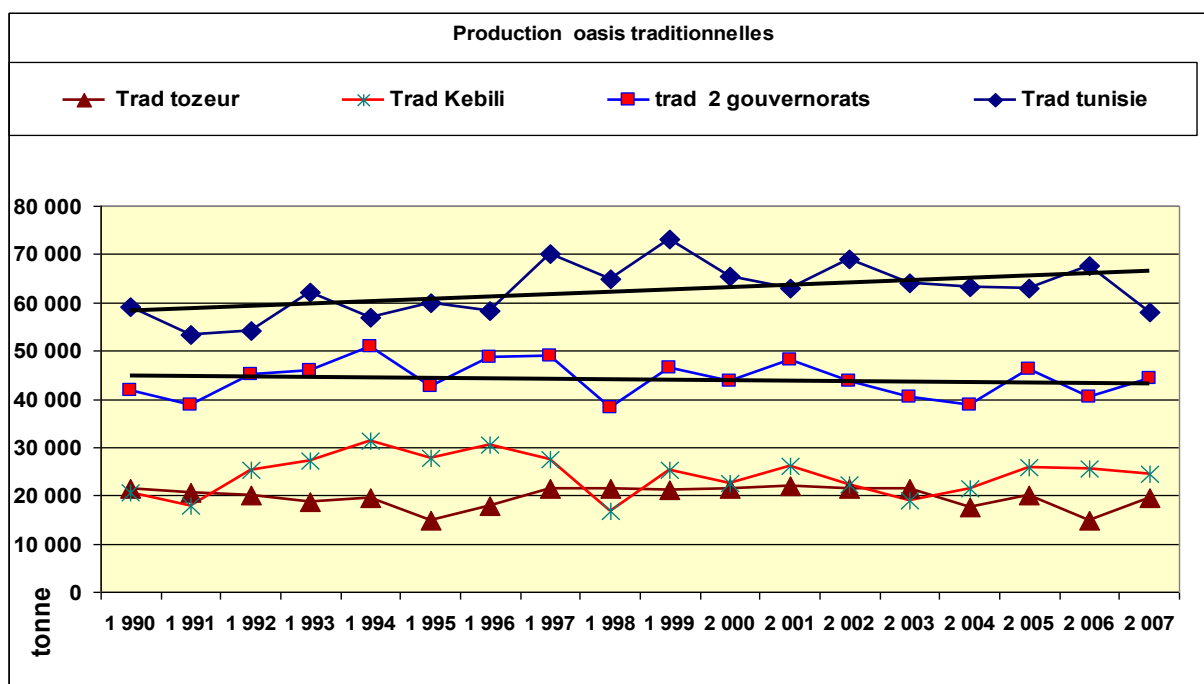


3.10.2 La production des oasis traditionnelles

La production totale des oasis **traditionnelles dans les 4 gouvernorats s'est légèrement améliorée** durant les 20 dernières années mais elle a connu un fléchissement au cours des cinq dernières années, elle a oscillé entre **53 milles tonnes et 73 milles tonnes**. **70 %** de cette production proviennent des 2 gouvernorats de Tozeur et Kebili. Près du tiers (32%) provient de Tozeur et près de 40% (39%) proviennent de Kebili.

Mais, si le **trend d'évolution a connu une légère amélioration pour tout le pays**, ce sont simplement les deux gouvernorats (Gafsa, Gabes) qui ont connu une petite amélioration. Pour les deux gouvernorats **Tozeur et Kebili**, il a été remarqué **une légère régression**.

Le graphique suivant présente l'évolution de la production des oasis traditionnelles en Tunisie et celle des deux gouvernorats concernés.



Ce graphique, montre que malgré une nette augmentation du nombre de pieds des palmiers dans les oasis traditionnelles multiplication par plus de 4 fois, la production n'a pas suivi cette évolution, ce qui ne peut s'interpréter que par une baisse du rendement par pieds.

3.11 Les rendements

3.11.1 Les rendements globaux

Les rendements globaux des dattes pour l'année 2007 se sont élevés à 25 kg par pied en moyenne pour les gouvernorats de Tozeur et Kebili. Ils sont respectivement de 28 , 17 et 18 kg pour les variétés deglet ennour, alig et autres variétés.

Les rendements globaux à Kebili sont plus élevés qu'à Tozeur, la moyenne est respectivement de 28 et 20 kg/ pied, soit un rapport de près de 140%(139%).

Tableau 16 : Rendements globaux toutes oasis confondues en 2007- kg/pied

Gouvernorat	Deglet nour	alig	autres variétés	total
Tozeur	24	15	13	20
Kebili	30	20	23	28
s/t 1	28	17	18	25

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

3.11.2 les rendements des oasis traditionnelles

Les données concernent l'ensemble des arbres existants dans les oasis traditionnelles de tout âge. Il y a lieu de remarquer que le rendement des palmiers à Kebili est plus élevé qu'à Tozeur, il représente près d'une fois et demi celui de tozeur.

En 2007, dans les oasis traditionnelles le rendement moyen global s'est élevé à 21,5 kg par pied pour les 2 gouvernorats. La moyenne par variété était de 25,5 ; 19 et 15 kg respectivement pour deglet ennour, alig et autres variétés. Le rendement global à Kebili est plus élevé qu'à Tozeur, le rapport est plus de 2 fois (219%).

Toutefois, le rendement moyen global par pied entre les 2 quinquenni 1991- 1995 et 2003-2007 a considérablement baissé et il a touché le gouvernorat de Kebili beaucoup plus que celui de Tozeur :

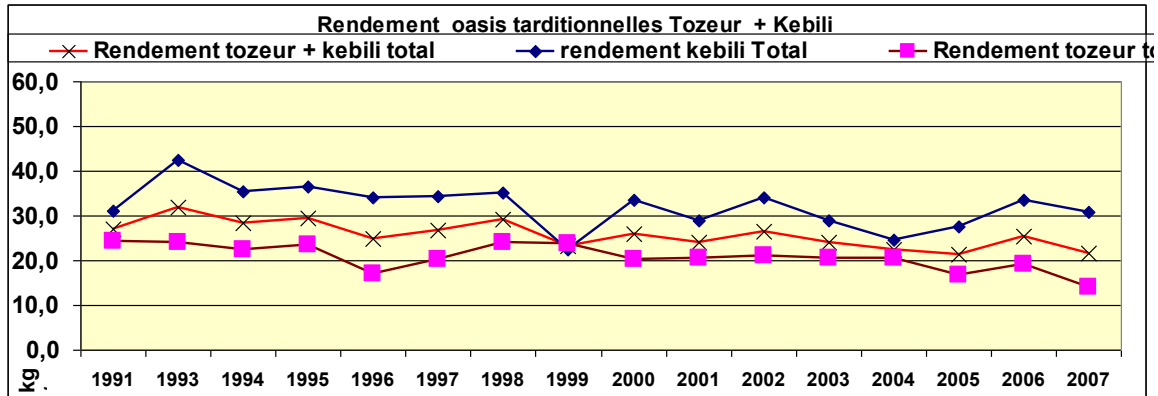
- ✓ A Kebili il est passé de 36 kg par pieds (moyenne de 91 à 95) à 29 kg (moyenne de 2003-2007), la baisse est de 20%,
- ✓ A Tozeur, il est passé de 24 kg par pieds (moyenne de 91 à 95) à 21 kg (moyenne de 2003-2007), la baisse est de 13%,

Tableau 17 : Rendement global par pied et par gouvernorat en kg/pieds – oasis traditionnelles

Gouvernorat	Rendement Moyen 91 -95	Rendement Moyen 2003 - 2007	Baisse entre les deux quinquenni
Tozeur	24	21	13%
Kebili	36	29	20%
Rapport Kebili / tozeur	154%	142%	156%
Rendement total moyen tozeur + Kebili	29	24	17%

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Le graphique suivant présente l'évolution des rendements dans les oasis traditionnelles des deux gouvernorats Tozeur et Kebili et montre la baisse tendancielle durant les 18 dernières années 1991 - 2007.



Ce graphique confirme la baisse tendancielle des rendements pour les deux gouvernorats.

Plusieurs facteurs ont été à notre sens derrière cette régression, dont on cite :

- ✓ L'augmentation du nombre de pieds de jeune palmiers qui sont en phase non productive,
- ✓ la petitesse des exploitations, les problèmes de l'héritage et les difficultés d'entente entre les héritiers qui peuvent se traduire par l'absentéisme et le délaissement des parcelles,
- ✓ le manque de ressource en eau, les difficultés de gestion de l'eau et l'éloignement du tour d'eau dans certaines oasis,
- ✓ le vieillissement des plantations et la baisse de leur productivité,
- ✓ la baisse de fertilité du sol et le manque d'apport de la matière organique,
- ✓ les problèmes d'hydromorphie et de drainage,
- ✓ les problèmes de la salinité, ...etc.

3.11.3 Les rendements par variété dans les oasis traditionnelles

En ce qui concerne les variétés, on a remarqué que la moyenne des deux gouvernorats durant les cinq dernières années 2003 –2007 dégage un classement comme suit :

- ✓ Classe 1, variété alig avec 25 kg par pied,
- ✓ Classe 2, variété déglet ennour avec 24 kg par pied,
- ✓ Classe 3, variété communes avec 23 kg par pied

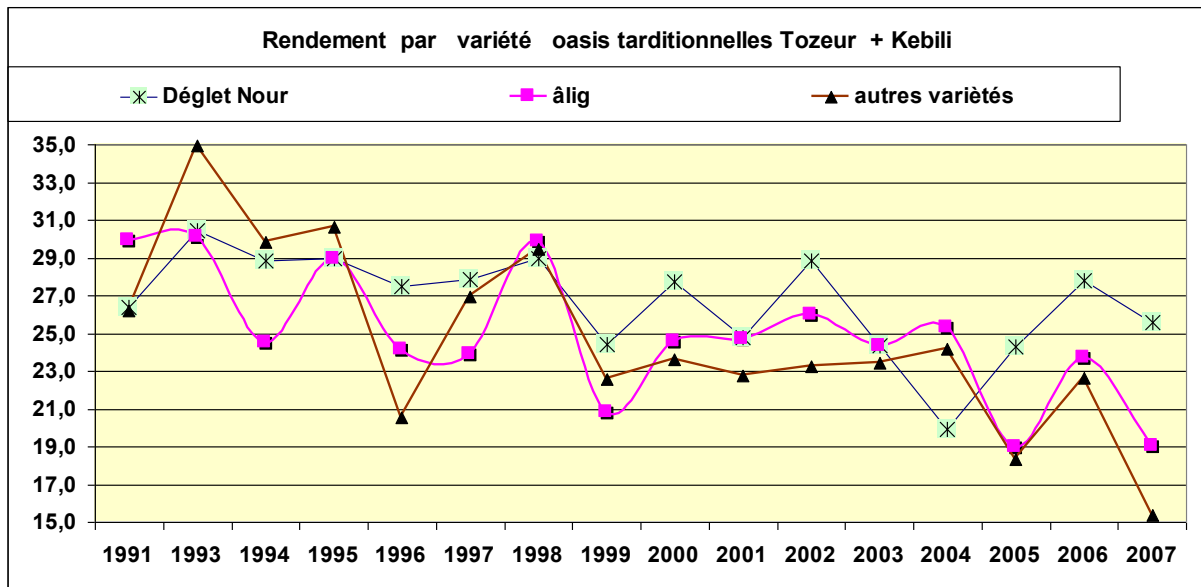
Il y'a plus de 10 années (entre 1991 –1995) ce classement était différent :

- ✓ Classe 1, variété commune avec 30 kg par pied,
- ✓ Classe 2, variété alig avec 28 kg par pied,
- ✓ Classe 3, variété déglet ennour avec 28 kg par pied.

Il y'a eu donc **une baisse du rendement par variété** entre les moyennes des deux quinquenna 1991 –1995 et 2003 –2007, d'équivalent **23% pour les variétés communes, 15% pour déglet ennour et 10% pour l'Alig.**

Certes cette baisse était due en partie à l'effet combiné de l'augmentation du nombre de palmier de jeune âge, à leur conduite et aussi aux facteurs qui ont été précédemment avancés : petitesse des exploitations, phénomène de l'absentéisme, problèmes de l'héritage, difficultés d'entente entre les héritiers, manque de ressource en eau, baisse de fertilitéetc.

Le graphique suivant présente l'évolution des rendements par variété dans les oasis traditionnelles des deux gouvernorats agrégés Tozeur et Kebili.



La situation au niveau de chaque gouvernorat a connu le même phénomène de baisse mais avec des taux peu différents.

Tableau 18: Rendement par variété et par gouvernorat entre 91 –95 et 2003-2007 en kg/pied

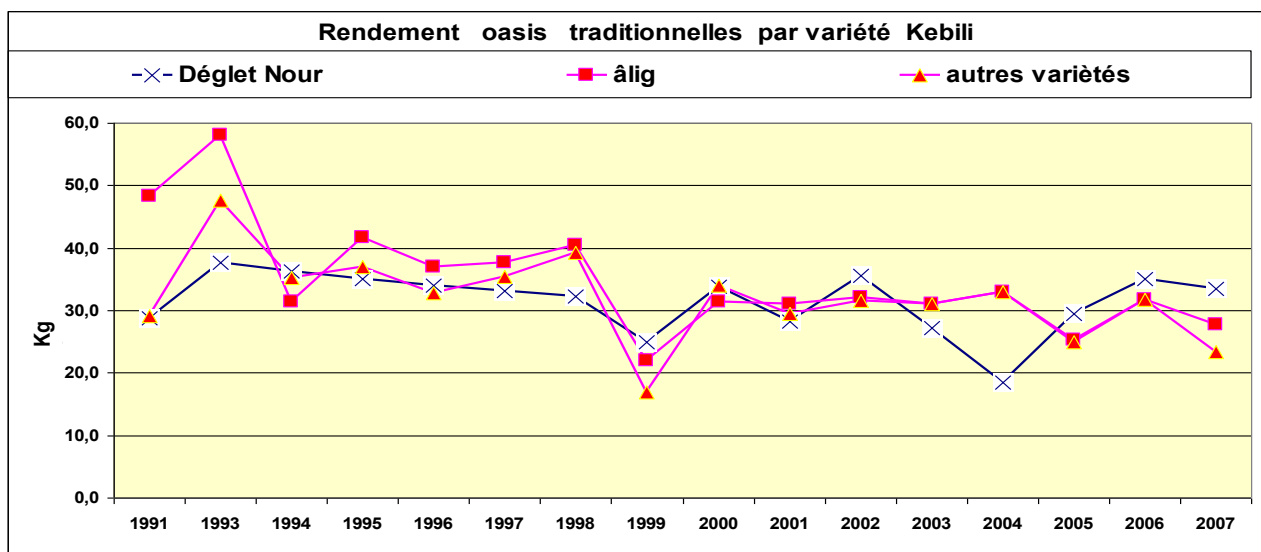
Variété	rendement Moyen Tozeur 91 -95	rendement Tozeur 2003 - 2007	Baisse de rendement Tozeur	rendement Moyen Kebili 91 -95	rendement Kebili 2003- 2007	Baisse de rendement kebili
Déglet Nour	22	21	16%	35	28	19%
âlig	23	22	2%	42	32	25%
autres variétés	25	18	27%	37	31	15%

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

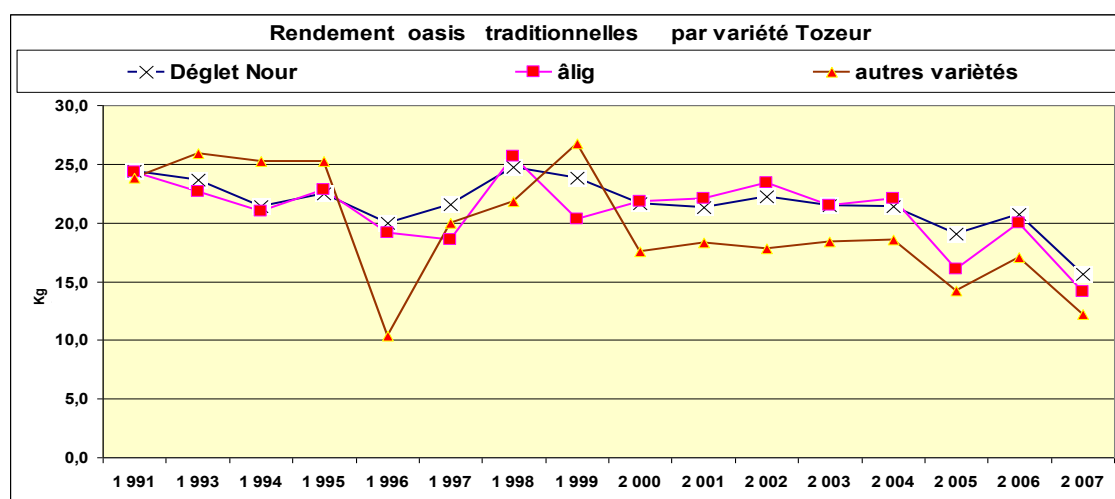
Ce tableau montre ce qui suit :

- ✓ Entre les deux gouvernorats , les rendements par pied et par variété à kebili sont plus élevés qu'a Tozeur,
- ✓ Les rendements des années 1990 (91 –95) ont été supérieurs aux rendements des années 2000 (2003-2007),
- ✓ Au fil des années, les rendements baissent,
- ✓ La baisse est plus importante à kebili qu'a tozeur,
- ✓ A tozeur, les variétés communes ont baissé d'environ 27%,
- ✓ A Kebili, l'âlig a baissé de 25%.

Le graphique suivant présente la baisse des rendements par variété dans les oasis traditionnelles de Tozeur.



Le graphique suivant présente la baisse des rendements par variété dans les oasis traditionnelles de Kebili.



Ces deux graphiques montrent la baisse continue des rendements par variété et dans chaque gouvernorat.

Cette baisse est due à plusieurs facteurs liés à la dégradation des sols des oasis, les problèmes fonciers et mode d'exploitation de plusieurs parcelles (minimum d'irrigation, minimum d'opérations culturales, exploitation par khammass, exploitation par un proche, délaissement), les problèmes sociaux et de mésentente entre les héritiers notamment pour les parcelles en indivision se traduisant parfois par l'absentéisme et le délaissement, dont certains ont été indiquées ci dessus.

3.12 Conclusion

Le rôle du secteur de palmier s'est confirmé davantage et sa position s'est consolidée de plus en plus à différents niveaux dont :

- en matière de production de fruits, il occupe le deuxième rang après l'huile d'olives avec une production qui a pu atteindre les 120 milles tonnes de dattes,

- en matière de contribution à la formation de la valeur ajoutée du secteur agricole, sa part est près de 3% du PIBA,
- en matière d'exportation des produits agricoles, il occupe la deuxième place après l'huile d'olives et il est arrivé (une fois) à classer le pays en tant que premier exportateur de dattes sur le marché mondial en termes de valeur des exportations de dattes.
- En matière de revenu, il participe aux revenus d'environ 25 000 exploitants directs et indirects
- En matière d'emploi, il offre au niveau de la sphère production des journées de travail équivalents à 4.8 millions par an dont 3.8 millions de journées de travail au niveau des oasis traditionnelles, soit plus de deux tiers (67%). Dans les oasis des deux gouvernorats tozeur et kebili, le secteur offre 3.7 millions de journées de travail par an dont 2.4 millions de journées de travail dans les oasis traditionnelles, soit près de deux tiers du total (65%) d'emploi.
- En matière de nombre de pieds de palmier par habitant, il s'élève à 16 pieds en 2007 alors qu'il était de 15 il y'a 30 ans.

Dans les oasis **traditionnelles, la production** a oscillé entre **53 milles tonnes et 73 milles tonnes avec** un fléchissement au cours des cinq dernières années. Plus de **70 %** de cette production proviennent des 2 gouvernorats Tozeur et Kebili : 32% à Tozeur et 40% à kebili.

Dans les oasis traditionnelles/anciennes, la moyenne de pieds par habitant est de 8 alors qu'elle était de 4 il y'a 30 ans. A tozeur, elle a passé de **de 5 à 10** , à **Kebili, elle s'est accrue de moitié en passant de 4 à 6.**

Le nombre moyen d'exploitation par ha est de 3, il s'élève à 2 au gouvernorat de tozeur tandis qu'il est supérieur à 4 à Kebili.

La taille moyenne est de 0,35 ha pour les deux gouvernorats, elle est cinq fois plus importante à Tozeur qu'à kebili, (1,13 ha contre 0,23 ha).

Dans les oasis traditionnelles, le nombre de pieds de plantations est de 1,9 millions, 1,05 million à Tozeur et 0,85 millions à kebili.

Le nombre moyen de pieds par ha est de 240 pieds, 310 à Tozeur et 190 à kebili.

le rendement moyen global s'est élevé à 21,5 kg par pied pour les 2 gouvernorats. La moyenne par variété était de 25,5 ; 19 et 15 kg respectivement pour deglet ennour, alig et autres variétés. Le rendement global à Kebili est plus élevé qu'à Tozeur, le rapport est plus de 2 fois (219%).

Le revenu par ha dans les oasis traditionnelles compte tenu des rendements de chaque variété, du nombre de pieds par ha, du prix de gros de deglet nour de 1,5 d/kg au champ toute qualité confondue, du prix de 0.9 d/kg pour les autres variétés est autour de 6 500 dinars. Ce revenu est autour de 5 000 dinars à Tozeur et 7 500 dinars à Kebili .

Toutefois, le rendement moyen global entre les 2 quinquennat 1991- 1995 et 2003-2007 a baissé, la baisse a touché le gouvernorat de kebili beaucoup plus que Tozeur. A kebili le rendement est passé de 36 kg à 29 kg, soit une baisse de 20%, A Tozeur, il est passé de 24 kg à 21 kg, la baisse est de 13%, et ce pour plusieurs raisons dont les phénomènes de la dégradation, l'augmentation du nombre de vieilles plantations non productives et des jeunes plantations en phase de croissance.

Toutes ces informations permettent de constater :

- l'importance du secteur et ses effets bénéfiques sur l'agriculteur et l'Etat, à travers les facteurs patrimoine plantation, production, emploi, revenu,
- la baisse des rendements que connaît le secteur durant les dernières années suite aux effets de la dégradation du sol.

IV. Les formes de dégradation des sols et leur impact

Les formes de dégradation dans les anciennes oasis sont variables d'une oasis à une autre. Elles affectent les parties de l'oasis les plus sensibles et se développent parfois rapidement en fonction de l'effet des facteurs suivants : eau , sol, climat , pluviométrie, conditions environnementales, conditions socio-économiques.

Selon l'étude réalisée dans le cadre du PISEAU par la DG/ACTA (2006), on dispose selon leur sensibilité à la salinisation, 4 groupes d'oasis :

- . La faible sensibilité à la salinisation est liée surtout au climat désertique,
- . La sensibilité moyenne à la salinisation est liée surtout à la qualité de l'eau d'irrigation
- . La forte sensibilité à la salinisation est surtout liée à la qualité de l'eau d'irrigation avec une teneur en sels assez élevé et au climat à forte évapotranspiration
- . La très forte sensibilité à la salinisation est surtout liée à la faible profondeur de la nappe. En effet, le niveau piézométrique dans ces oasis est inférieur à 2 m.

Tableau 19 : formes de dégradation dans les anciennes oasis de Kebili

Nom du GDA	Dégradation autre que la salinisation						sensibilité à la salinisation	
	Urbanisation	Drainage Déficitaire	Hydromorphie	Baisse de Fertilité	Erosio Eolienne	Sous Exploitation/Abandon	Moyennement Sensible à la salinisation	Fortement Sensible à la salinisation
El Goulaâ			HY	BF	EE		100% MS	
Grad			HY	BF	EE			100%FS
Douz			HY	BF	EE			100%FS
Zâafrane			HY	BF	EE			100%FS
El Hssy			HY	BF	EE			100%FS
Errabta			HY	BF	EE			100%FS
Telmine			HY	BF	EE			100%FS
Tombar			HY	BF	EE			100%FS
El Guataâya			HY	BF	EE			100%FS
Tembib	Ur		HY	BF	EE			100%FS
Bazma			HY	BF	EE			100%FS
Jimna			HY	BF	EE			100%FS
Errahmét			HY	BF	EE			100%FS
Souk El Biaz			HY	BF	EE			100%FS
Bichli			HY	BF	EE			100%FS
Elmsaid			HY	BF	EE			100%FS
Ben Zitoun 1			HY	BF	EE			100%FS
Fatnassa		DrD	HY	BF	EE			100%FS
Neggua		DrD	HY	BF	EE			100%FS

Tableau 20 : Formes de dégradation dans les anciennes oasis de Tozeur

Nom du GDA	Dégradation autre que la salinisation							sensibilité à la salinisation		
	Urbanisation	Drainage Déficitaire	Hydromorphie	Baisse de Fertilité	Erosio Hydraulique	Erosio Eolienne	Sous Exploitati on/Aband on	Peu Sensible à la salinisation	Moyennement Sensible à la salinisation	Fortement Sensible à la salinisation
El Woust	Ur		HY	BF	EH	EE		40%	60%	
Erbatt	Ur	DrD	HY	BF		EE	SE/A	50%	50%	
El Hafir			HY	BF		EE	SE/A	60%	40%	
Abbess	Ur	DrD	HY	BF	EH	EE	SE/A	40%	60%	
Hamma Nemlette		DrD	HY	BF		EE	SE/A	20%	80%	
Hamma Mhereb			HY	BF	EH	EE	SE/A	70%	30%	
Hamma Erg			HY	BF	EH	EE	SE/A	95%	5%	
Aïn Torba		DrD	HY	BF		EE	SE/A	90%	10%	
Fatnassa		DrD	HY	BF		EE	SE/A	100%		
Beni Ali		DrD	HY	BF		EE	SE/A	100%		
Rmeda		DrD	HY	BF		EE	SE/A	90%	10%	
Rass El Aïn			HY	BF				50%	30%	20%
Tameghza	Ur		HY	BF	EH			80%	20%	
Ain El Karma			HY	BF	EH			80%	20%	

4.1 Les systèmes d'irrigation et leur interaction avec la dégradation

4.1.1 Système d'irrigation

Plusieurs paramètres ont été étudiés pour analyser la performance du système d'irrigation dont la dimension des installations d'irrigation, l'eau mensuellement pompée au cours des 10 dernières années, le type de cultures, le type de sol, la surface irriguée et cultivée par type de culture et de sol, la méthode d'irrigation, l'état d'application de l'eau d'irrigation comprenant la durée d'application de l'eau par ha et l'intervalle d'irrigation.

- **Secteur d'irrigation et capacité du système :** Chaque oasis comprend un ou plusieurs secteurs avec des surfaces variant entre 0,35 ha à 120 ha. La capacité du système définit la capacité d'écoulement du canal tertiaire à la tête du secteur d'irrigation. L'étude réalisée en 2005 a révélé que la capacité du système est réglée à une valeur bien au-dessous des besoins d'eau des cultures dans la plupart des oasis. C'est une des contraintes de la conduite de l'irrigation dans les oasis.
- **Efficacité de l'irrigation :** L'efficacité globale de l'irrigation a été estimée à 0,67 pour les oasis traditionnelles et 0,70 pour les oasis nouvelles.
- **Surface irriguée, méthode d'irrigation et intensité de culture :** L'irrigation par submersion est appliquée sur environ 98 % de la surface irriguée totale. L'irrigation au goutte-à-goutte progresse lentement. L'irrigation par aspersion n'est pas pratiquée dans les oasis. La fréquence d'irrigation varie de 5 à 6 jours dans certains oasis à Tozeur, à 25 à 30 jours dans celle de Fatnassa à Kébili. L'intensité des cultures varie de 110 % à plus de 268 %. Elle est de :
 - 129 à 182 % à Tozeur ;
 - 110 à 164 % à Kébili.

4.1.2 Fonctionnement et maintenance des installations d'irrigation

Le CRDA gère à ses frais les grandes sources d'eau incluant les forages et les systèmes de refroidissement. Le GIC gère de plus en plus de sources d'eau qui fournissent de l'eau seulement à ses oasis, ne partageant pas l'eau avec les autres GIC, bien que le CRDA ait réalisé leur construction.

Ordinairement, un GIC est établi dans une oasis qui entretient toutes les installations d'irrigation de la source d'eau à la prise terminale de chaque séguia. Après la séguia, les agriculteurs assurent la maintenance et celle de l'installation de l'irrigation de la ferme à leurs frais. Les gardes de pompe (pompistes) sont responsables du fonctionnement et de la maintenance des pompes, et dans certains cas de l'installation de refroidissement, alors que les préposés à l'eau (aguadiers) surveillent les canaux et distribuent l'eau. Les problèmes majeurs sont les pannes d'électricité et les défaillances des pompes. Le mode d'irrigation varie aussi d'un GIC à l'autre.

Un GIC a un ou deux quartiers (généralement de plus de 100 ha) qui reçoivent de l'eau directement de la ou des sources d'eau ou par le biais d'une cuve de dérivation. Il comprend plusieurs secteurs (qui servent généralement d'unités de rotation et un secteur couvre 30 à 50 ha de parcelles) et sont encore subdivisés en douzaines de quartiles. Un quartile occupe 3 à 8 ha qui peuvent ordinairement être irrigués en un jour ou deux. Un aguadier s'occupe d'un ou deux secteurs, et un grand GIC a plusieurs aguadiers qui gèrent un ou des secteurs définis, connaissant bien chaque parcelle de leur territoire. Une unité d'eau équivalente à la capacité du système est appelée "main d'eau", ordinairement mesurée à 30 l/s, et cette unité d'eau est fournie à un secteur.

La quantité d'eau réelle reçue par un secteur est évidemment inférieure à cette unité à cause des fuites et de différentes pertes le long des canaux. Les heures d'irrigation requises pour irriguer un hectare de parcelles dépendent de sa quantité et de la perte le long des canaux d'alimentation, de la texture du sol et du degré de nivellement de la parcelle etc.

Le temps requis varie largement de 2 à 10 h/ha, selon la topographie, le débit, le degré de nivellement de la parcelle à irriguer et du tour d'eau.

Des litiges et conflits surviennent souvent de ce tour suite aux pannes, fuites et manques de ressources.

4.2 Le système de drainage des oasis

Le drainage est une pratique ancienne dans les oasis du Sud du fait de leur localisation en bordure de chotts ou de la mer. Le drainage par fossés à ciel ouvert est la technique la plus répandue. Le réseau est généralement constitué d'émissaires larges d'environ 2,5 m, de la forme "U", "V" ou "Y", orientés dans le sens de la pente. Ils acheminent gravitairement ou par biais de pompage, les eaux des collecteurs secondaires ayant une profondeur moyenne de 1,5 m et distant de 100 à 200 m, vers une dépression ou un Chott. Dans les palmeraies anciennes, l'exécution de réseaux de drainage par fossés ouverts ou par drains enterrés présente d'importantes difficultés de tracé, liées à des structures foncières complexes. L'emploi de canalisations enterrées est une technique nouvelle et peu répandue.

Dans les oasis de création récentes, le drainage n'avait pas été souvent prévu malgré la présence d'une croûte gypseuse à quelques mètres de profondeur. La remontée de la nappe et l'hydromorphie qui sont apparues, ont conduit à l'aménagement de fossés pour remédier à la situation.

La majorité des drains secondaires et tertiaires sont en mauvais état suite à l'ensablement et au comblement par la végétation surtout au niveau des passages busés.

Les réseaux d'irrigation et de drainage ont été modernisés dans le cadre du projet d'Aménagement des Périmètres Irrigués des Oasis du Sud (APIOS).

Actuellement, la majorité des oasis possède des réseaux de drainage constitués par des fossés à ciel ouvert. Plusieurs de ces fossés souffrent de mauvais entretiens, de pentes insuffisantes pour une évacuation efficace des eaux de drainage et d'ensablement (Hachicha, 2002). Ce qui entraîne la remontée de la nappe et la salinisation des sols qui se traduisent sur les cultures et leur rendement. Dans les oasis récentes ou réhabilitées, le réseau de drainage est de plus en plus enterré surtout à l'échelle de la parcelle. La longueur totale du réseau de drainage s'élève à plusieurs centaines de kilomètres.

4.3 La surexploitation des ressources en eau et ses effets

Ce sont les ressources en eau qui posent les plus grands problèmes de conservation et de gestion. En effet, comme nous l'avons déjà signalé, la région est fortement marquée par l'aridité et l'irrégularité des précipitations. Les principales ressources hydrauliques sont souterraines, fragiles et très peu renouvelables. La situation de ces ressources, l'état actuel de leur exploitation et les perspectives de leur évolution, méritent donc une grande attention.

L'exploitation des nappes du Sud-Ouest a connu un accroissement rapide. Certaines nappes sont déjà surexploitées. Cette surexploitation se traduit par la baisse des niveaux piézométriques, l'arrêt de l'artisanisme et la dégradation de la qualité chimique de l'eau. Toutes ces tendances sont irréversibles car la plupart de ces nappes sont fossiles et très peu renouvelables. L'agriculture irriguée, principal consommateur d'eau dans la région, a profité de l'accroissement des prélèvements. Elle risque de pâtir de ces évolutions.

4.3.1 Les nappes phréatiques

L'exploitation annuelle des ressources phréatiques s'élève à 69.39 Mm³ avec un taux d'exploitation de 96%. Ce type de nappe est fortement exploité à Gafsa et à Tozeur, par contre à Kébili le taux d'exploitation est de 29%.

Tableau 21. Les nappes phréatiques de la région du Sud-Ouest (DGRE cité par ODS, 2004).

	Ressources (M m³/an)	Exploitations (M m³/an)	Nombre Puits équipés	Nombre Puits totaux	Taux d'exploitation (%)
Tozeur	33,6	33,4	1758	1772	99
Kébili	5,49	1,59	346	416	29

Les nappes qui montrent une surexploitation sont celles des oasis du Jérid et de Douz.

Les nappes phréatiques du gouvernorat de Kébili sont peu exploitées. Depuis quelques années leur exploitation a connu une augmentation significative suite aux encouragements accordés par l'Etat en faveur des agriculteurs afin d'exploiter les nappes des oasis pour combler le déficit en eau d'irrigation. Ces nappes sont devenues plus sollicitées surtout dans les oasis déficitaires en eau d'irrigation. D'autre part, le programme de création des points d'eau dans le Sahara et leur équipement par des pompes éoliennes et photovoltaïques a contribué à l'augmentation du nombre des points d'eau et par conséquent le débit d'exploitation.

4.3.2 Les nappes profondes

Les ressources des nappes profondes dans le Sud-Ouest s'élèvent à 504 Mm³/an. L'exploitation de ces nappes a atteint, en 2004, 586 Mm³, soit un taux d'exploitation de **116%**. C'est le gouvernorat de Kébili qui montre une **surexploitation** des nappes avec un taux d'exploitation de 156%. Les nappes les plus importantes dans le Sud-Ouest sont celles du Continental Intercalaire (CI) et celles du Complexe Terminal (CT), qui constituent des ressources peu renouvelables.

Tableau 22 : Exploitation des nappes profondes du Sud-Ouest en 2004 (DGRE cité ODS, 2004).

	Ressources	Exploitation	Puits équipés	Puits totaux	Taux d'exploitation
Tozeur	172,6	147,4	193	212	85%
Kébili	236,5	367,77	242	242	156%

4.3.2.1 Nappe du Continental Intercalaire (CI)

L'exploitation de la nappe du CI du Jerid est estimée à 9Mm³, avec un taux d'exploitation de 52%. Par contre, celle à Kébili montre 48 forages exploitant 50.46 Mm³ contre des ressources de 31.5 Mm³. La nappe du CI du Nefzaoua subit une surexploitation de l'ordre de 160%. Par contre, dans le Jérid, un excédent des ressources exploitables peut être encore mobilisées.

4.3.2.2 Nappe du Complexe Terminal (CT)

Au niveau de Gafsa, la nappe du complexe terminal est exploitée par 7 forages dont la plupart sont destinés à des usages industriels de la CPG. Les volumes exploités sont de 6.5 Mm³.

L'exploitation du complexe terminal du Jérid est estimée à 130 Mm³ en 2004 enregistrant une baisse de 4.1Mm³ par rapport à 2003. Cette réduction est liée à la diminution des débits de certains forages

La nappe du complexe terminal du Nefzaoua est la plus touchée par les sondages illicites destinés essentiellement à l'irrigation. L'exploitation de cette nappe est estimée à 289.39 Mm³ contre des réserves de 141 Mm³, ce qui fait un taux d'exploitation de 205%.

4.3.2.3 la Baisse de l'artésianisme et le recours accru au pompage

Les prélèvements sur les nappes profondes de la région du Sud-Ouest ont accusé une légère augmentation en passant de 581.9 Mm³ en 2003 à 586.6 Mm³ en 2004. L'accroissement rapide des prélèvements sur les nappes profondes s'est traduit par la baisse de l'artésianisme et la généralisation progressive du pompage. Cette exploitation se fait à raison de :

- 289.2Mm³ (50%) prélevés à partir de 515 forages pompés,
- 286.7Mm³ (49%) débités à partir de 141 forages artésiens,
- 6 Mm³ (1%) débités à partir de sources et résurgences naturelles.

La plupart des sources de la région ont tari progressivement. Les seules sources encore fonctionnelles se localisent dans la zone de Chebika, Tameghza et Lalla.

Tableau 23 : Exploitation par type de point d'eau (Mm³; DGRE, 2003).

	Forages pompés	Forages artésiens	Sources
Tozeur	137,4	10,63	3,56
Kébili	89,23	276,05	0,58
Total Tunisie	689,2	366,3	53

On note que l'artésianisme reste important à Kébili, les sources encore jaillissantes sont dans le gouvernorat de Tozeur et le pompage se généralise progressivement et fournit plus de la moitié des ressources exploitées.

4.4 Une agriculture irriguée fortement consommatrice d'eau

L'exploitation de ces nappes est essentiellement orientée vers l'irrigation.

- L'agriculture prélève 533 Mm³ (92%).
- L'alimentation en eau potable exploite 24.3Mm³ (4%)
- L'usage industriel se cantonne au niveau de Gafsa (laveries des phosphates) utilise 23.6Mm³ (4%).
- Le tourisme n'utilise que 0.9Mm³ à Tozeur.

Le gouvernorat de Kébili est celui qui utilise le plus l'eau pour l'irrigation avec un taux de 68%.

Les nappes profondes qui montrent une surexploitation (>100%) sont la nappe de Tamerza (Tozeur), le CT de Nefzaoua et le CI de Kébili. L'aquifère du CT se distingue par son artésianisme qui se manifeste par un jaillissement des sources dans le Nefzaoua et le Jerid. Cependant, un déclin de l'artésianisme suivi d'un tarissement de certaines sources a été observé à la suite de l'intensification des forages et à l'accroissement de l'exploitation dans le Nefzaoua et le Jerid. L'exploitation s'effectue actuellement au détriment des réserves géologiques. Ceci risque de provoquer une dégradation de la qualité chimique des eaux de cette nappe. Il est impératif de sauvegarder la nappe du complexe du Nefzaoua.

Si cette situation persiste, les conséquences seront néfastes amenant la baisse de la piézométrie et surtout la dégradation de la qualité chimique de l'eau.

4.5 la baisse des niveaux des nappes

Dans la région de Kébili, les ressources des nappes phréatiques sont secondaires et peu exploitées à cause de leur qualité chimique et, par conséquent, le niveau piézométrique est resté presque stationnaire.

La nappe du CT fortement sollicitée dans les gouvernorats de Kébili et Tozeur a enregistré des baisses de piézométries continues dues au caractère de cette nappe peu renouvelable et à son exploitation intensive. Ces baisses varient en moyenne de 0.5 à 2.5 m/an au Jérid et 1.5 à 2 m/an dans le Nefzaoua.

La nappe du CI montre une baisse piézométrique moyenne de 1 à 4 m/an dans le Nefzaoua. Au Jérid, la baisse de la nappe est plus alarmante et dépasse même les 10m/an (annuaire piézométrique 2002, DGRE). Son exploitation dans les gouvernorats de Kébili et Tozeur a connu une progression notable suite à la création de nouveaux forages

4.6 L'Hydromorphie

L'hydromorphie est une forme de dégradation provoquée par un excès d'eau saturant le sol par le remplissage de tous les pores. Normalement, un sol sain contiendrait après une pluie ou une irrigation :

- Une eau hygroscopique qui est une eau absorbée aux dépens de l'humidité atmosphérique. Elle constitue une très mince pellicule autour des éléments minéraux et/ou organiques et elle est non absorbable par les racines des plantes.
- Une eau capillaire qui est l'eau retenue par le sol ressuyé ; elle remplit les pores fins. Elle constitue la source essentielle de l'alimentation en eau des plantes en saison sèche. C'est une eau absorbable.
- Une eau de gravité qui est l'eau qui remplit momentanément après une pluie ou une irrigation, les pores les plus grossiers du sol. Elle obéit à la pesanteur et s'écoule d'autant plus vite que le volume des pores grossiers est plus élevé. Cette eau de gravité est constituée de deux parties :
 - o Une partie remplissant les gros pores s'écoule très rapidement, comme c'est le cas dans les sols sableux
 - o Une partie remplissant les pores fins s'écoule lentement et peut saturer momentanément les sols comme dans le cas des sols argileux

Il arrive que le drainage normal du sol n'a pas eu lieu et l'eau de gravité ne peut plus s'infiltrer, tous les pores du sol sont alors remplis d'eau : c'est l'état de saturation qui peut se produire dans différents cas :

- Soit par la présence d'un horizon pédologique imperméable qui empêche le drainage interne. Dans ce cas, quand l'horizon de surface reçoit une dose supérieure à sa capacité de

rétenion en l'absence de drainage vertical l'hydromorphie se manifestera et ce par le remplissage des gros pores.

- Soit par l'existence d'une nappe d'eau alimentée souterrainement ; on se trouve alors en présence d'une nappe phréatique permanente qui empêche l'évacuation interne des excès d'eau d'irrigation ou de pluie. En fonction du niveau de la nappe on évalue la gravité de l'hydromorphie. Plus la nappe est superficielle, plus la vulnérabilité du sol à l'hydromorphie est grande. Les horizons profonds du sol qui sont gorgés d'eau ne participent plus à l'alimentation des plantes et en plus ils affectent l'enracinement profond. Les horizons subissent une hydromorphie totale et permanente.

- Soit par suite d'un drainage de l'eau de gravité trop lent. C'est le cas des sols lourds à forte proportion d'argile assez compact et souffrant d'une dégradation structurale du sol. Dans ce cas le drainage interne est insuffisant pour assurer l'évacuation des eaux excédentaires à la suite d'une pluie ou d'une irrigation en période humide. Ainsi, une nappe d'eau perchée temporaire se crée. La gravité de l'hydromorphie est fonction de la durée que nécessite l'écoulement de cette nappe perchée. On a affaire à une hydromorphie partielle et temporaire.

Les horizons du sol hydromorphe présentent un faciès particulier qui est connu sous le nom de Gley (terme savant emprunté au russe). Il affecte la portion du sol altérée par l'eau qui persiste à son intérieur. Le fer du sol a été réduit à l'état ferreux d'où des couleurs caractéristiques bleutées dans toute la partie affectée ou seulement par taches ou par traînées parmi d'autres tons bruns, jaunes ou rouges. Le Gley traduit des conditions asphyxiantes permanentes. Le pseudogley se manifeste dans les horizons du sol subissant des alternatives de saturation par une eau stagnante et de dessiccation : d'où résultent des décolorations. Les couleurs bleutées du Gley se transforment en couleurs rougeâtres par le phénomène d'oxydation. Le pseudo-gley traduit des conditions asphyxiantes temporaires.

4.6.1 Processus d'hydromorphie

L'excès d'eau provenant de l'irrigation ou de la remontée de la nappe est à l'origine de la saturation des sols par remplissage de tous les pores. Quand les pores demeurent constamment remplis, on parle d'hydromorphie permanente. Celle-ci ne peut venir que lors de la remontée de la nappe qui envahit le sol. Quand la nappe se stabilise à une certaine profondeur du sol, on est en présence d'une hydromorphie partielle de profondeur. C'est le cas de la plupart des Oasis. Quand la nappe remonte jusqu'en surface, on parle d'hydromorphie totale. Celle-ci concerne certaines Oasis à drainage artificiel mal entretenu et peu fonctionnel. L'hydromorphie partielle ou totale peut être permanente ou temporaire. L'hydromorphie permanente concerne certains horizons ou tout le sol qui se trouve constamment moyé. Le sol devient asphyxiant par l'absence d'air ou plus précisément d'oxygène. Pour l'hydromorphie temporaire l'eau sature le sol ou une partie du sol durant une période limitée de l'année. L'hydromorphie peut être même fugace pour les sols à perméabilité faible où le ressuyage est assez lent ce qui entraîne pendant quelques jours les pores saturés.

L'infiltration lente de l'eau d'irrigation se produit dans les sols lourds (texture argileuse à argilo-limoneuse). A l'état sec le sol présente une certaine perméabilité due à la présence de pores et de fissures. En présence d'eau l'argile en s'humectant gonfle et obture tous les pores. Ce processus est total quand l'irrigation se fait en présence d'une eau assez chargée en sel, car l'argile calcique se transforme progressivement en argile sodique en présence d'une forte concentration de sodium. Or l'argile sodique se disperse en présence d'eau douce, soit à la moindre pluie et le phénomène d'obturation des pores s'accroît.

Pour les sols assez riches en humus ce phénomène est très atténué et l'hydromorphie se manifeste très peu.

Notons aussi qu'une irrigation avec une eau à forte turbidité accélère le phénomène de colmatage des pores.

Généralement les oasis sont choisis dans des zones dépourvues de nappe superficielle, mais souvent sans se soucier de la présence ou non d'un horizon imperméable. Or en l'absence d'un drain naturel, le sol à horizon imperméable est assimilé à un bassin qui se remplit d'eau tôt ou tard. Ainsi une nappe artificielle se crée.

4.6.2 Causes et origine

Les causes et les origines du phénomène d'hydromorphie sont multiples, dont les plus importantes sont les suivantes :

- La présence d'une nappe superficielle proche de la surface du sol ;
- La texture fine du sol qui donne un drainage interne naturel déficient ;
- Le système de drainage existant non fonctionnel, suite au colmatage des drains, correspondant à un drainage interne artificiel déficient ;
- Le système d'évacuation des eaux de drainage lent et peu efficace, suite au manque d'entretien des fossés collecteurs, correspondant à un drainage externe déficient,
- L'apport excessif d'eau au niveau de la parcelle, qui est du soit à l'inondation du périmètre par les eaux de crues (zone inondable) soit à l'abondance des pluies (zone plane bien arrosée), soit à un surdosage de l'eau d'irrigation.

Il se dégage de l'étude des oasis que l'hydromorphie est due essentiellement à un drainage déficient aussi bien externe qu'interne. Le drainage externe déficient est presque général car la plupart des oasis occupent des plaines alluviales et parfois même des dépressions. Le manque d'entretien des fossés collecteurs d'assainissement, entraîne leur colmatage et par conséquent la défaillance de l'évacuation des eaux de drainage, ce qui se répercute négativement sur le fonctionnement du système de drainage. Le drainage interne est peu efficace eu égard à la texture fine des sols couvrant la plupart des périmètres irrigués occupant les plaines. Cette texture fine conjuguée avec une faible teneur en matière organique, s'accompagne généralement d'une faible perméabilité du sol, et plus précisément des horizons profonds qui deviennent compacts. Ce drainage interne déficient crée des nappes perchées durant une bonne partie de l'année s'étalant de la fin de la saison des pluies jusqu'au milieu du printemps, période durant laquelle la croissance des plantes est maximale. Ce qui a aggravé les déficiences en drainage, sont les inondations fréquentes de ces plaines. Certains oasis disposant d'un système drainage, souffrent aussi de l'hydromorphie par manque d'entretien des drains.

4.6.3 Ampleur et impact de l'hydromorphie

L'hydromorphie affecte plusieurs Oasis. Elle est due principalement à l'insuffisance du drainage artificiel. Les drains et collecteurs mal entretenus sont envahis par de la végétation (roseau) qui freine énormément l'évacuation des eaux. Ce manque d'entretien est dû à l'abandon de certaines parcelles. Le sol ou l'horizon gorgé d'eau acquiert des propriétés physiques, physico-chimiques et biologiques particulières. Le sol devient asphyxiant manquant d'aération. Tous les macro-pores et micro-pores sont remplis d'eau. Quand la solution du sol possède une certaine turbidité elle colmate les pores, ce qui détériore définitivement la structure et limite l'aération même après ressuage. Le sol devient compact difficilement exploitable par les racines. Celles-ci en présence d'eau pourrissent et cessent de respirer. Le milieu réducteur des horizons hydromorphes empêche toute activité racinaire et biologique. Les racines ne se développent plus, l'assimilation chlorophyllienne à son tour s'arrête. La racine pourrit et se décompose difficilement. L'humification de la matière organique provenant des racines et des cadavres des micro-organismes est stoppée. L'activité biologique du sol est très ralentie. Toute la micro-faune aérobie est décimée. Il se développe une micro-faune anaérobie qui est très limitée et n'assure pas au sol une alimentation suffisante en éléments minéraux. Toutes ces transformations d'origine physique, physico-chimiques et biologiques provoquées par les milieux réducteurs affectent sérieusement la production des plantes. Les chutes de rendement dues à l'hydromorphie vont de 30 à 60%. D'autre part, l'hydromorphie est à l'origine de la sous-exploitation du périmètre, ce qui se traduit par un manque à gagner au niveau des superficies non cultivées. En effet, à cause de l'hydromorphie, le sol devient difficilement praticable et on enregistre des retards des opérations agricoles provoqués par l'inaccessibilité des parcelles gorgées d'eau.

L'hydromorphie affecte à différents degrés les oasis ce qui indique que c'est une forme de dégradation dominante qui affecte la qualité du sol et provoque des pertes de cultures et des chutes de rendement, et dont l'impact économique est assez important et qui se traduit par un manque à gagner considérable entraîné par la réduction de la production agricole. L'hydromorphie entraîne la sous-exploitation du périmètre.

4.7 la Salinisation des sols

Dans la littérature tunisienne, on considère qu'un sol est salé à partir d'une conductivité électrique de 4 dS/m pour un sol de texture fine, et de 7 dS/m pour un sol de texture grossière. Pour l'agriculteur, un sol est salé dès que les rendements baissent. Ce sont les sols irrigués qui ont fait l'objet du plus grand nombre d'études. Les sols très salés de sebkhas et de chotts, ont été moins traités, mais leur étude fait appel à une méthodologie qui sert également dans le cas de sols peu salés, tant il est vrai que la salure des sols est avant tout un phénomène continu dans le temps et dans l'espace.

On peut très clairement distinguer trois niveaux de manifestation de la salure dans le paysage tunisien:

- Le niveau le plus perceptible est celui des petits périmètres. Le problème se pose sur de toutes petites surfaces et dans un laps de temps court. C'est un problème de gestion

à la parcelle. Les propriétés hydrodynamiques des sols sont suffisamment bien connues à ce niveau, l'évolution de la salure des sols dans le temps et sa distribution à l'intérieur du profil également. Les recherches qui sont menées concernent les besoins en eau des cultures et leur résistance à la salure en fonction de la qualité des sols et des pratiques culturales.

- Le deuxième niveau est celui des grands périmètres irrigués. A peu d'exceptions près, tous ont au moins un secteur dont les sols se salent. Ce n'est pas toujours la partie la plus aval, quelquefois l'absence de nivellement en est la cause. La salure peut également provenir d'une mauvaise gestion de l'eau. Le problème peut être étudié à moyen terme. De simples bilans hydriques peuvent permettre de situer le niveau des économies d'eau à faire. Les recherches à mener sont celles relatives à la distribution des sels dans l'espace.
- Le troisième niveau est celui des régions qui constituent des ensembles hydro-pédologiques cohérents. L'eau utilisée en amont se retrouve dans le paysage aval. Les périmètres irrigués n'ont pas un fonctionnement hydrique indépendant. Chacun contribue à la salinisation des sols et des eaux de l'ensemble du bassin versant. Les recherches à mener sont celles de l'évolution des paysages à long terme et sur les quantités de sels qui migrent et se déposent dans les parties basses. Il s'agit de recherches à caractère novateur rarement entreprises à l'échelle de régions entières.

Dans le Sud, la nature éolienne des sols leur confère une texture limono-sableuse à forte perméabilité, mais aussi à fortes remontés capillaires. Dans une oasis donnée, dont la taille varie de quelques dizaines à plusieurs milliers d'hectares, certains paramètres du sol sont relativement constants dans le temps et dans l'espace, comme la texture, par exemple. D'autres sont très variables, comme les caractéristiques chimiques et l'état de saturation en eau qui varie très rapidement d'un endroit et d'un moment à d'autre.

Les éléments du milieu climatique constituent le premier facteur qui conditionne la production. Les rendements des cultures irrigués ne sont pas complètement à l'abri des incidents climatiques qui peuvent réduire l'impact de l'irrigation. Le climat varie de l'humide au saharien mais c'est la tendance aride qui est la plus répandue. L'évapotranspiration est intense en été, plus forte dans les régions continentales et pré-désertiques. Le lessivage naturel dans les régions intérieures étant réduit, le même stock de sels est remis en mouvement d'une année à l'autre dès la mise en eau du périmètre.

Dans les oasis, la salinisation des sols irrigués est un processus actif et relativement bien connu. Des manifestations d'accumulation des sels ont été observées un peu partout. L'impact de la salinisation se traduit par une dégradation de la qualité des sols, une difficulté d'absorption d'eau par les cultures et par conséquent une diminution de la productivité des terres irriguées. Ainsi, la valorisation du m³ d'eau utilisé se trouve réduite.

Selon une étude réalisé dans le cadre du PISEAU par la DG/ACTA (2007), on dispose selon leur sensibilité à la salinisation, 4 groupes d'oasis (Tab.2) :

- . La faible sensibilité à la salinisation est liée surtout au climat désertique,
- . La sensibilité moyenne à la salinisation est liée surtout à la qualité de l'eau d'irrigation
- . La forte sensibilité à la salinisation est surtout liée à la qualité de l'eau d'irrigation avec une teneur en sels assez élevé et au climat à forte évapotranspiration
- . La très forte sensibilité à la salinisation est surtout liée à la faible profondeur de la nappe. En effet, le niveau piezométrique dans ces oasis est inférieur à 2 m.

Tableau 24 : Sensibilité des oasis à la salinisation.

Sensibilité à la salinisation	Type d'oasis	Gouvernorat			
		Kébili		Tozeur	
		Sup. (ha)	%	Sup. (ha)	%
Peu sensibles	Oasis publics	-	-	3722	5,5
	Oasis privés	69	0,1	571	1,2
Moyennement sensibles	Oasis publics	834	1,6	1827	3,5
	Oasis privés	1196	1,0	130	0,1
Fortement sensibles	Oasis publics	8348	14,3	1504	2,6
	Oasis privés	5954	2,8	238	0,1
Très fortement sensibles	Oasis publics	126	0,6	161	0,7
	Oasis privés				

4.7.1 Paysage morpho-pédologique oasien et dynamique hydro-saline

Les oasis du sud tunisien créées au départ autour des émergences naturelles et qui se sont multipliées par la suite sur des sols soit éoliens soit sablo-argileux et gypseux, représentent l'essentiel de l'agriculture et même de l'activité socio-économique de cette vaste région saharienne. Un sol d'oasis est en effet, au départ soit d'origine éolienne avec une très faible teneur en minéraux soit des sols à faible perméabilité. Ce dernier type de sol est susceptible à la salinisation rapide et l'hydromorphie en l'absence d'un réseau de drainage. C'est ainsi que la mise en valeur entamée depuis les deux dernières décennies concernant la rénovation des anciennes oasis et la création de nouveaux périmètres irrigués autour des forages en fonction des ressources exploitables disponibles ont été ; toujours accompagnées d'un réseau de drainage conçu et exécuté pour éviter la remontée des nappes phréatique pouvant entraîner la salinisation des sols.

Au sein des oasis tunisiennes, la salinisation et l'hydromorphie se manifestent simultanément. Le manque de drainage externe produit une élévation de la nappe qui sous l'effet de l'évaporation excessive, se traduit en une salinisation. Le matériau sablo-gypseux perméable des sols est rapidement lessivable. La dégradation des sols se présente d'abord à la limite des exutoires sur des extensions non contrôlées des oasis.

Le mauvais drainage ou son absence en milieux irrigués conduit à une élévation progressive de la nappe phréatique qui produit à la longue un état de saturation excessive affectant l'activité radiculaire. Cette hydromorphie ou engorgement du sol est le résultat des pertes en eau d'irrigation dues aux fuites à partir des canaux d'irrigation et aux percolations à partir des champs irrigués. L'hydromorphie se rencontre dans les terrains riverains des dépressions et en bas de pente.

Dans ces régions désertiques, les eaux d'irrigation chargées en sels entraînent, simultanément à l'hydromorphie, la salinisation des sols. Aussi longtemps que la nappe reste profonde, les sels importés avec les eaux d'irrigation sont véhiculés dans les couches profondes. Quand la nappe affleure et que le terrain devient engorgé, le lessivage des sels ne se produit plus. Les sels dissous dans les eaux d'irrigation s'accumulent au fur et à mesure dans le sol. La salinisation s'aggrave quand des eaux s'infiltrent de l'extérieur par écoulement souterrain. En alimentant la nappe, ces eaux contribuent à la salinisation des sols par la remontée capillaire des sels depuis cette nappe phréatique superficielle et aussi par la redistribution des sels à partir des champs irrigués vers les terrains non irrigués.

Le paysage oasien est composé d'une partie amont de sols sableux éoliens peu profonds à croûte gypseuse et d'une partie aval de sols sableux éoliens également plus profonds à encroûtement de nappe gypseuse plus récent. Les sols deviennent hydromorphes à gley dans les chotts. Les sols présente une distribution en fonction de la topographie qui met bien en lumière la dynamique de l'eau et le transfert des sels. En profondeur, ces sols peuvent contenir des formations gypseuses fossiles consolidées. L'irrigation transforme aussi le gypse contenu dans le matériau éolien sableux en encroûtements de nappe qui empêchent l'infiltration de l'eau.

On distingue une dynamique d'équilibre des sels à la parcelle qui dépend du mode de gestion de l'eau, et une dynamique de déséquilibre au niveau du bassin versant qui est alimenté par les forages et se terminant dans les dépressions hypersalines. Le développement des oasis s'effectue vers les zones basses où le fonctionnement hydrique permet l'extension. Cette progression n'est arrêtée que par une dépression hypersalée et hydromorphe composée d'alluvions fines (Sebkha ou un Chott).

La dynamique des sels dans l'oasis se met en évidence à partir de l'analyse des ions appariés dans la nappe. De l'amont vers l'aval, l'augmentation de la concentration de la nappe provoque l'appariement des ions majeurs suivant un ordre qui préfigure les sels qui vont précipiter en aval du système. C'est une dynamique d'enrichissement constant en sels des parties aval.

Au sein de la même oasis, on peut observer trois niveaux de manifestation de la salinité et l'hydromorphie:

- Une zone amont souffrant du manque d'eau et non affectée par la salinité et l'hydromorphie
- Une zone intermédiaire non affectée par le manque d'eau et la salinité et l'hydromorphie

- Une zone aval affectée par l'hydromorphie et la salinité

4.7.2 Salinité et paysages salinisés

La salinité est la présence de sels solubles dans les eaux ou dans les sols. Selon la richesse en sels et la composition ionique de la solution, plusieurs conséquences plus ou moins néfastes sur la fertilité des sols, l'évolution des paysages ou des aménagements, se manifestent.

Les sols salés sont des cas de forte salinité. Ils contiennent généralement un mélange de sels. Les incrustations blanches à la surface en sont une indication. Ce dépôt blanchâtre est généralement un mélange de sels de sodium, de calcium et de magnésium. Tous ces sels ont une propriété commune : ils se dissolvent facilement dans l'eau. D'autres sels, comme le calcaire et le gypse se rencontrent sous forme de concrétions ou de cristaux en profondeur dans le sol, ils sont très peu solubles et contrairement aux précédant n'élèvent pas la salinité du sol.

La solubilité des sels est donc un facteur important et complexe de l'évolution de la salinité du sol. Par exemple les chlorures, plus solubles que les sulfates, migrent plus facilement dans le sol. La solubilité du gypse de l'ordre de 2 g/l à 20°C augmente en fonction de la température et aussi en présence de NaCl.

Les processus de transfert des sels dans le profil sont soit :

- per ascensum à partir de la nappe salée;
- per descendum sous l'influence des pluies et de l'irrigation.

Les sels proviennent généralement :

- des dépôts primaires de sels dans les sols ;
- d'une eau d'irrigation, même peu salée.
- d'une nappe salée superficielle.

En milieu irrigué, le bilan des sels est le résultat des paramètres du bilan de l'eau.

4.7.3 Reconnaissance des paysages salinisés

Les milieux affectés par les sels sont reconnaissables par :

- une végétation halomorphe;
- un état superficiel du sol : efflorescences salines, humidité élevée, sol compact, pseudo-sables sur les élévations et les billons;
- un mauvais état des cultures : jaunissement, réduction de la croissance, brûlures sur les bouts des feuilles, disparition de la culture, faibles rendements.

On peut avoir un problème de salinité si on constate l'un des phénomènes suivants :

- Sol inculte couvert par une croûte de sels et/ou présentant une végétation halophile.
- Sol complètement stérile (absence de ces manifestations).
- Taches incultes au milieu d'une culture.
- Brûlures sur les feuilles.
- Croissance différente d'une même culture.
- Faible rendement.

Cependant, l'hydromorphie n'est pas toujours synonyme de salinisation.

4.7.4 Les facteurs de salinisation

Les facteurs qui régissent la genèse des différents types de distribution des sels sont :

- les caractéristiques climatiques;
- la profondeur et la salinité de la nappe phréatique;
- la qualité et la gestion de l'eau d'irrigation ;
- les caractéristiques texturales et structurales des sols;
- les façons culturales.

4.7.5 Effet d'une nappe perchée salée

Les problèmes de salinisation observés dans les périmètres irrigués sont associés généralement à un manque de maîtrise d'une nappe peu profonde salée. La salinisation de la surface du sol s'effectue par le transfert des sels depuis la nappe.

4.7.6 Profondeur critique et minéralisation critique de l'eau:

En milieu aride et en période estivale, même une nappe d'eau très peu minéralisée peut entraîner la salure du sol si elle se trouve près de la surface. Pour des eaux chargées en sels, les Russes ont étudié les rapports entre la profondeur de la nappe et les données climatiques. Ce qui compte surtout, c'est la température moyenne annuelle : T° . La profondeur critique, Y en cm, de la nappe est donnée par la formule suivante :

$$Y_{(cm)} = 170 + 8 * T^{\circ} \pm 15 \text{ cm.}$$

Pour des profondeurs supérieures, la nappe n'entraîne pas de salinisation, pour des profondeurs moindres, il y a salinisation.

Dans les zones arides situées autour de la Méditerranée, T est de l'ordre de 20-22°C- en prenant un chiffre moyen, 21°C, il faut que Y soit de 3,40 m. Si une nappe phréatique est à moins de cette profondeur, il y a donc risque de salinisation du sol.

Pour la minéralisation, les Russes admettent qu'en dessous de 3 g/l, les nappes ne sont pas dangereuses, le lessivage climatique balançant le phénomène de remontée des sels. Quant au sodium, ce serait à partir d'une teneur de 0,7 à 1 g/l qu'il serait dangereux pour les sols.

Cependant, on peut irriguer un sol situé sur une nappe phréatique relativement proche de la surface, à condition que l'eau de cette nappe soit évacuée par un système de drainage. On peut alors tolérer la présence d'une nappe à 1,5 m environ sous le sol, à condition que le sol soit filtrant.

Le taux d'évaporation à partir de la surface libre d'une nappe décroît quand le niveau phréatique descend. Kovda (1969) considère que la profondeur critique d'une nappe phréatique saumâtre se situe entre 2,5 et 3 m au-dessous de la surface du sol dans les régions arides et semi-arides. Dans la haute plaine du Rhône et sur un sol sablo-limoneux, Mermoud et al. (1991) suggèrent d'abaisser la nappe à plus de 3 m pour limiter les remontés capillaires à moins de 1 mm/j. Le flux que le sol peut transmettre de la nappe vers la zone d'évaporation est fonction de la nature des matériaux du sol se trouvant au-dessus la nappe. Le processus de

salinisation affecte une tranche de sol plus épaisse dans le cas des limons que dans celui des sables. D'après Vandenberg (1964), la remontée capillaire est maximale dans les sols limono-sableux même quand la nappe est située à 1,5 m. Selon Mermoud et al. (1991), le système sol-nappe est caractérisé par un potentiel de succion de l'eau d'autant plus élevé que le matériel est plus conducteur et que la nappe est plus proche de la surface. Dans les oasis tunisiennes, on admet qu'en dessous de 1,5 m, les risques de salinisation par la nappe sont très faibles.

Compte tenu des propriétés du sol et de la relation entre la profondeur de la nappe et le flux limite que le sol peut transmettre, il apparaît qu'aussi longtemps que la nappe sera au-dessus d'un niveau critique, elle peut satisfaire intégralement la demande évaporatoire. Pour des profondeurs supérieures, le sol s'assèche en surface. Ce ne sont plus alors les conditions climatiques qui régissent la valeur des flux ascendants, mais l'aptitude du sol à transmettre l'eau vers la surface. Cette aptitude dépend de la texture, de son homogénéité verticale et surtout de l'horizon de surface travaillé ou non (Mermoud et al., 1991). Compte tenu du fort pouvoir évaporant sous climat aride et semi-aride pendant les mois d'été, le processus d'accumulation saline superficielle ne peut rester fonctionnel que dans les situations où la nappe demeure proche de la surface du sol.

4.7.7 Critères de choix des modes d'irrigation en milieu salin

Les ressources en eau des oasis disposent d'une charge moyenne en sels de 2,5g /l. Ce sont les anciens systèmes oasiens qui semblent les mieux réussir dans la conciliation des problèmes de la salinisation. Les nouveaux systèmes souffrent, au contraire, des effets de la salinisation et de l'hydromorphie, suite à la remontée du niveau de la nappe phréatique.

Le choix du système d'irrigation en milieu salin dépend de la qualité de l'eau d'irrigation, du niveau de salinité du sol, de la nature des plantes cultivées, de la topographie de la parcelle et des caractéristiques du sol.

L'irrigation par une eau salée engendre la salinisation du sol. Une partie de l'eau apportée est consommée par les plantes. Une autre partie est perdue par évaporation et par infiltration. Ces deux processus engendrent une concentration des sels en surface et une accumulation des sels en profondeur.

L'irrigation par une eau riche en sodium d'un sol poreux agrégé riche en calcium entraîne :

- un remplacement progressif du calcium adsorbé par le sodium.
- un réarrangement des agrégats du sol en particules plus fines, peu poreuses à travers lesquelles l'eau circule lentement.

L'effet de l'irrigation aux eaux salées dépend de la dose, de la fréquence et de la technique d'irrigation.

4.7.8 Effet de la dose d'irrigation

: Les expérimentations menées en Tunisie faisaient apparaître l'influence de la dose d'irrigation sur la salinité du sol (CRUESI, 1970). Par ailleurs, en absence d'une fraction de lessivage adéquate, l'utilisation de l'eau salée peut entraîner à la longue la dégradation du sol.

4.7.9 Effet de la fréquence d'irrigation

Plusieurs chercheurs déconseillent l'écourtement des intervalles d'irrigation lorsque l'eau employée est salée.

4.8 Baisse de fertilité des sols

4.8.1 Processus de la baisse de fertilité

Un sol fertile est un sol apte à produire abondamment. Ainsi, la fertilité d'un sol dépend de toutes les propriétés physiques, minéralogiques, chimiques et biologiques qui agissent sur la production. Ce concept pris dans son sens la plus large traduit la capacité d'un sol à produire.

Le terme fertilité est généralement employé pour caractériser la quantité d'éléments nutritifs disponibles à partir des réserves organiques et inorganiques du sol (azote, humus minéralisé, phosphore, potassium, calcium, magnésium, soufre et oligo-éléments). La baisse de fertilité traduit la chute de la production qui est due à plusieurs facteurs :

- Facteurs d'origine physique quand le sol perd sa structure et devient instable, ce qui entraîne sa dégradation soit par décapage de l'horizon fertile de surface par les eaux de ruissellement soit par compaction de l'horizon arable en perdant sa porosité soit par chute de l'activité biologique par manque d'oxygène et de matière organique.
- Facteur d'origine chimique lié à la pauvreté du sol en éléments majeurs de fertilisation (N, P, K) et en élément mineurs ou oligo-éléments.
- Le troisième facteur qui est primordial dans la fertilité des sols est l'Humus qui influe sur toutes les qualités physiques, chimiques et biologiques du sol.

Les trois principaux facteurs de la baisse de fertilité des sols sont interdépendants ; l'un influe sur l'autre. En effet, un sol physiquement dégradé n'assure pas une croissance normale des végétaux dont les résidus diminuent et n'alimentent pas suffisamment le stock humique. L'absence d'aération ralentit la minéralisation ce qui atténue la libération des éléments fertilisants et des oligo-éléments de l'humus. Inversement, un sol pauvre en humus évolue vers la dégradation de sa structure, de sa perméabilité et de son aération ; la quantité minéralisée devient faible par manque d'humus et par l'absence de conditions favorables aération du sol, pauvreté en micro-organismes.

Dans l'analyse de la situation dans quelques oasis qui précède, la baisse de fertilité est évaluée par l'évolution de la structure du sol et de sa stabilité et surtout par celle de l'humus qui influe favorablement sur les propriétés physiques et biologiques du sol et en particulier sur la disponibilité d'éléments fertilisants qui influent directement sur la production.

Les paysans utilisent un terme « fatigue du sol » qui traduit au mieux la baisse de fertilité due à une détérioration des propriétés du sol.

La baisse de fertilité qui est une forme de dégradation des sols, se manifeste quand les sols s'affaiblissent et n'arrivent plus à produire malgré tous les travaux de préparation du sol

et la fumure minérale. Le sol ne répond plus aux engrais. Ceci s'explique par la dégradation des propriétés physique, l'insuffisance d'humus dans le sol et la chute de l'activité biologique. Le sol n'est plus agronomiquement fertile. Il est fatigué.

Un agro-pédologue expérimenté peut déterminer le niveau de fertilité du sol grâce à l'observation directe du sol. Il suffit d'examiner la structure/texture, la porosité et surtout la couleur du sol en se servant du « code Munsell » pour déterminer la « value » qui traduit la richesse du sol en matière organique. Plus la « value » est foncée plus le sol est riche. Ces observations directes sur le terrain doivent être confirmées par des enquêtes auprès des agriculteurs ou par du analyses au laboratoire.

4.8.2 Causes de la baisse de fertilité

La baisse de la fertilité des sols et leur dégradation structurale, sont dues à plusieurs facteurs, dont les plus importants sont :

- Le faible taux d'humus dans le sol qui est lié à la nature du sol et le bioclimat ;
- La mauvaise qualité de l'eau d'irrigation, qui dégrade la structure du sol ;
- Les assolements qui ne permettent pas la restitution de la matière végétale dans le sol ;
- Les faibles apports du fumier organique.

La baisse de fertilité se déclenche dans les oasis ayant au départ un taux d'humus faible inférieur à 1 %. Ceci concerne la plupart des anciennes Oasis. Ces oasis ayant des sols déficients en humus sont gérées sans aucune amélioration de leur statut humique et ce pour plusieurs raisons :

- Les assolements pratiqués ne permettent pas suffisamment une restitution organique au sol. Aucune oasis n'intègre une sole d'engrais verts pour reconstituer les réserves humiques.
- L'élevage intensif dans les oasis est absent, c'est-à-dire la production de fumier est absente. Sachant que la prise du fumier est élevée (transport coûteux), l'agriculteur à revenu faible ne supporte pas une telle dépense. L'achat de fumier ne se fait sporadiquement dans les Oasis.

La baisse de fertilité pourrait aussi provenir de la mauvaise qualité de l'eau d'irrigation (eau chargée en sel) qui contribue à la dégradation de la structure par la dispersion de l'argile et influe sur l'alimentation en eau des racines qui éprouvent des difficultés à s'alimenter à partir d'une solution de sol à forte pression osmotique. On observe cette forme de dégradation dans quelques Oasis.

Par ailleurs, le mode de faire valoir indirect (métayage, location) est responsable de l'épuisement des sols. En effet les locataires des exploitations agricoles n'investissent que pour le très court terme tel que la fumure minérale.

Par contre la fumure de fond ou fumier pour améliorer la qualité physique des sols, le labour profond ou défonçage, l'entretien des drains qui sont des opérations nécessaires pour conserver et améliorer la fertilité des sols n'ont jamais été réalisées par les locataires. Ceci apparaît nettement dans les Oasis.

4.8.3. Impact de la baisse de fertilité

La baisse de fertilité des sols est un fléau qui affecte la plupart des oasis. Elle est surtout fréquente dans les anciennes Oasis. C'est ainsi que les sols de ces oasis, subissent un déficit humique par manque d'amendement organique sous forme de fumier ou d'engrais vert. Cette baisse de fertilité affecte la qualité du sol et provoque la baisse significative des rendements, dont l'impact économique à long terme est assez important et qui se traduit par un manque à gagner non négligeable. Cette fatigue de sol varie d'une oasis à une autre et d'une exploitation à une autre. Outre la baisse des rendements des cultures qui accompagne cette déficience, c'est la diminution des résidus organiques qui retournent au sol suite à la baisse de la masse végétale produite par les cultures, ce qui accélère la baisse de fertilité. Ainsi, c'est un cercle vicieux qui se répète au cours du temps jusqu'à l'obtention d'un sol épuisé on apte aux pratiques agricoles.

Enfin, la baisse de fertilité des sols est une forme de dégradation dominante qui affecte la qualité du sol et provoque la baisse significative des rendements, et dont l'impact économique à long terme est assez important et qui se traduit par un manque à gagner non négligeable.

4.9 L'érosion éolienne

L'érosion éolienne se manifeste principalement dans les milieux arides et dans les oasis installées sur des formations sableuses ou des voiles éoliens. Elle attaque les milieux à environnement pédologique dominé par la présence d'horizons superficiels sableux non fixés par une végétation pérenne dense et non protégés par des brises vent.

Avec leur mise en culture, ces sols subissent des façons superficielles (labour) qui les rendent très vulnérables à l'érosion éolienne. La partie superficielle du sol qui est meuble est soufflée par les vents qui arrachent une partie (phénomène d'ablation) qu'ils déposent en des endroits privilégiés sous la forme primaire de voile éolien sableux, puis de dunes vives (ensablement). L'ablation de la partie superficielle sableuse entraîne la concentration à la surface du sol des éléments très grossiers (cailloux et graviers) et l'apparition de couches de sol dures. Il en résulte que la pénétration de l'eau du sol est réduite et la capacité de rétention du sol est amoindrie.

L'érosion éolienne constitue un vrai problème de dégradation des sols au début de l'installation de l'oasis avant que des plantations et des cultures pérennes prennent place. L'exemple le plus frappant est celui de Régim Maatoug où le voile éolien qui était fixé par

une végétation naturelle se voit complètement déstabilisé à la suite des opérations de terrassement et de labours.

Sur les oasis étudiées, l'érosion éolienne se manifeste à la suite de l'abandon des oasis. Ainsi le sol n'est plus protégé par une végétation dense et les brise-vents ne reçoivent plus d'irrigation l'appoint se trouvent complètement détériorés et ne jouent plus leurs rôles. En effet, elle concerne les oasis du Sud qui sont situés dans des couloirs de vent et qui sont insuffisamment protégés.

Parmi les oasis étudiées, ceux qui souffrent de l'érosion éolienne sont les oasis de Ras El Ain, Negga et les extensions privées dans la région de Kébili et celles Rmada dans la région de Tozeur. En effet pour certaines Oasis à Tozeur et Kébili, la pénurie d'eau a eu pour conséquence le dépérissement de la végétation dans certaines exploitations abandonnées et le déclenchement de l'érosion éolienne. Les palmiers complètement déchaussés caractérisent cette érosion éolienne bien présente dans les exploitations abandonnées. Par contre, les nouvelles extensions à Kébili souffrent d'un manque de protection. L'agriculteur n'est pas en mesure d'assurer la protection extérieure qui demande beaucoup de moyens.

Les principaux impacts de l'érosion éolienne au niveau des oasis sont :

- L'érosion éolienne fait perdre des surfaces importantes par l'ensevelissement de la végétation par des voiles éoliens, voire des dunes vives.
- Elle agit fortement sur la baisse de fertilité dans les parcelles ayant subi un décapage de l'horizon superficiel qui est le plus fertile.
- L'érosion éolienne réduit les rendements des cultures sous l'effet des bombardements des grains de sable sur le feuillage et surtout les fruits.
- Les vents contribuent au dessèchement des cultures insuffisamment irrigués.

4.10 L'urbanisation

Elle est parmi les formes extrêmes de dégradation des sols, car elle aboutit directement à leur perte en tant que moyen de production agricole. Cette perte est définitive. Des menaces existent cependant pour la construction à l'intérieur des oasis, de locaux destinés à certaines activités, comme les frigos pour le stockage de la récolte ou les aménagements d'animation touristique. Cette dernière est une activité nouvelle et récente qui prend de l'extension et menace à long terme certaine. L'urbanisation qui est une forme de dégradation irréversible touche à des degrés différents les oasis, en particulier les oasis péri-urbaines. En terme de surface, l'espace urbanisé est faible mais son impact est important sur le plan économique et environnemental. En effet, les parcelles urbanisées constituent une perte totale de la production agricole et influent négativement sur les parcelles environnantes.

4.11 Les contraintes foncières et financières, l'abandon et leur impact sur le délaissement et l'aggravation de la dégradation

4.11.1 Statut foncier des terres des oasis

Dans la zone des oasis, dès l'indépendance, d'importantes réformes ont touché les structures foncières et le processus de privatisation des terres collectives s'est accéléré après la période des années soixante dix. La remise des titres individuels de propriétés a été accélérée pour permettre aux agriculteurs d'accéder aux crédits agricoles instaurés en parallèle. A la fin des années 1980, un processus de décentralisation a été mis en place pour faciliter et accélérer l'apurement des terres collectives. Le résultat de ce processus est toutefois différent d'un gouvernorat à l'autre.

Tableau 25. Statut foncier des terres agricoles dans la région du SO (ha; ODS, 2004).

Gt	Terres privées	Terres collectives		Terres domaniales Agricoles	Total
		Attribuées	Parcours + non attribuées		
Tozeur	2710		9258	312893	326061
Kébili	13882	11417	530700	25721	616263
Tozeur + Kebili	16592	11417	539958	338614	942324
%	2%	1%	57%	36%	100%

Au niveau des oasis concernées par l'étude, le statut des terres varie d'une oasis à une autre et l'on peut rencontrer à l'intérieur d'une oasis la coexistence de plusieurs formes.

Le tableau ci après présente la situation du statut des terres tel que décrit par les GDA. des cas.

Tableau 26 : statut foncier des terres par oasis

délégation	Nom du GDA	terre privée	terre collective	terre domaniale
Tozeur	El Woust	x		
	Erbatt	x		
	El Hafir	x		
	Abbess	x		
Degache	7 Abar	x		
	Aïn Rebeh	x		
	Hamma Nemlette	x		
	Hamma Mhereb	x		
	Hamma Erg	x		
	Degueche El Mnecher		x	
	Aïn Torba	x		
	Zaouiet El Arab	x		
	Ouled Hmida	x		
	El Mhassen		x	
	Bouhleb		x	
Nafta	Fatnassa	x		x
	Beni Ali	x		x
	Rmeda			x
	Rass El Aïn	x		
Tameghza	tameghza	x	x	
	Aïn El Karma	x		x

Source : GDA Tozeur + compilation CNEA

délégation	Nom du GDA	terre privée	terre collective	terre domaniale
Kebili Nord	Tenbib	x		
	Ejdida	x		
	Errabta	x		
	Tombar	x		
	El Mansoura	x		x
	Radhouan	x		
	Telmine	x		
Kebili Sud	El Jarsin	x		
	Ben Zitoun 1	x	x	
	Errahmét	x		
	El Barghouthia	x		
	Souk El Biaz	x		
	El Blidét	x		x
	Bazma	x		
	Jimna	x		
	Bichli	x		
	Rass El Ain	x		
Douz Nord	Douz	x		
Douz Sud	Nouil	x		
	Zâafrane	x	x	
Souk El Ahad	Nouka	x		
	Zaouiyét El Harth Nord	x		x
	Zaouiyét El Harth Sud	x		x
	Fatnassa	x		x
	Zaouiét El âniss	x		x
	Aouled Ettouati	x		
	Om Essomâa Nord	x		x
	Zirit El Whichi	x		x
	Bou Abdalah	x		x
	Om Essomâa Sud	x		x
	El Manchia	x		
	Tanchik	x	x	
	El Kliâa	x	x	
El Faouar	Ghidma	x		
	El Faouar 1	x		x
	Esabria	x		x

La non attribution de titres de propriétés dans certaines oasis a constitué une contrainte au développement de l'agriculture oasienne. Elle a freiné les opérations foncières : partage, cession, achat et a été parfois une source de mésentente entre les héritiers et une cause de l'abandon et de délaissement des petites exploitations.

4.11.2 structure des exploitations

Selon les données de l'enquête oasis, dans les oasis traditionnelles ce sont les petites exploitations qui dominent.

Les tableaux suivants présentent la répartition des superficies et des exploitations par strate.

Tableau 27: répartition des superficies des oasis traditionnelles par strate

Superf	Gouvernorat	<0,5 ha	de 0,5 à 1 ha	de 1 à <1,5 ha	de 1,5 à <2 ha	de 2 à <5 ha	>5 ha	s/t
oasis tradit	Tozeur	291	755	369	315	1260	378	3368
	part	4%	10%	5%	4%	16%	5%	44%
	Kebili	1469	1 990	435	195	221	41	4351

Superf	Gouvernorat	<0,5 ha	de 0,5 à 1 ha	de 1 à <1,5 ha	de 1,5 à <2 ha	de 2 à <5 ha	>5 ha	s/t
	part	19%	26%	6%	3%	3%	1%	56%
	s/t trad	1760	2745	804	510	1481	419	7719
	part	23%	36%	10%	7%	19%	5%	100%

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Tableau 28: répartition des exploitations des oasis traditionnelles par strate

nbre d'exploitat	Gouvernorat	<0,5 ha	de 0,5 à 1 ha	de 1 à <1,5 ha	de 1,5 à <2 ha	de 2 à <5 ha	>5 ha	s/t
oasis tradit	Tozeur	906	1 113	319	188	400	67	2993
	part	4%	5%	1%	1%	2%	0%	13%
	Kebili	14683	3 982	395	130	110	8	19308
	part	66%	18%	2%	1%	0%	0%	87%
	s/t trad	15589	5095	714	318	510	75	22301
	part	70%	23%	3%	1%	2%	0%	100%

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

ce sont les micro-exploitations qui prédominent avec une situation extrême au niveau du Gouvernorat de Kébili où les exploitations de moins de 0,5 ha représentent plus de deux tiers des exploitations des deux gouvernorats Tozeur et kebili et les exploitations de moins de 1 ha représentent près de 85%.

La situation au niveau des oasis du Djérid est relativement moins contraignante puisque les exploitations de moins de 0,5 ha représentent près de 4% des exploitations des deux gouvernorats Tozeur et kebili et les exploitations de moins de 1 ha représentent seulement 9%.

Mais, dans l'ensemble la situation, marquée par la petitesse des exploitations notamment à Kébili, présente des risques d'abandon et de délaissement.

4.11.3 Modes de faire-valoir

En dehors des terres collectives et des terres domaniales, c'est la propriété privée et le faire valoir direct qui prédominent au niveau des L'exploitation directe concerne 98 % des parcelles, le métayage 1,2 % (Tab.8).

Tableau 29 : Répartition des parcelles selon le mode de faire valoir (MFV; DGPIA, 2004).

Gt	MFV Direct		Location		Métayage		Autres modes		Total
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre
Tozeur	9659	97,2	248	2,5	4	-	28	0,3	9940
Kébili	38960	96,8	237	0,6	973	2,4	12	-	40231

Source : Données Enquête oasis DG/EDA + compilation CNEA

Ces résultats montrent à la fois un blocage des structures agraires et donc une dynamique très réduite au niveau du marché foncier et donc l'impossibilité d'un accroissement de la superficie moyenne des exploitations, et un fort attachement à la terre à la

fois du fait de la tradition agraire des populations, mais surtout de l'absence d'autres alternatives d'emploi et de création de sources de revenus dans la région. La persistance de cette situation et la réduction de la superficie moyenne qu'elle devrait induire, en l'absence d'extension des superficies agricoles, devraient à terme se traduire par la multiplication des exploitations non viables et par une crise de reproduction de l'ensemble des exploitations.

4.11.4 la sous exploitation et l'abandon

La sous-exploitation est exprimée par un taux d'exploitation faible à cause de la non irrigation de certaines ou de la majorité des parcelles. Lorsque celui-ci devient très faible ou nul, il exprime un état d'abandon. La sous-exploitation, est considérée comme une forme de dégradation parce qu'elle ne permet pas de rentabiliser les deux ressources naturelles fondamentales à savoir le sol et l'eau. En effet, elle ne permet pas de réaliser l'objectif assigné aux périmètres irrigués qui doivent être suffisamment performants pour réaliser 50 % de la production agricole nationale et ce dans le cadre d'un développement durable. Les terres abandonnées subissent alors d'autres formes de dégradation selon l'environnement dans lequel elles se trouvent (urbanisation, hydromorphie, salinisation, etc...). Les causes de la sous-exploitation des périmètres irrigués, sont multiples et peuvent être liées à :

- L'eau (pénurie, dégradation de la qualité, coût élevé),
- Des aspects fonciers (morcellement poussé, manque de titres fonciers, etc...),
- Des aspects sociaux (conflits, mauvaise gestion, non motivation des agriculteurs, manque de main d'œuvre, mode de faire valoir indirect, absentéisme, etc...),
- Des aspects financiers (moyens financiers limités, endettement des exploitants, pas d'accès aux crédits agricoles, etc...)
- Pas de traditions en irrigué et/ou faible niveau de technicité des exploitants
- Conditions défavorables d'écoulement des produits de récolte (manque d'infrastructure de base et d'organisations professionnelles, éloignement du marché, etc...).

La sous-exploitation affecte à différents degrés les oasis ce qui indique que la sous-exploitation est la forme de dégradation la plus dominante qui menace la viabilité des oasis et dont l'impact économique est important, du fait qu'une bonne partie de la superficie équipée n'est plus exploitée en irrigué, ce qui se traduit par un manque à gagner important entraîné par la réduction de la production agricole. La superficie non irriguée actuellement abandonnée représente environ 20 % selon les oasis. Certaines oasis sont fortement touchés par la sous-exploitation (taux d'exploitation très faible). Au niveau des anciennes Oasis, la sous-exploitation est due essentiellement, au morcellement très poussé qui donne des micro-parcelles non viables, à la pénurie d'eau et au manque de main d'œuvre et au système de drainage mal entretenu qui favorise l'extension de l'hydromorphie. Les problèmes observés dans les différentes Oasis sous-exploitées, sont résumés dans le tableau suivant. Ces problèmes avec leur niveau expliquent la menace qui pèse sur la durabilité des Oasis sous-exploitées.

Tableau 30: Problèmes rencontrés dans quelques Oasis traditionnelles

Problématique	Oasis Tozeur	Oasis Kebili
Morcellement (taille des parcelles)	X	X
Pénurie d'eau	X	X
Manque de main d'œuvre	X	X
Mauvaise gestion du réseau d'irrigation	X	X
Réseau vétuste et vieilles plantations non rentables	X	
Mode de faire valoir indirect (absentéisme)	X	X
Urbanisation		X
Manque d'entretien (chiendents, ensablement)	X	X

4.11.5 Les contraintes financières des agriculteurs

La capacité financière des exploitants dépend de plusieurs facteurs dont on cite :

- Le patrimoine constitué par la superficie de l'exploitation,
- Le système de production, la diversité des spéculations conduites et l'intégration ou non de l'élevage,
- la composition du nombre de pieds de palmier entre oasis traditionnelles, oasis modernes, oasis organisées,
- Les charges de l'exploitation et le mode de conduite des différentes activités
- Le rendement et la marge financière de chaque type de plantation et de chaque activité,
- La composition de la famille, la disponibilité ou non de la main d'œuvre familiale, la charge ou l'aisance financière de chaque famille,
- Les revenus procurés par les activités extra-agricoles de l'exploitant et des membres de sa famille.

La faiblesse des moyens de production et la baisse du niveau de la capacité financière des agriculteurs accentuent les formes de dégradation.

En effet, l'agriculteur qui n'irrigue pas convenablement sa parcelle et n'entretient pas son système d'irrigation et de drainage voit son oasis se dessécher, subir les effets de la salinisation du sol et de l'hydromorphie. Aussi, celui qui ne restitue pas les éléments minéraux exportés sous forme organique et minérale voit son sol tendre vers la fatigue entraînant une baisse appréciable des rendements et ainsi se déclenche un cycle infernal qui conduit à l'abandon des exploitations irrigués.

4.12 Conclusion

Selon l'ampleur et l'impact physique et économique des formes de dégradation dans les oasis, la forme de dégradation la plus dominante est la sous-exploitation. Cette dégradation se traduit par un manque à gagner en irrigué, dépend de plusieurs facteurs qui sont généralement liés, à la qualité et à la disponibilité des ressources en eau, aux aspects fonciers (morcellement, titres fonciers, etc...), aux aspects financiers (endettement des exploitants, difficultés d'accès aux crédits agricoles, etc...), au niveau de technicité des agriculteurs, aux

conditions d'écoulement des produits de récolte, et à l'environnement social (gestion des périmètres, motivation et âges des agriculteurs, main d'œuvre, conflits sociaux, etc...). Elle est donc, d'origine physique, économique et sociale.

La deuxième forme de dégradation dominante qui affecte un grand nombre d'oasis et de superficies importantes, est l'hydromorphie. Elle est liée à plusieurs facteurs (excès d'eau d'irrigation, présence d'une nappe proche de surface du sol, drainage interne et externe défectueux). Elle entraîne des chutes considérables des rendements jusqu'à les annuler dans certaines oasis en l'absence de drainage efficace. L'hydromorphie devient plus grave lorsque les excès d'eau qui affectent l'oasis sont chargés en sels. Dans ce cas, la correction des sols devient double, assainissement et désalinisation.

La baisse de fertilité des sols au niveau des oasis est considérée comme forme de dégradation dominante. En effet, elle touche la moitié de ces oasis. Mais par manque de données précises relatives au niveau de fertilité de l'état initial des sols et de l'état actuel, il est difficile d'évaluer quantitativement le niveau de la baisse de fertilité et les superficies affectées.

Beaucoup de formes de dégradation sont très reliées entre elles. La sous-exploitation des oasis pourrait provenir d'un faible revenu assuré par l'oasis grevé par d'autres formes de dégradation (baisse de fertilité, hydromorphie, salinisation, etc...).

Au niveau des ressources en eau : la mobilisation excessive de ressources faiblement renouvelables s'est traduit par trois phénomènes concomitants :

- le tarissement des sources et de la baisse de l'artésianisme;
- le rabattement du niveau piézométrique de certaines nappes et l'augmentation du coût de pompage;
- la dégradation de la qualité des eaux : la salinité des nappes est en augmentation du fait de leur surexploitation.

Dans cette situation de gestion difficile des ressources naturelles, l'agriculture oasienne est confrontée à un ensemble de problèmes et de défis dont :

- L'émiettement des exploitations et la dégradation de la situation foncière à l'intérieur des oasis, ce qui rend difficile la mise en œuvre de projets de développement ;
- La situation difficile des GIC dans certaines oasis et leur incapacité de prendre en charge les activités de maintenance et d'entretien du réseau d'irrigation et drainage assurées jusqu'ici par les CRDA.

Enfin, les faibles moyens financiers des agriculteurs accentuent les formes de dégradation. En effet, l'agriculteur qui n'entretient pas son système de drainage voit son oasis subir l'hydromorphie, celui qui ne restitue pas les éléments minéraux exportés sous forme organique et minérale voit son sol tendre vers la fatigue entraînant une baisse appréciable des rendements et ainsi se déclenche un cycle infernal qui conduit à l'abandon des exploitations irriguées.

Tous ces facteurs indiquent qu'il y'a des menaces sérieuses au secteur et qu'il faut chercher des solutions pour les affronter le plus rapidement possible.

Etant donné le rôle joué par le secteur du palmier dans l'économie du pays et de celui de l'agriculteur, il y'a donc une nécessité de préserver ce milieu et de consolider ses acquis et ses résultats.

A cet effet, beaucoup de programmes d'interventions consentis par les pouvoirs publics et par les opérateurs privés ont été élaborés et mises en œuvre pour lutter contre ces menaces.

C'est ainsi qu'il a été envisagé plusieurs actions de lutte contre la dégradation dont on cite :

- la mise en place d'actions d'économie d'eau permettant de mieux irriguer les plantations, réduire les pertes d'eau à la parcelle, gérer les tours d'eau, réduire les effets de l'irrigation par submersion avec des doses supérieures aux besoins des plantations,
- la reconversion des plantations non productives par des plantations à haute valeur ajoutée notamment la variété deglet Ennour, le rajeunissement des vieilles plantations, l'introduction d'autres variétés et même d'autres espèces arboricoles,
- l'élaboration et la mise en œuvre de programmes de lutte contre les effets des différentes formes de dégradation (salinisation, hydromorphie, érosion, urbanisation).

L'amendement de terre apparaissait donc comme un moyen qui permet d'atténuer les effets de la baisse de la fertilité du sol dans les anciennes oasis.

V . L'AMENDEMENT SABLEUX DANS LES OASIS

Longtemps pratiqué par les exploitants, l'amendement sableux est jugé de nos jours par certains exploitants comme vital, certains le considèrent comme nécessaire, d'autres le considèrent comme complémentaire alors que d'autres le considèrent comme superflu.

5.1 L'agriculteur en tant que concepteur de l'amendement sableux

Les agriculteurs sont des participants actifs au développement de systèmes de gestion appropriés et les principaux créateurs de solutions techniques aux problèmes qui les secouent dans leur exploitation.

Certes la situation diffère d'un exploitant à un autre mais l'amendement à notre sens reste lié à l'acuité du problème que vit l'exploitant, aux objectifs recherchés derrière cet amendement et à la capacité financière dont dispose l'exploitant.

Différents cas de figures ont été visités et interviewés pour mieux comprendre les situations vécues par les exploitants avant la réalisation de l'amendement, connaître les conditions, les composantes, les coûts et l'impact.

5.2 Caractérisation des oasis sélectionnées

5.2.1 les oasis sélectionnées

Suite aux discussions avec les CRDA et les URAP de Tozeur et Kébili et compte tenu de la collecte de données sur les oasis, on a fait une sélection commune (CNEA, CRDA, URAP) des oasis compte tenu de plusieurs critères tels que :

- ✓ La situation de l'oasis par rapport au chott,
- ✓ Les principales caractéristiques du sol dans certaines oasis,
- ✓ Les formes de dégradation dominantes dans ces oasis.

Ensuite on a proposé aux autorités de sélectionner un groupe d'exploitants par oasis composé de trois exploitations dont les deux tiers ayant procédé à l'amendement et le tiers n'ayant pas procédé.

Suite aux propositions des CRDA, on a effectué des visites de terrain et des enquêtes avec les exploitants sélectionnés.

Près de 60 exploitants ont été enquêtés dans ce sens dont 46 amendées et 12 non amendées.

- ✓ Deux types de questionnaires ont été élaborés et remis suffisamment à l'APIA et les CRDAs pour commentaires et validation avant leur exécution.
- ✓ La réalisation de l'enquête a été effectuée par les membres de l'équipe durant la seconde semaine du mois de juillet 2008 : du 07/07/2008 au 11/07/2008.

Tableau 31: liste des oasis sélectionnées pour enquête

Nature de l'exploitation	Gouvernorat	Oasis	Total	
Amendé	kebili	Ben Zitoun 1	3	
		Douz nord	2	
		Douz Sud	1	
		El Golâa	4	
		Fatnassa	3	
		Guatâya	3	
		Negga	2	
		Oum Somâa	1	
		Rabta	2	
		Rahmet	5	
		Ras El Ain	2	
		Somraya	2	
	Zâafrana	1		
	Total kebili		31	
	Tozeur		7 Abar	3
Ain Torba			2	
Beni Ali			3	
El Hamma Nemlette			2	
El Woust			2	
Errbat			1	
Fatnassa			2	
Total Tozeur		15		
Total Amendé			46	
non Amendé	kebili	Douz nord	1	
		Errbat	2	
		Nouail	3	
		Zaafrane	1	
	Total kebili		7	
	Tozeur		Ain Torba	1
			El Hamma Nemlette	1
Errbat			2	
Total Tozeur		5		
Total non Amendé			12	
Total général			58	

5.2.2 Typologie des oasis sélectionnées

Compte tenu des données collectées sur les oasis et des résultats des études sur les facteurs de la dégradation autre que la salinisation et celle de la salinisation des sols, on peut établir la Typologie des oasis concernées par l'enquête de l'amendement.

Le tableau suivant présente la forme de la dégradation des terres dans chaque oasis.

Tableau : forme et intensité de la dégradation dans les anciennes oasis de Kebili

Tableau 32 : forme et intensité de la dégradation dans les anciennes oasis de Kebili

Nom du GDA	Dégradation autre que la salinisation					sensibilité à la salinisation	
	Urbanisation	Drainage Déficitaire	Hydromorphie	Baisse de Fertilité	Erosio Eolienne	Moyennement Sensible à la salinisation	Fortement Sensible à la salinisation
El Goulaâ			HY	BF	EE	100% MS	
Grad			HY	BF	EE		100%FS
Douz			HY	BF	EE		100%FS
Zâafrane			HY	BF	EE		100%FS
El Hssy			HY	BF	EE		100%FS
Errabta			HY	BF	EE		100%FS
Telmine			HY	BF	EE		100%FS
Tombar			HY	BF	EE		100%FS
El Guataâya			HY	BF	EE		100%FS
Tembib	Ur		HY	BF	EE		100%FS
Bazma			HY	BF	EE		100%FS
Jimna			HY	BF	EE		100%FS
Errahmét			HY	BF	EE		100%FS
Souk El Biaz			HY	BF	EE		100%FS
Bichli			HY	BF	EE		100%FS
Elmsaid			HY	BF	EE		100%FS
Ben Zitoun 1			HY	BF	EE		100%FS
Neggua		DrD	HY	BF	EE		100%FS

Source : Etude sur la salinisation et les autres formes de la dégradation – DG/ACTA –2005/2006

Tableau 33 : forme et intensité de la dégradation dans les anciennes oasis de Tozeur

Nom du GDA	Dégradation autre que la salinisation						
	Urbanisation	Drainage Déficitaire	Hydromorphie	Baisse de Fertilité	Erosio Hydraulique	Erosio Eolienne	Sous Exploitation/Abandon
El Woust	Ur		HY	BF	EH	EE	
Erbatt	Ur	DrD	HY	BF		EE	SE/A
El Hafir		DrD	HY	BF		EE	SE/A
Abdess	Ur		HY	BF	EH	EE	SE/A
7 Abar			HY	BF	EH	EE	
Aïn Rebeh			HY		EH	EE	
Hamma Nemlette		DrD	HY	BF		EE	SE/A
Hamma Mhereb			HY	BF	EH	EE	SE/A
Hamma Erg			HY	BF	EH	EE	SE/A
Degueche El Mnecher			HY	BF	EH	EE	
Aïn Torba		DrD	HY	BF		EE	SE/A
Zaouiet El Arab			HY	BF	EH	EE	
Ouled Hmida			HY	BF	EH	EE	
El Mhassen			HY	BF	EH	EE	
Bouhlel			HY	BF	EH	EE	
Fatnassa		DrD	HY	BF		EE	SE/A
Beni Ali		DrD	HY	BF		EE	SE/A
Rmeda		DrD	HY	BF		EE	SE/A
Rass El Aïn			HY	BF			
tameghza	Ur		HY	BF	EH		
Ain El Karma			HY	BF	EH		

Source : Etude sur la salinisation et les autres formes de la dégradation – DG/ACTA –2005/2006

5.3 Les questionnaires employés

Deux questionnaires ont été employés pour traiter la question de l'amendement

5.3.1 questionnaire type 1

Le premier questionnaire a concerné les exploitations amendées et a touché les aspects suivants :

Identification de l'exploitant et sa famille ,

Identification de l'exploitation

Caractérisation du sol

Texture, nature

Irrigation

Source d'irrigation, caractérisation des infrastructures, coût de l'irrigation

Système de drainage

Présence ou non du système de drainage, caractérisation et fonctionnalité,

Système de production

Caractérisation du système de production et des activités agricoles,

Travail du sol et fertilisation :

Caractérisation des travaux et des façons culturales pratiqués

Hydromorphie et salinisation :

Caractérisation des principaux phénomènes de la dégradation, période d'observation

Et actions de lutte contre les deux formes,

Dégradation du sol et épandage du sable :

Causes de la dégradation

Identification des causes de la dégradation, et de l'année de leur observation

Effets de la dégradation

Identification des effets de la dégradation au niveau des pieds de palmiers, rendements, irrigation, système de production, revenu, occupation de l'exploitation, offre de journées de travail,

Contraintes qui ont entravé l'amendement du sol :

Identification des contraintes physiques, financières et sociales ayant affecté ou pouvant altérer l'amendement

objectifs d'intervention pour amendement du sol ?

Identification des objectifs de l'amendement : amélioration de la texture et de la structure du sol,

Connaissance des opérations d'amendement ?

Description des composantes, dimension, synchronisation, fréquence, épaisseur, qualité de la matière minérale, texture

Coûts des opérations d'amendement

Estimation du coût de l'amendement par type d'opération, durée

Moyens financiers et humains mise en oeuvre pour faire l'amendement

Nature du financement,

Impacts attendus de l'épandage de sable au niveau de la parcelle :

Identification des impacts attendus,

l'amélioration substantielle a été obtenue au niveau des rendements du palmier et des cultures associés introduites par suite de l'amendement,

Impacts en dehors de l'oasis sur les zones de prélèvement

Identification des effets sur l'environnement,

Solutions de rechanges en dehors de l'amendement ?

En dehors de l'opération d'amendement, décrire les solutions de recharge
Ce questionnaire est présentée en détail en annexe.

5.3.2 Questionnaire de type 2

Le deuxième questionnaire a concerné les exploitations non amendées et a touché les aspects suivants :

Les aspects communs avec le premier questionnaire : en allant de la caractérisation de l'exploitant et de sa famille jusqu'au thème de la dégradation du sol, puis on a ajouté des questions relatives aux :

Contraintes qui ont entravé la réalisation de l'amendement :

Contraintes techniques, Contraintes de disponibilité de la matière minérale, Contraintes financières, Contraintes de non conviction des impacts d'amélioration :

Les objectifs recherchés par les opérations d'amendement

La connaissance et la maîtrise des opérations d'amendement

Les Moyens financiers et humains à mettre en oeuvre pour faire l'amendement

Les Impacts attendus de l'épandage de sable au niveau de la parcelle :

Les Impacts en dehors de l'oasis sur les zones de prélèvement

les solutions de recharges envisageables en dehors de l'amendement

5.4 les résultats de l'enquête

5.4.1 Les préalables à l'amendement sableux chez l'agriculteur

En se basant sur les éléments de l'enquête et ceux des visites de terrain aux exploitations qui ont pratiqué l'amendement, il s'est dégagé des préalables que l'agriculteur considère comme condition sine-qua-non pour procéder à l'exécution des opérations d'amendement.

Parmi ces préalables, on cite :

- L'apparition de l'un au moins des facteurs de dégradation des sols tels que : la salinisation, l'hydromorphie, la remontée de la nappe, l'appauvrissement du sol, la baisse de la fertilité ; la chute des rendements, ...etc,
- La propriété de la parcelle ou la parfaite entente entre les héritiers,
- La présence d'un milieu d'approvisionnement en sable, la proximité de ce milieu de l'exploitation est un stimulant qui favorise l'entreprise de l'opération,
- L'existence d'engins et de moyens matériels facilitant l'exécution de l'opération, certains agriculteurs se mettent d'accord avec des entrepreneurs disposant d'engins pour assurer les opérations mécaniques,
- La disponibilité de la main d'œuvre occasionnelle et ou familiale, plusieurs agriculteurs comptent sur la contribution de la main d'œuvre familiale,
- La capacité financière de l'exploitant pour couvrir toutes les opérations d'amendement, parfois les opérations sont financées à crédit, parfois en numéraire avec beaucoup de facilités

Compte tenu des visites de terrain pour visualisation des amendements pratiqués, des interviews des exploitants enquêtés dans leurs parcelles et des discussions avec les services régionaux des CRDA et de l'UTAP, il s'est dégagé plusieurs constatations concernant les pratiques actuelles, le déroulement et les coûts.

5.4.2 Pratiques actuelles de l'amendement

Selon les données collectées, les visites de terrain et les enquêtes dans les oasis traditionnelles les pratiques effectuées sont :

- ✓ dans la quasi-totalité des amendements sableux, l'amendement d'argile n'a pas été invoqué par les agriculteurs,
- ✓ Les pratiques de l'amendement ne touchent pas seulement les oasis traditionnelles, elles concernent aussi les nouvelles créations que ce soit dans les oasis modernes, ou dans les oasis organisées et même dans les extensions autour des anciennes oasis,
- ✓ Les pratiques diffèrent selon le milieu d'implantation de l'oasis, les oasis de plaine sont beaucoup plus touchées que les oasis de montagne.
- ✓ Les pratiques de l'amendement sont étroitement liées à la nature de l'exploitant et à la composition de sa famille. En effet, la connaissance et la maîtrise des différentes opérations d'amendement, la pratique d'une autre activité lucrative, le dynamisme et le savoir faire, la contribution des membres de la famille aux travaux d'amendement, leur participation en nature ou en numéraire au financement du coût des opérations, sont des facteurs qui ont accompagné la réussite de l'amendement,
- ✓ Les pratiques de l'amendement sont liées aussi à la nature de l'exploitation. En effet, la taille de l'exploitation, l'effectif de palmier dattier qui y existe, le statut foncier de la parcelle, le mode de faire valoir, la nature de la propriété (héritage, achat, indivision,..etc), l'entente entre les héritiers dans le cas d'une parcelle en indivision, sont des facteurs importants qui favorisent ou empêchent la réalisation de l'amendement,
- ✓ Les composantes des opérations d'amendement diffèrent d'un exploitant à un autre en fonction de plusieurs paramètres dont on cite : les objectifs recherchés par cet amendement, l'emplacement de la parcelle dans l'oasis et par rapport au chott, les composantes de l'amendement, la quantification physique de chaque action, la qualité des produits, la dimension (épaisseur, envergure), la succession des opérations et les priorités fixés, le milieu d'approvisionnement en matière première et en outils,... ,
- ✓ La pratique de l'amendement est une action qui nécessite de l'organisation sur terrain pour tenir compte de l'accessibilité à l'intérieur de la parcelle, des aménagements hydrauliques et des infrastructures d'irrigation et de drainage, du

niveau des conduites et des rigoles et des autres infrastructures par rapport au sol, de la pente par rapport au chott et des facilités de drainage,

5.4.3 Déroulement des actions d'amendement

- ✓ Le démarrage des opérations s'effectue généralement après la récolte, ce démarrage est souvent précédé par des opérations de désenchiementement, de taille des palmiers et des opérations de préparation du sol,
- ✓ la durée des opérations d'amendement s'élargit et se rétrécit en fonction de l'envergure des opérations, de la capacité financière de l'exploitant, des moyens mis par l'exploitant pour activer l'exécution des actions tels que petits outils, main d'œuvre familiale, main d'oeuvre occasionnelle, gros engins : tracteurs et autres dans sa possession, cette durée peut s'étaler sur plusieurs campagnes,
- ✓ le déroulement se fait par étape, les étapes peuvent être agrégées en fonction de la dimension des actions et de leur envergure, pour des petites parcelles le déroulement sera simultané, par contre pour des parcelles plus importantes l'exploitant agit par étape
- ✓ la durée la plus indiquée correspond à la période de l'hiver et le printemps tout en évitant les journées des pluies et de l'irrigation

5.4.4 Composantes de l'amendement et les aspects techniques

les opérations d'amendement sont multiples et reste liées à la nature de la dégradation du sol, les caractéristiques des aménagements hydrauliques et de drainage mis en place, l'épaisseur retenu et les objectifs recherchés par l'agriculteur. Les composantes de l'amendement peuvent être scindées en quatre opérations :

- ✓ Les opérations de préparation du sol et de désenchiementement,
- ✓ Les opérations de l'apport du sable , des matières minérales et des matières organiques,
- ✓ Les opérations d'épandage du sable / matière minérale,
- ✓ Les opérations de remise en place et d'adaptation des systèmes d'irrigation et de drainage et de leurs outils,
- ✓ Les opérations de confection de cuvettes /planches autour des plantations de palmiers,
- ✓ Les opérations d'irrigation.

5.4.5 les opérations de préparation du sol et de désenchiementement

Les opérations de préparation du sol et de désenchiementement : labour, binage, désenchiementement, nivellement, excavation de certaines portions de la parcelle pour remplacer tous le sol, confections de rangées à l'intérieur de la parcelle, déplacement des

conduites d'irrigation en PVC , 80% des exploitants ont déclaré ayant précédé l'amendement par des opérations de préparation du sol.

5.4.6 Les opérations de l'apport du sable, des matières minérales et des matières organiques

Les opérations de l'apport de la matière minérale et de la matière organique : utilisation des engins mécaniques pour l'apport et le transport : bulldozer, tracteur, camion, utilisation de charrettes, brouettes, 97% des exploitants ont déclaré ayant effectué ces opérations par des engins mécaniques et 3% par des moyens manuels

5.4.7 Les opérations d'épandage du sable / matière minérale

Les opérations d'épandage du sable et d'engrais : épandage de la matière minérale, enfouissement des engrais, dépôt de la matière apportée sur le tronc des palmiers pour arriver à couvrir les racines démolies, 100% des exploitants ont déclaré ayant procédé à ces opérations.

5.4.8 Les opérations de remise en place et d'adaptation des systèmes d'irrigation et de drainage et de leurs outils

Les opérations de remise en place et d'adaptation des systèmes d'irrigation et de drainage et de leurs outils : réhabilitation des infrastructures, rehaussement de regards, réinstallation des conduites, 13% seulement des exploitants ont déclaré avoir effectué ces adaptations au niveau de leurs parcelles, 90 % n'ont pas été obligé d'intervenir pour rehausser ces infrastructures,

5.4.9 Les opérations de confection de cuvettes /planches autour des plantations de palmiers

Les opérations de confection de cuvettes / planches : ce sont des actions jugés indispensables par l'agriculteur.

5.4.10 Les opérations d'irrigation

Les opérations d'irrigation, deux types d'irrigation : une première irrigation est effectuée juste après l'épandage de sable pour faciliter la réalisation des opérations de confections de cuvettes, une deuxième irrigation est effectuée systématiquement après toutes les opérations, 65% des exploitants ont déclaré ayant effectué l'irrigation juste après l'épandage de sable

5.5. Les zones de prélèvement

5.5.1. Délégation Tozeur

D'après l'enquête réalisé pendant 10 et 11 Juillet 2008 aux niveaux des oasis de Tozeur, l'entretien avec les agriculteurs a montrés que les zones de prélèvement de situe à des distances allant de 5 à 10 km en dehors des oasis dans la partie N-W et S-W. (Voir carte)

Les zones d'empreinte s'agissent des Erg et des Nebkhas formées par des sables fin et moyen, très pauvre en matières organique et plus ou moins gypseux.

5.5.2. Délégation Nafta

De même pour la délégation Nafta, les zones de prélèvement des matériaux destinés pour l'amendement sont sou forme des Ergs et des Nebkhas, mais se situe aux allons tours des oasis à des distances très proches (100 à 2000 m). La proximité des zones de prélèvement des oasis a encouragé plusieurs agriculteurs à la réalisation de l'opération d'amendement. (Voir carte)

5.5.3. Délégation Dgèche

Au niveau de oasis de Dgèche les zones de prélèvement des matériaux d'amendement de situe dans la partie N-W en dehors de la ville de Dgèche à une distance allant de 200 m à 2 km des parcelles des agriculteurs enquêtés. (Voir carte)

5.5.4. Les zones de Kébili

Les caractéristiques des zones de prélèvement des matériaux d'amendement dans les anciens oasis de Kébili sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau 34 : Caractéristiques des zones de prélèvement des matériaux d'amendement dans les anciens oasis de Kébili

Délégation	Oasis	Distance entre les parcelles et les zones de prélèvement	Direction	Nature de la zone de prélèvement
Kébili Sud	El Gtâaya	1 à 1,5 km	Nord-Est	Erg (sable éolien)
	Ras El Ain	2 à 3 km	Nord-Est et Sud-Est	Erg (sable éolien)
	Ben Zitoun 1	2 à 3 km	Nord-Est	Erg (sable éolien)
	Rahmet	0,05 à 0,5 km	Nord-Est et Sud-Est	Erg (sable éolien)
	Rabta	3 à 4 km	Nord-Est et Nord-West	Erg (sable éolien)
Douz Sud	zaafrana	1 km	Sud	Erg (sable éolien)
	Gola	2 km	Sud	Erg (sable éolien)
Douz Nord	Douz centre	2 km	Sud	Erg (sable éolien)
Souk El Ahad	Fatnassa	0,5 à 1 km	Est	Erg (sable éolien)
	Smayra	0,2 km	Est	Erg (sable éolien)
	Oum somâa	2 km	Est	Erg (sable éolien)

D'après le tableau précédant on peut déduire que les zones de prélèvement des matériaux d'amendement s'agissent des Erg localisée en proximité des oasis amendés.

5.5.5. Caractéristique des matériaux d'amendement (les sables éoliens)

Ils correspondent à des accumulations de sable par le vent. Ils occupent dans le gouvernorat de Tozeur le secteur situé entre Draa Jerid et chott el Gharsa ainsi que d'autres plus limités au sud de Hezoua et à l'embouchure de l'oued Gouifla-Melah. A ce niveau, les sables éoliens sont traités dans le but de leur fixation. On retrouve également ce type de sols à l'est de la route de Tozeur-Métlaoui entre le Gouifla et le piedmont de Bouhlel ainsi que localement dans la région de Dhafria. Etant donné leur mobilité, ces accumulations éoliennes ne présentent pas d'horizon pédogénétique. Elles sont classées parmi les sols minéraux bruts. Aucun type de culture ne peut être pratiqué sur ces sols. Cependant, lors des années pluvieuses, le développement d'une végétation naturelle adapté au sable transforme ces régions en terrains de parcours très recherchés par la population locale et même pour des pasteurs relevant d'autres gouvernorats.

5.5.6. Impact actuel du prélèvement des matériaux sur l'environnement

Actuellement, l'opération d'amendement est limitée et ce, en raison notamment de son coût élevé et de la petite taille de la plupart des exploitations. Pour cela, aucun impact environnemental négatif visible au niveau des sites exploités et leurs environs ne s'est manifesté.

5.5.7 Conditions à respecter au niveau des sites de prélèvement

La mise en œuvre des actions du projet d'amendement, bien qu'elle puisse entraîner l'accroissement de la masse des travaux d'amendement en raison particulièrement des subventions qui vont être accordées (atténuation des contraintes financières), ne pourrait pas engendrer une expansion très importante de l'opération compte tenu des restrictions suivantes :

- Les conditions d'éligibilité à remplir par l'exploitant et l'exploitation,
- L'augmentation notable du coût en fonction de la distance (malgré les subventions),
- La taille réduite de la majorité des exploitations...

De ce fait, l'évolution prévisionnelle tendra vers le maintien de la pression sur les sites peu éloignés. Ceux-ci devraient faire l'objet d'un contrôle de près pour :

- Définir la tranche exploitable (tranche meuble) de chaque site,
- Eviter les prélèvements touchant aux sites archéologiques,
- Prévenir les effets érosifs à travers la préservation des aménagements de la CES existants et leur renforcement au droit des sites exploités.

Ces mesures seront de nature à éradiquer tout impact négatif sur l'environnement des villageois et des oasis.

5.6 Coût et impact des opérations d'amendement

Les opérations de l'amendement sont coûteuses et engagent l'exploitant à suivre une démarche d'exécution des actions en fonction de sa capacité financière (moyens financiers),

de la disponibilité de la main d'œuvre familiale et occasionnelle, de sa capacité humaine à gérer un chantier de travaux sur différentes parcelles souvent éloignées l'une de l'autre¹, des facilités de paiement accordées par le propriétaire des engins de terrassement, transport, nivellement pour l'exploitant notamment lorsque les opérations sont réalisées à l'entreprise,

Les premiers éléments de l'enquête permettent de dire que le coût de l'amendement a varié positivement avec l'épaisseur, l'éloignement de la source d'approvisionnement et les composantes.

Les résultats de l'enquête sont comme suit :

Coût par ha	% des exploitants
<2500	9%
2500 à 4000	15%
4000 à 6000	20%
6000 à 9000	28%
9000 à 15 000	20%
> 15 000	9%
Total	100%

Le coût moyen était de 6 845 dinars par ha.

En ce qui concerne le financement, plusieurs formes de financement ont été appliquées: au comptant (59%), à crédit (9%), en nature (24%), combinaison de plusieurs formes (9%).

Il y'a eu donc un maximum de paiement au comptant, ce qui n'est pas à la portée du petit et du moyen exploitant.

En ce qui concerne la fréquence de renouvellement de l'épandage, la durée moyenne déclarée par les exploitants était de 8 années.

En ce qui concerne les avantages, plusieurs avantages ont été déclarés par les agriculteurs dont : amélioration de la fertilité du sol, amélioration de l'envergure des plantations, diversification des activités, augmentation de la productivité, augmentation du revenu

Les résultats de l'enquête ont dégagé un impact sur le rendement qui varie d'un cas à un autre et d'une année à l'autre. La proportion moyenne déclarée pour l'accroissement de la productivité et des rendements en année de croisière était de 66%, soit de l'ordre de deux tiers de la production de base. D'après leur déclaration, l'année de croisière correspondait à la quatrième année après l'amendement, l'accroissement du revenu était graduel, principalement pour les années 2,3 et 4. D'après eux en année 1 il n'y'a pas eu d'amélioration de la production de palmier.

Les résultats de l'enquête sont présentés en Annexe 2.

¹ Selon les données collectées et confirmées par l'enquête, le nombre moyen de parcelles par exploitant dépasse 3

VI. Synthèse sur l'amendement, les expériences passées et les recommandations

La salinisation et l'hydromorphie dans les oasis sont des problèmes très anciens qui ont été plus au moins maîtrisés. Depuis les années 90, l'utilisation abondante de l'eau saline a entraîné une aggravation de ces problèmes et une sérieuse dégradation des sols dans les zones de faible pente et dans les terres basses. Plusieurs techniques sont employées pour réduire leur effet dont l'amendement sableux.

6.1 Les facteurs de la salinisation et d'hydromorphie

La salinisation et l'hydromorphie des sols dans les oasis tunisiennes sont induites principalement par les facteurs suivants qui ont été développés en détail dans les parties précédentes :

- L'irrigation avec l'eau salée surtout en cas de surdoses. En effet, la fraction qui dépasse les besoins des plantes et de l'évaporation, servent à lessiver les sels. Cette fraction de lessivage a été considérée de l'ordre de 15 % pour les sols sableux des oasis. Au-delà de ces besoins, l'eau est également évacuée vers le bas du profil et ultérieurement vers les compartiments bas de l'oasis entraînant la remontée de la nappe salée et la saturation des sols. Avec le temps, la solution du sol se concentre ramenant son état à des niveaux de salinité dépassant la tolérance des plantes à la salinité et également à la saturation en eau.
- Cette nappe superficielle salée contribue à la salinisation des sols par le transfert des sels per ascensum depuis une nappe. Le flux maximum d'évaporation en régime permanent en fonction des paramètres caractérisant le sol et le niveau de la nappe peut s'écrire de la manière suivante (Gardner, 1958):

$$q_m = (A \cdot a) / (d^n)$$

q_m = flux maximum d'évaporation

d : profondeur de la nappe

A , a et n : constantes spécifiques à chaque sol en relation avec la conductivité hydraulique

Le taux d'évaporation à partir de la surface libre d'une nappe décroît quand le niveau phréatique descend. Le processus de salinisation affecte une couche de sol plus épaisse que dans le cas des limons que dans celui des sables. La remontée capillaire est maximale dans les sols à limon fin même quand la nappe est située à 1,5 m. En effet, le système sol-nappe est caractérisé par un potentiel de succion de l'eau d'autant plus élevé que le matériau est plus conducteur et que la nappe est plus proche de la surface du sol.

Compte tenu des propriétés du sol et de la relation entre la profondeur de la nappe et le flux limite que le sol peut transmettre, il apparaît qu'aussi longtemps que la nappe sera au-dessus d'un niveau critique, elle peut satisfaire intégralement la demande évaporatoire. Pour des profondeurs supérieures, le sol s'assèche en surface. Ce ne sont plus alors les conditions climatiques qui régissent la valeur des flux

ascendants, mais l'aptitude du sol à transmettre l'eau vers la surface. Cette aptitude dépend de la texture, de son homogénéité verticale et surtout de l'état structural de l'horizon de surface travaillé ou non. Compte tenu du fort pouvoir évaporant sous climat aride et semi-aride pendant les mois d'été, le processus d'accumulation saline superficielle ne peut rester fonctionnel que dans les situations où la nappe demeure proche de la surface du sol.

6.2 Techniques de gestion de la salinité et de l'hydromorphie dans les oasis

La gestion des sols affectés par la salinisation et l'hydromorphie en milieu oasien requière une combinaison de techniques et de gestion qui dépendent largement de la disponibilité en eau, des cultures et des moyens financiers.

6.2.1 Techniques Hydrauliques: Irrigation et drainage

L'irrigation par submersion requiert plus d'eau que les autres méthodes d'irrigation bien qu'elle permet un meilleur lessivage des sels. L'irrigation localisée n'est encore une pratique assez répandue dans les oasis tunisiennes. La reconversion d'un système par un autre peut s'accompagner par des difficultés de croissance des cultures arbustives dont le système racinaire s'est développé dans un autre contexte.

Pour maintenir la salinité du sol à un seuil tolérable par les cultures, le lessivage des sels s'impose. Ce lessivage peut être permanent avec chaque arrosage ou saisonnier.

En présence d'une nappe superficielle salée, le drainage est nécessaire pour rabattre son niveau à une profondeur compatible avec la profondeur utile nécessitée par les cultures et limiter des effets de cette nappe sur la remontée capillaire des sels.

6.2.2 Techniques chimiques: amendements chimiques

Dans le contexte oasien tunisien, l'amendement calcique n'est pas justifié car la fraction granulométrique est largement sableuse (>90 %). Il n'existe pas de besoin pour réduire la dispersion des argiles qui consiste à diminuer le taux de Na échangeable et à augmenter la concentration électrolytique de la solution du sol par l'addition d'ions bénéfiques, comme le Ca, pour remplacer Na. En effet, les sols sableux gypseux des oasis sont pourvus en Ca^{2+} à travers la présence du gypse.

6.2.3 Techniques Culturelles

Ce sont les techniques généralement pratiquées par les oasiens. Il s'agit du :

- nivellement du sol : cette opération assure une meilleure application de l'eau et une répartition uniforme des sels.
- labour : à travers la formation d'une macroporosité, il augmente l'infiltration de l'eau et le lessivage des sels et réduit la remontée des sels.
- techniques de plantation: il s'agit d'éviter les zones d'accumulation des sels par la confection d'ados en terre.
- travail du sol: il améliore les propriétés physiques du sol et active sa microflore. Les sols en jachère favorisent la salinisation par l'augmentation de la remontée capillaire. L'efficacité du lessivage des sels est fonction de l'état de surface du sol et la dose d'irrigation.

6.2.4 Techniques biologiques

Elles comprennent le choix de cultures adaptées à la salinité, la rotation des cultures et l'amendement organique. Les sols riches en fumier possèdent de bonnes propriétés physiques en dépit d'une quantité appréciable de sodium échangeable. Les sols riches en MO labile sont mieux structurés et moins aptes à la dispersion. La stabilité structurale du sol croît suite à des apports organiques. La diminution du pH dans certains sols est due aux acides organiques. En leur fournissant l'énergie nécessaire, la matière organique active la microfaune et la microflore qui accélèrent l'agrégation des particules du sol.

6.2.5 Effet de la stratification du sol sur la dynamique de l'eau et des sels

L'amendement sableux se concrétise par l'apport d'un matériau poreux sur un matériau moins poreux compact et tassé.

Lorsqu'une couche de texture grossière repose sur une couche à texture plus fine, le régime d'infiltration est contrôlé dans une première phase par la couche à texture grossière. Quand le front d'humidification pénètre la couche à texture plus fine, le régime d'infiltration tend vers celui de cette dernière. Dans le cas où une couche à texture fine repose sur une couche à texture grossière, le régime d'infiltration serait contrôlé par la couche supérieure.

Dans la remontée capillaire, la superposition du sable sur du limon joue un rôle modérateur. La superposition du limon sur du sable joue un rôle accélérateur.

Cet amendement induit une nouvelle dynamique de l'eau et par voie de conséquence le transfert des sels. Ainsi, il engendre deux composantes du mouvement de l'eau : une composante horizontale et une composante verticale. Elles concernent à la fois l'infiltration de l'eau et sa remontée capillaire.

On retrouve généralement trois niveaux de manifestation de la salinisation et de l'hydromorphie dans le paysage oasien : Petite oasis, Grande oasis et Ensemble d'oasis. Au sein de la même oasis, on observe trois niveaux de manifestation de la salinité et l'hydromorphie: une zone amont souffrant du manque d'eau et non affectée par la salinisation et l'hydromorphie, une zone intermédiaire non affectée et une zone aval affectée.

Par ailleurs, l'évolution de la salinité du sol dans une parcelle irriguée et drainée dans une oasis est fonction de la qualité du sol, le régime des irrigations, la qualité de l'eau et la performance du drainage.

6.2.6 Effet de la texture des sols

Sur l'infiltration de l'eau dans le sol

L'infiltration est le nom donné au processus d'entrée de l'eau dans le sol à travers la surface du sol et verticalement vers le bas. Ce processus est d'une grande importance dans la pratique car son régime détermine le transfert des sels et les risques de salinisation. Lorsque le régime d'infiltration est facteur limitant, tout le bilan de l'eau et celui des sels dans la zone racinaire en sont influencés. La connaissance du processus d'infiltration tant du point de vue des propriétés du sol que de celui du mode d'alimentation en eau est indispensable pour permettre une gestion efficace du sol et de l'eau.

A côté de la distribution de l'eau dans le profil du sol au cours de l'infiltration et l'infiltration horizontale, on observe l'infiltration verticale. L'infiltration vers le bas dans un

sol initialement non saturé est due en général à l'influence combinée des gradients de succion et de gravité. Au fur et à mesure que l'eau pénètre plus profondément et que la partie mouillée du profil s'allonge, le gradient moyen de succion diminue puisque la différence globale de la charge de pression (entre la surface saturée du sol et le sol non humide du profil) se répartit sur une distance toujours croissante. Cette tendance continue jusqu'à ce qu'à la longue le gradient de succion dans la partie supérieure du profil devienne négligeable, laissant le gradient gravitationnel qui est constant, comme force unique d'entraînement de l'eau vers le bas dans la zone de transmission. Du fait que le gradient de charge gravitationnelle a une valeur unitaire, le flux tend à la limite vers la valeur de la conductivité hydraulique. Dans un sol uniforme (sans croûte) dans des conditions de submersion prolongée, la teneur en eau de la zone humide tend vers la saturation.

La charge d'eau et la teneur en eau initiale agissent significativement sur l'infiltration surtout au cours des premiers temps mais décroissent en fonction du temps pour s'estomper dans un profil mouillé très profondément. Les valeurs typiques du régime d'infiltration "final" sont :

- Sol sableux : > 20 mm/h ;
- Sol sablo-limoneux : 10 à 20 mm/h ;
- Sol limoneux : 5 à 10 mm/h ;
- Sol argileux : 1 à 5 mm/h ;
- Sol argileux sodique : < 1 mm/h.

Ces valeurs donnent seulement un ordre de grandeur. Dans la réalité, le régime d'infiltration peut être nettement plus élevé (surtout au stade initial du processus et dans les sols à structure stable ou crevassée), ou moins élevé (présence d'une croûte en surface).

Sur l'infiltration de l'eau dans les sols stratifiés

Pour permettre l'écoulement, un sol doit présenter des valeurs continues de succion matricielle et de charge hydraulique dans toute sa longueur, indépendamment de la séquence de stratification. Cependant, les valeurs de la teneur en eau et de la conductivité peuvent présenter des discontinuités brutales aux limites d'une couche de sol à l'autre.

Une situation typique est celle d'une couche de texture grossière de conductivité hydraulique saturée élevée superposée sur une couche à texture plus fine. Dans ce cas, le régime d'infiltration est d'abord contrôlé par la couche à texture grossière, mais quand le front d'humidification atteint et pénètre la couche à texture plus fine, le régime d'infiltration diminue et tend vers celui de cette dernière. A la longue, c'est la couche qui a la conductivité la plus faible qui contrôle le processus.

Si l'infiltration continue longtemps, des charges de pression positive (nappe perchée) peuvent se développer dans le sol à texture grossière juste au-dessus de la limite de la couche restrictive de texture plus fine. Dans le cas contraire d'infiltration dans un profil composé d'une couche à texture fine au-dessus d'une couche à texture grossière, le régime d'infiltration est déterminé par la couche supérieure. Quand l'eau atteint l'interface avec la couche inférieure à texture grossière, il se peut que le régime d'infiltration diminue. L'eau du front d'humidification est normalement sous tension et cette tension peut être trop élevée pour permettre l'entrée de l'eau dans les pores relativement grands de la couche à texture grossière.

L'avance du front d'humidification s'arrête pendant un moment (alors que l'infiltration en surface ne s'arrête pas) jusqu'à ce que la charge de pression à l'interface soit suffisante pour que l'eau pénètre dans le matériau grossier. Une couche de sable ou de gravier dans un sol à texture moyenne ou fine, loin de favoriser le mouvement de l'eau dans le profil, peut en fait le freiner. La couche inférieure ne peut en aucun cas devenir saturée puisque le régime d'écoulement limité de la couche supérieure moins perméable ne permet pas d'assurer l'écoulement à la conductivité hydraulique saturée de la couche grossière sous jacente (sauf si la pression appliquée extérieurement, c'est-à-dire l'épaisseur de submersion, est grande).

Concernant l'écoulement permanent de l'eau vers le bas à travers un profil composé de deux couches vers une nappe libre, si la couche supérieure est moins perméable que la couche inférieure, des pressions négatives (succions) se développent dans la couche sous jacente et celles-ci peuvent rester constantes jusqu'à de grandes profondeurs d'écoulement.

Sur l'ascension capillaire à partir d'une nappe perchée

La montée de l'eau dans le sol à partir d'une nappe perchée (surface d'eau libre) est appelée "ascension capillaire". Cette expression provient du "modèle capillaire", qui considère le sol comme un faisceau de tubes capillaires, dont la majorité a un grand diamètre dans le cas des sables et un faible diamètre dans le cas d'un sol argileux. Suivant ce modèle, l'équation reliant la hauteur de l'ascension capillaire aux rayons des pores montre que l'ascension capillaire est plus élevée dans une argile que dans un sable. Cependant, les pores ne sont pas des tubes capillaires de rayons uniformes et constants, ce qui implique que la hauteur de l'ascension capillaire varie d'un pore à l'autre. Au-dessus de la nappe, la succion matricielle croît généralement avec la hauteur et, le nombre de pores pleins d'eau décroît.

La vitesse de l'ascension capillaire décroît en général avec le temps au fur et à mesure que le sol s'humidifie sur une plus grande hauteur et que l'on approche de l'équilibre.

L'humidification d'un sol initialement sec par mouvement capillaire vers le haut se réalise au champ en présence d'une nappe proche de la surface du sol. Au début, pour des temps très courts, ce processus est semblable à une infiltration sauf le fait qu'il se déroule dans la direction opposée. A la fin du processus, le flux n'atteint pas une valeur constante comme dans le cas d'une infiltration vers le bas mais tend vers zéro. Ceci s'explique par le fait que la direction du gradient gravitationnel est opposée à la direction du gradient de succion matricielle et quand ce dernier devient égal au premier, le gradient hydraulique total devient nul.

Cet équilibre statique idéal entre les charges de gravité et de succion est exceptionnel dans les conditions au champ. En général, l'eau du sol est à l'état dynamique et non statique, c'est-à-dire que l'eau circule continuellement. En présence d'une nappe phréatique, l'eau du sol n'arrive jamais à l'équilibre, même en l'absence de végétation, car la surface du sol est soumise à l'action d'évaporation de l'atmosphère ambiante. Si les conditions extérieures et dans le sol sont constantes, c'est-à-dire si la structure du sol est stable, si la nappe phréatique est à profondeur constante et si l'évaporation (au moins approximativement) reste constante, un écoulement permanent depuis la nappe jusqu'à l'atmosphère à travers le sol s'établit.

Risques de salinisation en présence d'une nappe perchée sub-affleurante

La remontée de l'eau à partir d'une nappe peu profonde est dans certains cas un moyen très utile d'alimentation en eau de la zone des racines. Cependant, ce processus implique aussi le risque de salinisation en particulier là où les eaux souterraines sont salées et l'évaporation potentielle est élevée. Dans les sols à texture fine, le danger de salinisation peut être appréciable même si la nappe est à plusieurs mètres de profondeur. La tendance de l'eau à remonter de la nappe vers la surface du sol dure aussi longtemps que la charge de succion à la surface est supérieure à la profondeur de la nappe. La salinisation graduelle du sol est sans doute responsable en grande partie de la disparition de civilisations agricoles très développées basées sur l'irrigation de vallées caractérisées par une nappe peu profonde. Une irrigation excessive conduit à l'ascension de la nappe et, par conséquent, tend à aggraver le problème de la salinisation.

Par abaissement de la nappe on peut réduire considérablement les vitesses de l'ascension capillaire et d'évaporation. Cependant, le drainage est une opération coûteuse et, par conséquent, il est nécessaire de déterminer à l'avance la profondeur optimale d'abaissement de la nappe. La nécessité de limiter la vitesse d'ascension capillaire vers la surface est un des critères importants dont il faut tenir compte. Le régime maximum de transfert du profil vers la surface est de 8 mm/j quand la nappe se trouve à 90 cm de profondeur. Étant donné que l'évaporation potentielle dépasse rarement cette valeur, il y a peu de chance qu'un niveau de la nappe à une profondeur de moins de 90 cm puisse accroître le régime d'évaporation. Par contre, un abaissement de la nappe à une profondeur de 180 cm fait baisser le régime d'évaporation à 1 mm/j. Un abaissement de la nappe à 360 cm de profondeur conduit à un régime d'évaporation maximum de 0,12 mm/j. Tout abaissement supplémentaire de la nappe diminue l'évaporation d'une manière négligeable et peut, en tout cas, s'avérer d'un coût d'exécution prohibitif.

Des profils uniformes se présentent rarement. Le sol est constitué d'un nombre de couches plus ou moins distinctes. Des conditions de stratification peuvent néanmoins exister, même lorsque le sol est de texture uniforme, à la suite de variations structurales. Des couches de surface avec différentes pratiques culturales peuvent agir sur l'évaporation en présence d'une nappe. Le labour réduit le régime d'évaporation d'environ la moitié et diminue la succion en-dessous de la zone de labour. Ces effets sont attribués à la formation de conditions de stratification et au déplacement qui s'ensuit de la zone réelle d'évaporation. La réduction du régime permanent d'évaporation due à une couche sèche en surface est liée par une relation à son épaisseur. La circulation de l'eau à travers une telle couche se produit principalement par diffusion de vapeur.

6.3 Quelques éléments d'interprétation de l'amendement sableux

L'amendement sableux dans les milieux oasiens est une pratique très ancienne pour lutter contre la baisse de fertilité des sols, la mauvaise performance du drainage et la remontée de la nappe, la prolifération des mauvaises herbes et des maladies, la découverte

des racines des palmiers et également la mise en valeur des sols salins hydromorphes des bas fonds.

Depuis quelques années, cette opération a connu un développement suite à la dynamique qu'à engendrer la mobilisation accrue des ressources en eau dans les régions oasiennes et particulièrement dans les Gouvernorats de Kébili et Tozeur. Cette opération ne concerne plus les anciennes oasis. Elle est étendue à l'ensemble des oasis.

6.3.1 Les sols des oasis et leur amendement

Les sols des oasis se caractérisent par une texture sableuse dans les nouvelles créations et sablo-limoneuse à limono-sableuse pour les anciennes oasis. Dans les deux cas, il s'agit de matériaux très perméables à faible capacité de rétention de l'eau. Ces matériaux possèdent une teneur assez élevée en gypse qui provient du matériau initial sablo-gypseux et également de la précipitation du sulfate de calcium contenu dans les eaux d'irrigation. Les sols reposent également dans certains cas sur des assises gypseuses sous formes de croûtes et d'encroûtement gypseux.

Ce matériau provenant des dunes sableuses est pauvre en matière organique. Néanmoins, comme il était exposé au soleil et à des conditions désertiques, il est également indemnes des semences des mauvaises herbes et des vecteurs de maladies. De ce fait, son apport résout provisoirement ces problèmes de mauvaises herbes et de maladies. En effet, son enrichissement obligatoire par le fumier régénère de nouveau ces problèmes bien que l'objectif de cet apport de fumier est de ramener les éléments fertilisants nécessaires aux cultures. D'autant plus que sous conditions hydriques, de température et de salinité élevées, la minéralisation de la matière organique et l'activité biologique du sol sont très actives induisant un apport de fumier permanent.

Le gypse joue un rôle important dans ces sols. Il réduit à travers l'ion calcium les effets négatifs des ions sodium. Il protège les sols de toute forme de dégradation. Sa solubilité d'environ 2 g/l à 25°C et dans l'eau distillée peut tripler en présence de chlorure de sodium et également sous l'effet de la température. Cette dynamique du gypse : solubilisation et précipitation sous l'effet de faibles variations des conditions hydriques, de salinité et de température rend difficile une caractérisation précise de son rôle. Cependant, il joue certainement un rôle primordial dans l'opération d'amendement.

Dans une première phase, le matériau initial sablo-gypseux sous l'effet de l'eau et des sels subit une pédogenèse qui se traduit par une redistribution du gypse. Une partie migre en profondeur et une autre se réorganise en surface. Dans les deux cas, il contribue à la création d'une nouvelle structure moins poreuse, plus compacte et moins perméable. Après plusieurs cycles d'irrigations intensives, un affaissement et un tassement du sol se produit. Cette compaction du sol affecte la fertilité physique du sol en réduisant son aération, la dynamique de l'eau et la lixiviation des sels. L'augmentation de la microporosité augmente la capillarité du sol et le transfert des sels depuis la nappe.

Malgré l'absence de travaux sur ces aspects, la stabilité relative des altitudes dans les anciennes oasis malgré les amendements sableux successifs témoignent de l'équilibre entre les terres apportées et celles perdues. Le gypse avec une teneur moyenne de l'ordre de 15 à 30 % est le composant qui est le plus dynamique dans un contexte de l'irrigation intensive sous condition saline.

Ainsi et à côté de ses effets connus, l'amendement apparaît comme une opération permettant la compensation cyclique du matériau perdu ce qui explique la découverte des racines des palmiers. Ces considérations devront faire l'objet de travaux futurs de recherche.

6.3.2 Résultats antérieurs sur l'amendement sableux

Dans le cadre de la préparation d'un atelier sur les amendements sableux dans les oasis qui a eu lieu à Douz le 15 Décembre 2004, deux enquêtes ont été effectuées par les deux CRDA concernées en l'occurrence, celles de Kébili et de Tozeur. Il en ressort que:

Pour Kébili :

Les résultats de l'enquête ont révélé les effets positifs de l'amendement sableux dans :

- L'amélioration de la fertilité des terres ;
- La réduction de la remontée capillaire et de la salinité à partir de la nappe;
- La lutte contre les mauvaises herbes ;
- La rénovation des palmiers de leur racine ;
- L'amélioration de la rentabilité des cultures oasiennes.

Ces effets varient en fonction de :

- L'épaisseur de l'amendement ;
- La qualité de la terre apportée ;
- La maîtrise de l'irrigation et du drainage.

Le coût moyen a été estimé à 1,7 Dinars /m³. Cependant, le coût global reste dépendant de l'épaisseur de la terre et de son origine.

Pour un amendement d'une épaisseur de 40 cm, le coût est d'environ 6850 DT/ha. Plus la source de terre servant à l'amendement est éloignée, plus le coût s'élève. Par ailleurs, la rentabilité n'augmente pas avec l'augmentation de l'épaisseur de la terre amendée après un certain seuil de profondeur.

Juste après l'opération de l'amendement, la parcelle est cultivée par des cultures maraîchères et fourragères. Les résultats sont immédiats alors que la réponse des palmiers commence à partir de la deuxième année. Des augmentations de 10 à 15 % sont enregistrées. Elles atteignent 35 % les années suivantes avec une amélioration de la qualité.

Tableau 35 : Résultats de l'enquête menée par le CRDA Kébili (2004).

Oasis	Sup. (ha)	Ep. (m)	Qté (m ³)	Coût (DT)	Coût/m ³ (DT)	Coût/ha (DT)	Rdt (t/ha)		
							Avant Amend.	Après Amend.	%
Goulaa	0,125	0,2	250	400	1,6	6400	4,7	6	27
Grad	0,125	0,2	250	450	1,8	7200	3,9	4,5	15
Sakouma	0,25	0,2	500	850	1,7	6800	5	6,2	24
Douz	0,25	0,35	875	1450	1,65	6600	3,7	4,2	13
Fatnassa	1	0,15	1500	3000	2	8000	3	3,85	26
Gataya	0,375	0,4	1500	2250	1,5	6000	3,2	-	-
Telmine	1,45	0,35	5075	7850	1,54	6140	3,5	4,2	19
Gataya	0,375	0,15	562	900	1,6	6400	3,2	3,8	18
Ras Ain	0,75	0,3	2250	4000	1,8	7200	3,9	4,6	18
Ras Ain	0,25	0,5	1250	2360	1,9	7600	3,8	4,5	18
Moyenne					1,7	6834	3,8	4,7	19,7

Pour Tozeur :

Dans la région de Tozeur, l'opération de l'amendement est ancestrale pour :

- Protéger la partie basse du tronc du palmier qui se découvre à cause de l'érosion ;
- Lutter contre les maladies des palmiers ;
- Remplacer la terre qui devient infertile à cause de son exploitation intensive durant plusieurs années ;
- Limiter l'effet de la remontée de la nappe perchée salée.

L'enquête réalisée au cours de l'année 2004 par les services du CRDA de Tozeur dans les anciennes oasis et également les nouvelles réalisations a concerné 86 agriculteurs répartis sur toutes les délégations de Tozeur. La superficie concernée est d'environ 135 ha dont environ la moitié a bénéficié de l'amendement (69,5 ha). Le transport de la terre amendée est généralement le tracteur mais aussi la charrette. Le trucks permet le nivellement du sol. La terre ramenée est sableuse. L'épaisseur de la terre varie de :

- 0,5 à 1 m quand l'opération vise la réduction de la remontée capillaire des sels (nappe sub-affleurante) ;
- 0,1 à 0,4 m quand il s'agit d'améliorer la fertilité de la terre.

Le coût de l'opération est variable :

- Pour lutter contre la remontée de la nappe, le coût maximum est d'environ 15.000 DT/ha ;
- Pour améliorer la fertilité du sol, le coût maximum est d'environ 10.000 DT/ha.

Cette opération est généralement réalisée tous les 4 à 15 années. L'amélioration du revenu peut atteindre 1.500 à 2.000 DT/an.

6.4 Caractérisation des matériaux de l'amendement

Il s'agit d'une étude limitée pour caractériser le matériau utilisé dans l'amendement. Parallèlement à l'enquête réalisée au cours de la période allant du 7 au 11 juillet 2008, un

échantillon de sol a été prélevé et un cylindre de densité apparente a été réalisé sur un certain nombre de parcelles irriguées en majorité ayant été récemment amendée (moins de deux années). Le nombre d'échantillons provenant de parcelles non amendées ne permet pas de procéder leur comparaison avec les parcelles amendées. Les données relatives à ces parcelles sont consignées dans le tableau suivant.

Tableau 36 : Données sur la provenance des échantillons de sol.

N°	Nom et Prénom	Oasis	Parcelle
1	Jamel Ezzedine BEN HAMADI	Ras Ain	Amendée
2	Hadj Lotfi Nouri SOUFI	Rai Ain	Amendée
4	Hassen Ben Belgacem BEN ABDALLAH	Ben Zeitoun 1	Amendée
6	Masoud Ben Belgacem MAJOUL	Nouiel	non amendée
7	Ahmed Ben Mohamed Saleh MAGZAOUI	Nemlat HAMA	amendée
8	Ramdhan JOMII		amendée
9	AbdelKerim HARIZI	Nemlat HAMA	amendée
10	Ahmed Ben Ali Ben Mohamed DIKHIL	Fatnassa	amendée
11	Mondher JOMAA	Noueil	non amendée
12	Salah Ben Mohamed BEN MESBAH	Fatnassa	amendée
13	Ahmed Mechaiki .. ALI	Nafta	
14	Mounir BEN JOMAA	Nouiel	amendée
15	Med Belgacem RAMADAN		amendée
16	Habib LASSOUED	Fatnassa	amendée
17	Med Hédi BELTAIEF	Douz	amendée

La caractérisation a comporté :

- La description morphologique du matériau : couleur, richesse en matière organique, richesse en gypse ; la couleur et la matière organique traduisent la fertilité chimique des terres quant au gypse, il permet de caractériser le matériau d'apport ;
- La densité apparente et la porosité totale par la méthode des cylindres de volume 100 cm³; ces paramètres traduisent la fertilité physique des terres et leur degré de compaction ;
- La granulométrie par sédimentation en distinguant quatre fractions différentes :
 - La fraction fine constituée de l'argile de limon (AL) et dont la taille est inférieure à 50 µm ;
 - La fraction de sable très fin (STF) ayant une taille comprise entre 50 µm et 100 µm;
 - La fraction de sable fin (SF) ayant une taille comprise entre 100 µm et 500 µm;
 - La fraction de sable grossier (SG) ayant une taille comprise entre 500 µm et 2000 µm.

6.5 Résultats

6.5.1 Caractères morphologiques

Les caractères morphologiques qu'on peut réaliser sur les matériaux concernent la richesse en matière organique, la richesse en gypse et sa taille, la couleur et enfin s'il est siliceux ou non. Les observations sont résumées dans le tableau 3. Il s'agit de :

- **Couleur** : elle est généralement beige jaunâtre. Cependant, on observe des nuances. Ainsi, elle est moins claire quand la terre est assez enrichie en fumier, très claire dans le cas opposé.
- **Richesse en matière organique** : dans plusieurs parcelles, la terre est enrichie en fumier souvent non décomposé. Cependant, certaines parcelles semblent ne peut avoir subit d'apport organique récent. Dans ce cas, la terre ressemble au sable dunaire qu'on observe un peu partout en dehors des oasis.
- **Richesse en gypse** : c'est un élément commun à toutes les terres. Cependant, il est plus fréquent et de taille grossière dans certaines parcelles, très fin et peu fréquent dans d'autres. Le gypse est un élément qui semble contribuer à la compaction d es sols des oasis.
- **Autres** : il s'agit de la qualité du sable qui est pour certaines parcelles très siliceux par la fréquence élevée de grains de quartz. Ce matériau est également moins gypseux. Il serait plus indiqué pour l'amendement en terre.

Tableau 37 : Caractères morphologique.

N°	Parcelle	MO fréquence	Gypse		Couleur	Autres
			fréquence	taille		
1	Amendée	+++	++	Fin à Très fin	Beige jaunâtre	
2	amendée	++	++	Grossier (0,5 mm) à très fin	Beige jaunâtre	
4	amendée	++	+++	Grossier (0,5 mm) à très fin	Beige jaunâtre	
5	amendée	+++	++	Grossier (0,5 mm) à très fin	Beige jaunâtre	
6	Non amendée	+++	+	Très fin	Beige jaunâtre	
7	amendée	+	+	fin	Beige jaunâtre	siliceux
8	Amendée	++	+	fin	Beige jaunâtre	
9	Amendée	+++	+	Très fin	beige	siliceux
10	Amendée	++	+++	Grossier (0,5 mm) à très fin	Beige jaunâtre	
11	Non amendée	++	+	Fin à très fin	Beige jaunâtre	
12	Amendée	+++	+++	Grossier (0,5 mm) à fin	Beige jaunâtre	
13	Amendée	+	+	Fin à très fin	Beige jaunâtre	siliceux
14	Amendée	+	+	Fin à très fin	Beige jaunâtre	
15	Amendée	++	+	Fin à très fin	Beige jaunâtre	
16	Amendée	+	+	Fin à très fin	Beige jaunâtre	
17	Amendée	++	++	Fin à très fin	Beige jaunâtre	

6.5.2 Densité apparente et Porosité totale

La densité apparente sans les parcelles non amendées est de l'ordre de 1,39 g/cm³ nettement plus faible que dans les parcelles non amendées, environ 1,67 g/cm³ (Tab.4). Si on

considère que la terre des parcelles non amendées étaient assez similaires que les terres ramenées pour l'amendement, on peut admettre que cette terre a subit une compaction la rendant plus dense. Il s'ensuit que la porosité totale est plus élevée dans les parcelles amendées d'environ 47 % atteignant même 55 % alors qu'elle ne dépasse pas 38 % dans les parcelles non amendées soit une réduction d'environ le tiers.

Tableau 38 : Densité apparente et porosité totale.

N°	Parcelle	Da (g/cm ³)	PT (%)
1	Amendée	1,38	48
2	Amendée	1,44	46
4	Amendée		
5	Amendée	1,29	51
6	Non Amendée	1,64	38
7	Amendée	1,44	46
8	Amendée	1,34	50
9	Amendée	1,52	43
10	Amendée	1,45	45
11	Non Amendée	1,7	36
12	Amendée	1,2	55
13	Amendée	1,44	46
14	Amendée	1,48	44
15	Amendée	1,3	51
16	Amendée	1,43	46
17	Amendée	1,4	47
Moyenne sans les parcelles 6 et 11 non amendées		1,39	47

6.5.3 Distribution granulométrique

Les résultats de l'analyse granulométrique sont consignés dans le tableau 39. L'analyse statistique sommaire (Tab.40) montre pour l'ensemble des parcelles :

- Un faible pourcentage de la fraction fine (AL) : la valeur moyenne n'est que de 5 % avec des valeurs minimale de 1 % et maximale de 11 %.
- Un pourcentage élevé de la fraction sableuse (S) : la valeur moyenne est de 95 % avec dans certains cas 99 % mais ce pourcentage ne descend pas en dessous de 89 %. Le coefficient de variation (CV) de 3 % traduit une faible dispersion de la valeur moyenne.

Tableau 39 : Résultats de l'analyse (%).

N°Parcelle	AL	STF	SF	SG	S (STF+SF+SG)
1	9	11	78	2	91
2	4	10	85	1	96
4	2	13	84	1	98
5	3	13	81	2	97
6	3	16	79	2	97
7	9	16	57	19	91
8	3	15	79	3	97
9	6	6	53	35	94
10	10	5	84	1	90

N°Parcelle	AL	STF	SF	SG	S (STF+SF+SG)
11	3	19	78	1	97
12	9	9	78	5	91
13	3	17	69	10	97
14	3	18	79	1	97
15	11	18	69	1	89
16	1	10	77	12	99
17	2	14	83	1	98

Tableau 40 : Analyse statistique sommaire de la distribution des fractions granulométriques (%).

Paramètre	AL	STF	SF	SG	S
Nombre	16	16	16	16	16
Moyenne	5	13	76	6	95
Min.	1	5	53	1	89
Max.	11	19	85	35	99
ET	3	4	9	9	3
CV (%)	62	32	12	153	3

L'analyse approfondie de la fraction sableuse permet sa meilleure caractérisation : La fraction sable grossier (SG) est celle qui est faiblement représentée, en moyenne 6 %.

6.6 Ebauche d'orientation future pour l'amendement

Toutes ces données permettent de conclure ce qui suit:

- l'amendement permet de redynamiser l'activité dans les oasis,
- l'amendement est une pratique coûteuse pour l'exploitant,
- les exploitants qui ont réalisé les opérations d'amendement ont financé en partie le coût des opérations par des revenus extra-agricole (autre activité, aide, soutien, participation des membres de la famille,...),
- le coût de l'amendement n'est pas à la portée de l'agriculteur petit et moyen,
- l'opération d'amendement est bénéfique pour l'agriculteur, l'Etat et le GDA,

C'est ainsi que pour développer l'agriculture dans les oasis traditionnelles / anciennes, l'amendement devrait être encouragé. Cet encouragement peut être assuré à travers un soutien de l'Etat aux exploitations agricoles qui comptent procéder à cette pratique.

L'ébauche d'orientation future

A la lumière des résultats dégagés de cette première phase, on pourrait retenir les recommandations qui pourraient servir de lignes directrices pour l'organisation et la mise en œuvre de l'opération d'amendement :

- inventorer les sites d'emprunt actuel et potentiel par oasis et établir des cartes de situation,
- faire l'analyse physico-chimique de leurs sols et retenir les sites d'emprunt les plus aptes,
- sélectionner quelques oasis types en fonction des formes actuelles de dégradation et choisir quelques exploitations types amendées,
- faire l'analyse du sol de ces exploitations types et tirer les enseignements,
- établir un programme de suivi annuel de quelques exploitations types et élaborer des rapports de suivi,
- associer les institutions de recherche, les centres, les pôles régionaux, les GDA et les structures concernées dans les décisions prises relatives à l'amendement,
- retenir les composantes d'amendement et les normes requises et faire des séances de vulgarisation avec les structures concernées, les GDA et les agriculteurs,...

Toutefois, il y'a des préalables qui devraient être respecté avant la mise en œuvre de tout programme d'amendement.

1- Les préalables à l'opération d'amendement :

A l'échelle des Autorités compétentes et des services régionaux

- Identifier par oasis le programme d'attribution de titre de propriété ou acte équivalent

A l'échelle du CRDA

- Identifier par oasis l'avancement du programme de lutte contre la dégradation due au drainage,
- Identifier l'avancement du programme de lutte contre la dégradation due à l'hydromorphie,
- Identifier l'avancement du programme de lutte contre la dégradation due à la salinisation du sol,
- Identifier l'avancement du programme de réhabilitation des infrastructures hydrauliques
- Identifier la zone d'emprunt par oasis et faire une première délimitation
- Procéder à l'analyse des caractéristiques physico-chimiques du sol des zones d'emprunt

A l'échelle du GDA

- Identifier par oasis l'exécution du programme d'intervention de lutte contre le drainage (confié par le CRDA au GDA) et son état d'avancement,
- Identifier l'avancement du programme de lutte contre l'hydromorphie,
- Identifier l'avancement du programme de lutte contre la salinisation
- Identifier l'avancement du programme de réhabilitation des infrastructures hydrauliques
- Dresser la situation financière entre le GDA et l'exploitant

A l'échelle de l'Agriculteur

- Régulariser le statut des exploitations en indivision ou à problème foncier

2-Organisation des opérations d'amendement

- organiser à l'échelle régionale le cadre de l'opération d'amendement
- constituer un comité régional de suivi de l'amendement composé à l'image des membres du comité régional d'octroi d'avantages,
- les membres peuvent représenter les structures suivantes : gouvernorat, APIA, CRDA, Sol, PPI/ exploitation/Maintenance, CES, M Domaine de l'Etat, MEDD, GDA

3- Exécution des opérations

- l'exécution sera précédée par des constats effectués par les services concernés,
- le GDA, le CRDA et les services compétents devraient suivre les opérations

4- Octroi d'avantages

- appliquer les mêmes procédures administratives que celle appliquées pour l'octroi des avantages pour l'économie de l'eau
- retenir des seuils d'encouragements bâtis sur les mêmes principes de calcul pour l'économie de l'eau
- la norme d'encouragement pourrait être l'ordre de 30%.

ANNEXE1 : Questionnaire d'enquête

Etude sur l'amendement dans les anciennes oasis

Délégation :.....

OASIS / GDA:

Enquête type 1 : Exploitation avec terre amendée

Identification de l'exploitant :

1. Nom de l'exploitant :.....,
2. **Numéro de téléphone portable :**
3. Statut de l'exploitant : propriétaire :, locataire :....., Khammes :
4. Occupation de l'exploitant : A plein temps sans activité lucrative :, Moyennement occupé avec autre activité :....., faiblement occupé avec autre activité :....., faiblement occupé sans activité lucrative :.....,
5. Nombre des membres de la famille vivant avec lui : Nombre des membres de la famille aidant l'exploitant :.....
6. Nombre des membres de la famille travaillant en dehors de l'exploitation :.....

Identification de l'exploitation :

8. Taille de l'exploitation :.....
9. Nbre d'heure d'irrigation par tour d'eau :
10. Etat général de l'exploitation : bon, moyen, mauvais
11. Position de l'exploitation dans le périmètre amont, intermédiaire, aval, bas fonds, zone mal drainée

Sol

12. Type du sol... calcimagnésimorphe(encroûtement) halomorphe(salinité) hydromorphe.....
13. texture du sol : sableuse sablo-limoneuse (fraction fine) limono-sableuse limoneuse équilibrée
14. nature des dégradations observées : salinisation, déficience en drainage(hydromorphie), apparition de racines démoulées, croûte, invasion par le roseau, autres.....

Irrigation

14. Sources de l'eau d'irrigation : forage (tour d'eau :,) autre : (puits privé)
15. Système d'irrigation : seguia (submersion) : économie d'eau :.....
16. Longueur du séguia :....
17. Coût d'une irrigation pour toute la parcelle : ...
18. Coût annuel payé pour l'irrigation : coût Fixe : Coût variable :.....
19. Bassin : volume d'eaum³
20. Projet APIOS a-t-il touché votre exploitation : année :

Système de drainage

21. Présence d'un réseau de drainage Fossés Drains PVC enterrés
22. Type : primaire secondaire tertiaire
23. Profondeur des fossés :....., largeur :, Ecartement :
24. Entretien des fossés par le GDA ou le CRDA : fréquence
25. Fonctionnalité des drains (observez vous le passage de l'eau ?) : en % de la parcelle...

Système de production

26. Situation actuelle : Avec 1 seul étage (palmier) avec 2 étages (P+AFD)

avec 3 étages (P+AFD+autres cultures)

Préciser l'assortiment variétal

Rubriques	Situation avant amendement			Situation actuelle après amendement		
	Nbre de pied ou planches en m2	Estimation de la production par pied	Valeur de la production (Khrasa)	Nbre de pied ou planches en m2	Estimation de la production par pied	Valeur de la production (Khrasa)
Deglet Nour	27	34	41	48	55	62
Alig	28	35	42	49	56	63
Akhouet + Kinta+Horra	29	36	43	50	57	64
Autres Variétés	30	37	44	51	58	65
arboriculture	31	38	45	52	59	66
Cultures maraîchères	32	39	46	53	60	67
Cultures fourragères pour ovins/caprins/nbre de tête femelles	33	40	47	54	61	68

69-Quel est le problème qui menace le plus la production des dattes ? l'hydromorphie, la salinisation, appauvrissement du sol les maladies, le manque d'eau, vieillissement des palmiers autres préciser.....

Travail du sol et fertilisation :

70-Sur le long d'une année, quelles sont vos différentes interventions concernant le travail du sol ?

71-Est ce que vous apportez des engrais ? de la matière organique ? si oui quels engrais et en quelles quantités ?

Hydromorphie et salinisation :

72. -Année d'observation des Formes de dégradations : salinisation : ... , déficience en drainage(hydromorphie) :, croûte :, invasion par le roseau :, autres :

73. -Nbre de pieds de palmiers touchés par le phénomène :

74. -Quel est la profondeur des niveaux statiques de la nappe : hiverété..... ?

75. -Durée mensuelle de la remontée de la nappe:

76. Est ce qu'il vous arrive de curer le drain limitrophe à votre parcelle ?.....
77. Durée de la stagnation de la salinisation :,
78. Qu'est ce que vous avez fait pour lutter contre la salinisation ?.....

Dégradation du sol et épandage du sable dans l'exploitation:

Causes de la dégradation

79. situation de la parcelle dans un bas fond : oui non
80. situation de la parcelle dans une zone mal ou non drainée : oui non
81. remontée de la nappe : oui non
82. qualité de l'eau : oui non
83. salinisation du sol : oui non
84. sur exploitation de la parcelle : oui non
85. lessivage excessif dû à l'irrigation par submersion ou à l'abondance de l'eau: oui non
86. qualité médiocre de la structure du sol : oui non
87. manque d'apport organique : fumier + fertilisants : oui non

Effets de la dégradation

88. Apparition de racines démolées P+AFD : . Nbre :
89. pertes de pieds de palmiers + AFD : Nbre :
90. chute des rendements des palmiers :, en % ou en kg/pied:.....
91. réduction du nombre d'heure d'irrigation par tour d'eau : oui non
92. abandon du système production à 2 étages : oui non
93. abandon du système de production à 3 étages : oui non
94. baisse du revenu annuel : oui non, en %.....
95. exploitation devenant moins intéressante avec peu de temps d'occupation : oui non
96. recherche d'autres occupation chez les voisins dans l'oasis : ..., en dehors de l'oasis :

Objectifs de l'intervention pour amendement du sol

97. Réduire les impacts de la dégradation (remontée de la nappe, salinisation du sol) : oui non
98. Améliorer la texture du sol (compaction, tassement, dynamique de l'eau, aération): oui non
99. Améliorer la structure du sol : oui non
100. changer de système de production : oui non
101. Introduire d'autres étages : oui non
102. Améliorer le revenu : oui non
103. Autres préciser dont élevage : oui non

Opérations et composantes d'amendement

104. Epaisseur de la couche amendée :
105. surface concernée : ...en ha ou en m2, en nbre de palmiers :
106. Quantité de sable apportée : nombre de tracteurs pour la surface concernée :
107. Texture du sable apporté : sableuse limono-sableuse sablo-limoneuse
108. Source du sable distance /à la parcelle :
109. Pratique de l'amendement : épandage sur la terre ancienne , mélange de l'amendement avec la terre initiale par labour profond.
110. Fréquence de l'épandage :

111. Coût de l'épandage/ en ha ou en m2 :sable :....., transport :...., main d'œuvre :
.....
112. Coût du travail du sol avant épandage : labour..., désenchiementement.....
113. coût d'ajout de la fumure organique :
114. durée entre 1^{er} amendement et 2^{ème} amendement :
115. étendue spatiale de l'amendement : pratique répandue dans l'oasis (nbre), pratique limitée à quelques exploitants (nbre)
116. Historique de l'amendement : pratique ancienne pratique nouvelle année où vous avez observé l'amendement

Opérations générées suite à l'amendement

117. **Rehaussement des regards** : oui :..... non :
118. Hauteur de rehaussement :
119. Nbre de regards rehaussés :
120. Coût de rehaussement de regards :
- 121. Réaménagement des séguias bétonnés**
122. longueur des séguias réaménagés :ml
123. Coût de réaménagement des séguias :
- 124. Nettoyage des fossés** : oui :..... non :
125. longueur des fossés nettoyés :ml
126. Coût de nettoyage y compris le travail familial et de l'exploitant :
- 127. Autres opérations et difficultés : nature** :
128. Coût des autres opérations :

Moyens financiers et humains employés pour faire l'amendement

128. quelle était la nature de financement du coût de l'amendement : au comptant :....., en nature sur la production de la campagne :, échelonnée :
129. moyens propres à travers le revenu de l'exploitation moyens propres à travers revenu hors exploitation....., à crédit : valeur :
130. travail d'épandage assuré par lui même et sa famille :nbre de jours de travail :.....,
131. **Quel serait la part de la participation de l'Etat au financement du coût de l'amendement** : niveau inférieur à celui préconisé pour l'éco de l'eau, niveau égale, niveau supérieur ,
132. Pourquoi vous souhaitez un tel niveau :

Impacts de l'épandage réalisé au niveau de la parcelle :

115. Amélioration des propriétés physico-chimiques du sol (texture, salinité, PH...) =
116. Amélioration de la vigueur des palmiers oui non
117. Amélioration de la production en % ou en kg/pied :
118. Amélioration du revenu de l'agriculteur : en % ou en valeur
119. Augmentation du nbre d'UTH: oui non
120. Augmentation du nombre d'heure d'irrigation : oui non ...
121. Introduction du système production à 2 étages : oui non
122. Introduction du système de production à 3 étages : oui non
123. Exploitation devenant plus intéressante avec plus de temps d'occupation :

Contraintes qui ont entravé l'application de l'épandage du sable :

143. Système d'irrigation (économie d'eau) et compatibilité avec l'épandage oui non

- 144. problème d'accessibilité à la parcelle : oui non
- 145. Eloignement d'une source appropriée de sable : oui non
- 146. Manque de ressources de financement : oui non
- 147. Autres.....

Impacts sur les zones de prélèvement

- 149. risques de désertification oui non
- 150. autres risques : oui non

Etude sur l'amendement dans les anciennes oasis

Délégation :.....

OASIS / GDA:

Enquête type 2 :

Exploitation sans terre amendée

Identification de l'exploitant :

7. Nom de l'exploitant :.....,
8. **Numéro de téléphone portable :**
9. Statut de l'exploitant : propriétaire :, locataire :....., Khammes :
10. Occupation de l'exploitant : A plein temps sans activité lucrative :, Moyennement occupé avec autre activité :....., faiblement occupé avec autre activité :....., faiblement occupé sans activité lucrative :.....,
11. Nombre des membres de la famille vivant avec lui : Nombre des membres de la famille aidant l'exploitant :.....
12. Nombre des membres de la famille travaillant en dehors de l'exploitation :.....

Identification de l'exploitation :

15. Taille de l'exploitation :.....
16. Nbre d'heure d'irrigation par tour d'eau :
17. Etat général de l'exploitation : bon, moyen, mauvais
18. Position de l'exploitation dans le périmètre amont, intermédiaire, aval, bas fonds, zone mal drainée

Sol

19. Type du sol... calcimagnésimorphe(encroûtement) halomorphe(salinité) hydromorphe.....
20. texture du sol : sableuse sablo-limoneuse (fraction fine) limono-sableuse limoneuse équilibrée
21. nature des dégradations observées : salinisation, déficience en drainage(hydromorphie), apparition de racines démoulées, croûte, invasion par le roseau, autres.....

Irrigation

21. Sources de l'eau d'irrigation : forage (tour d'eau :,) autre : (puits privé)
22. Système d'irrigation : seguia (submersion) : économie d'eau :.....
23. Longueur du séguia :....
24. Coût d'une irrigation pour toute la parcelle : ...
25. Coût annuel payé pour l'irrigation : coût Fixe : Coût variable :.....
26. Bassin : volume d'eaum³
27. Projet APIOS a-t-il touché votre exploitation : année :

Système de drainage

26. Présence d'un réseau de drainage Fossés Drains PVC enterrés
27. Type : primaire secondaire tertiaire
28. Profondeur des fossés :....., largeur :, Ecartement :
29. Entretien des fossés par le GDA ou le CRDA : fréquence

30. Fonctionnalité des drains (observez vous le passage de l'eau ?) : en % de la parcelle...

Système de production

26. Situation actuelle : Avec 1 seul étage (palmier) avec 2 étages (P+AFD)
 avec 3 étages (P+AFD+autres cultures)

Préciser l'assortiment variétal

Rubriques	Situation avant apparition du phénomène de la dégradation				Situation actuelle après apparition du phénomène de la dégradation			
	Nbre de pied	Estimation de la production par pied	Valeur de la production (Khraza ou Khdhara)		Nbre de pied	Estimation de la production par pied	Valeur de la production (Khraza ou Khdhara)	
Deglet Nour	27	34	41	48	55	62		
Alig	28	35	42	49	56	63		
Akhouet + Kinta+Horra	29	36	43	50	57	64		
Autres Variétés	30	37	44	51	58	65		
arboriculture	31	38	45	52	59	66		
Cultures maraîchères	32	39	46	53	60	67		
Cultures fourragères pour ovins/caprins/nbre de tête femelles	33	40	47	54	61	68		

69. Quel est le problème qui menace le plus la production des dattes ? : l'hydromorphie, la salinisation, appauvrissement du sol les maladies, le manque d'eau, vieillissement des palmiers autres préciser.....

Travail du sol et fertilisation :

70. Sur le long d'une année, quelles sont vos différentes interventions concernant le travail du sol ?

71. Est ce que vous apportez des engrais ? de la matière organique ? si oui quels engrais et en quelles quantités ?

Hydromorphie et salinisation :

72. Année d'observation des Formes de dégradations : salinisation :..., déficience en drainage(hydromorphie) : ..., croûte :..., invasion par le roseau :..., autres :.....

73. Nbre de pieds de palmiers touchés par le phénomène :

74. Quel est la profondeur des niveaux statiques de la nappe : hiverété..... ?

75. Durée mensuelle de la remontée de la nappe:,

76. Est ce qu'il vous arrive de curer le drain limitrophe à votre parcelle ? oui non ...
77. Durée de la stagnation de la salinisation :,
78. Qu'est ce que vous avez fait pour lutter contre la salinisation ?.....

Dégradation du sol et épandage du sable :

Causes de la dégradation

79. Situation de la parcelle dans un bas fond : oui non
80. Situation de la parcelle dans une zone mal ou non drainée : : oui non
81. Remontée de la nappe : : oui non
82. Qualité de l'eau : : oui non
83. Salinisation du sol : : oui non
84. Sur exploitation de la parcelle : : oui non
85. Lessivage excessif dû à l'irrigation par submersion ou à l'abondance de l'eau:... : oui
 non
86. Qualité médiocre de la structure du sol : : oui non
87. Manque d'apport organique : fumier + fertilisants : : oui non

Effets de la dégradation

88. Apparition de racines démoulées P+AFD : Nbre :
89. Pertes de pieds de palmiers + AFD :, Nbre :
90. Chute des rendements des palmiers :, en % ou en kg/pied:.....
91. Réduction du nombre d'heure d'irrigation par tour d'eau :... : oui non
92. Abandon du système production à 2 étages :..... : oui non
93. Abandon du système de production à 3 étages : ...: oui non
94. Baisse du revenu annuel :, en % du revenu de base.....
95. Exploitation devenant moins intéressante avec peu de temps d'occupation : : oui non
96. Recherche d'autres occupations, chez les voisins dans l'oasis : ..., en dehors de l'oasis : :
 oui non

Contraintes qui vous ont entravé pour amender le sol :

97. Contraintes techniques -Système d'irrigation (économie d'eau) et compatibilité avec l'épandage oui non
98. Contraintes techniques -problème d'accessibilité à la parcelle : : oui non
99. Contraintes de disponibilité de la matière minérale : Eloignement d'une source appropriée de sable: oui non
100. Contraintes financières : Manque de ressources de financement :..... : oui non .
101. Contraintes de non conviction des impacts d'amélioration : ...: oui non
102. Autres contraintes.....: oui non

Quels sont vos objectifs d'intervention pour amender le sol ?

103. Réduire les impacts de la dégradation (remontée de la nappe, salinisation du sol) : oui non
104. Améliorer la texture du sol (compaction, tassement, dynamique de l'eau, aération): oui non
105. Améliorer la structure du sol : oui non
106. changer de système de production : oui non
107. Introduire d'autres étages : oui non

108. Améliorer le revenu : oui non
109. Autres à préciser dont élevage : oui non

Connaissez vous les opérations d'amendement ?

110. Epaisseur de la couche à amender :
111. surface qui sera concernée : ... en ha ou en m², en nbre de palmiers :
112. Quantité de sable à apporter : nombre de tracteurs pour la surface concernée :
113. Texture du sable à apporter : sableuse limono-sableuse sablo-limoneuse
114. Source du sable distance /à la parcelle :
115. Pratique de l'amendement à suivre : épandage sur la terre ancienne , mélange de l'amendement avec la terre initiale par labour profond.
116. Fréquence prévisionnelle de l'épandage :
117. Coût prévisionnel de l'épandage/ en ha ou en m² :sable :, transport :, main d'œuvre :
118. Coût prévisionnel du travail du sol avant épandage : labour..., ndentement.....
119. coût prévisionnel d'ajout de la fumure organique :
120. durée prévisionnelle entre 1^{er} amendement et 2^{ème} amendement :
121. étendue spatial de l'amendement : pratique répandue dans l'oasis (nbre), pratique limitée à quelques exploitants (nbre)
122. Historique de l'amendement : pratique ancienne pratique nouvelle année où vous avez observé l'amendement

Moyens financiers et humains à mettre en oeuvre pour faire l'amendement

123. Quelle sera la nature de financement du coût de l'amendement : au comptant :, en nature sur la production de la campagne :, échelonnée :, à crédit :
124. Moyens propres à travers revenu de l'exploitation =, moyens propres à travers revenu hors exploitation =,
125. Travail d'épandage à assurer par lui même et sa famille :

Impacts attendus de l'épandage de sable au niveau de la parcelle :

126. Amélioration des propriétés physico-chimiques du sol (texture, salinité, PH...) =
127. Amélioration de la vigueur des palmiers oui non
128. Amélioration de la production en % ou en kg/pied :
129. Amélioration du revenu de l'agriculteur : en % ou en valeur
130. Augmentation du nbre d'UTH: oui non
131. Augmentation du nombre d'heure d'irrigation : oui non ...
132. Introduction du système production à 2 étages : oui non
133. Introduction du système de production à 3 étages : oui non
134. Exploitation devenant plus intéressante avec plus de temps d'occupation :,

Impacts en dehors de l'oasis sur les zones de prélèvement

135. Risques de désertification oui non
136. Autres risques.....

Quelles sont les solutions de rechanges ?

137. Etendre l'oasis hors de l'ancien périmètre : oui non et abandonner l'existant : ...
138. Faire de nouvelles plantations avec même superficie et nbre de pieds :
139. Coût d'investissement dans la nouvelle plantation :
140. Nature du financement de cet investissement : moyens propres à travers revenu de l'exploitation =, moyens propres à travers revenu hors exploitation =,

SOMMAIRE

Résumé et conclusion :.....	i - vii
INTRODUCTION	1
I. PROBLÉMATIQUE DE LA DÉGRADATION DES SOLS ET GENÈSE DES OPÉRATIONS D'AMENDEMENT	2
II. CADRE DE L'ÉTUDE ET DÉMARCHE SUIVIE	7
2.1 EXTRAIT DES TERMES DE RÉFÉRENCES	7
2.2 OBJECTIFS DE L'ÉTUDE	7
2.3 PHASES DE L'ÉTUDE	8
2.4 DÉMARCHE DE L'ÉTUDE	8
III. MONOGRAPHIE DE LA SITUATION ACTUELLE DANS LES OASIS	11
3.1 LE SYSTÈME OASIEN.....	11
3.2 LES ANCIENNES OASIS OBJET DE L'ÉTUDE	11
3.3 <i>Localisation des oasis</i>	16
3.4 CARACTÉRISTIQUES CLIMATIQUES	16
3.4.1. <i>Pluviométrie</i>	16
3.4.2. <i>Températures</i>	17
3.4.3. <i>Evaporation</i>	17
3.4.4. <i>Bilan Hydrique</i>	17
3.4.5. <i>Bioclimats</i>	17
3.4.6. <i>Vents</i>	17
3.5 LA SUPERFICIE DES OASIS	18
3.6. RESSOURCES EN SOL	20
3.6.1 <i>Les sols peu évolués des dépressions alluviales non salées</i>	21
3.6.2 <i>Les sols minéraux bruts (sables éoliens)</i> :	21
3.6.3 <i>Les sols gypseux</i>	21
3.6.4 <i>Les sols squelettiques</i>	21
3.6.5 <i>Les sols halomorphes</i>	21
3.6.6 <i>Les sols hydromorphes</i>	21
3.7 RESSOURCES EN EAU	22
3.7.1. <i>Les eaux de surface</i>	23
3.7.2. <i>Les nappes phréatiques</i>	23
3.7.3. <i>Les Nappes Profondes</i>	24
3.7.4. <i>Exploitation des nappes profondes dans les Gouvernorats de Tozeur et Kébili</i>	25
3.8 L'EFFECTIF DE PALMIERS DATTIERS	26
3.8.1 <i>Effectif total de palmiers</i>	27
3.8.2 <i>Effectif de palmiers des oasis traditionnelles</i>	28
3.9 L'EFFECTIF ET LA TAILLE DES EXPLOITATIONS	30
3.9.1 <i>Effectif et taille des exploitations de l'ensemble des oasis</i>	30

3.9.2	<i>Effectif et Taille des exploitations dans les oasis traditionnelles</i>	30
3.10	LA PRODUCTION	31
3.10.1	<i>La production globale de dattes</i>	31
3.10.2	<i>La production des oasis traditionnelles</i>	32
3.11	LES RENDEMENTS	32
3.11.1	<i>Les rendements globaux</i>	32
3.11.2	<i>les rendements des oasis traditionnelles</i>	33
3.11.3	<i>Les rendements par variété dans les oasis traditionnelles</i>	34
3.12	CONCLUSION	36
IV.	LES FORMES DE DÉGRADATION DES SOLS ET LEUR IMPACT	38
4.1	LES SYSTÈMES D'IRRIGATION ET LEUR INTERACTION AVEC LA DÉGRADATION	39
4.1.2	<i>Fonctionnement et maintenance des installations d'irrigation</i>	40
4.2	LE SYSTÈME DE DRAINAGE DES OASIS	40
4.3	LA SUREXPLOITATION DES RESSOURCES EN EAU ET SES EFFETS	41
4.3.1	<i>Les nappes phréatiques</i>	41
4.3.2.1	<i>Nappe du Continental Intercalaire (CI)</i>	42
4.3.2.2	<i>Nappe du Complexe Terminal (CT)</i>	42
4.4	UNE AGRICULTURE IRRIGUÉE FORTEMENT CONSOMMATRICE D'EAU	43
4.5	LA BAISSÉ DES NIVEAUX DES NAPPES	44
4.6	L'HYDROMORPHIE	44
4.6.1	<i>Processus d'hydromorphie</i>	45
4.6.2	<i>Causes et origine</i>	46
4.6.3	<i>Ampleur et impact de l'hydromorphie</i>	47
4.7	LA SALINISATION DES SOLS	47
4.7.1	<i>Paysage morpho-pédologique oasien et dynamique hydro-saline</i>	49
4.7.2	<i>Salinité et paysages salinisés</i>	51
4.7.3	<i>Reconnaissance des paysages salinisés</i>	51
4.7.4	<i>Les facteurs de salinisation</i>	52
4.7.5	<i>Effet d'une nappe perchée salée</i>	52
4.7.6	<i>Profondeur critique et minéralisation critique de l'eau</i>	52
4.7.7	<i>Critères de choix des modes d'irrigation en milieu salin</i>	53
4.7.8	<i>Effet de la dose d'irrigation</i>	53
4.7.9	<i>Effet de la fréquence d'irrigation</i>	54
4.8	BAISSE DE FERTILITÉ DES SOLS	54
4.9	L'ÉROSION ÉOLIENNE	56
4.10	L'URBANISATION	57
4.11	LES CONTRAINTES FONCIÈRES ET FINANCIÈRES, L'ABANDON ET LEUR IMPACT SUR LE DÉLAISSEMENT ET L'AGGRAVATION DE LA DÉGRADATION	58
4.12	<i>Conclusion</i>	62
V.	L'AMENDEMENT SABLEUX DANS LES OASIS	65
5.1	L'AGRICULTEUR EN TANT QUE CONCEPTEUR DE L'AMENDEMENT SABLEUX	65

5.2 CARACTÉRISATION DES OASIS SÉLECTIONNÉES	65
5.2.1 <i>les oasis sélectionnées</i>	65
5.2.2 <i>Typologie des oasis sélectionnées</i>	66
5.3 LES QUESTIONNAIRES EMPLOYÉS	67
5.3.1 <i>questionnaire type 1</i>	68
5.3.2 <i>Questionnaire de type 2</i>	69
5.4 LES RÉSULTATS DE L'ENQUÊTE.....	69
5.4.1 <i>Les préalables à l'amendement sableux chez l'agriculteur</i>	69
5.4.2 <i>Pratiques actuelles de l'amendement</i>	70
5.4.3 <i>Déroulement des actions d'amendement</i>	71
5.4.4 <i>Composantes de l'amendement et les aspects techniques</i>	71
5.4.5 <i>les opérations de préparation du sol et de désenchiementement</i>	71
5.4.6 <i>Les opérations de l'apport du sable, des matières minérales et des matières organiques</i>	72
5.4.7 <i>Les opérations d'épandage du sable / matière minérale</i>	72
5.4.8 <i>Les opérations de remise en place et d'adaptation des systèmes d'irrigation et de drainage et de leurs outils</i>	72
5.4.9 <i>Les opérations de confection de cuvettes /planches autour des plantations de palmiers</i>	72
5.4.10 <i>Les opérations d'irrigation</i>	72
5.5. LES ZONES DE PRÉLÈVEMENT	73
5.5.1 <i>Délégation Tozeur</i>	73
5.5.2 <i>Délégation Nafta</i>	73
5.5.3 <i>Délégation Dgèche</i>	73
5.5.4 <i>Les zones de Kébili</i>	73
5.5.5 <i>Caractéristique des matériaux d'amendement (les sables éoliens)</i>	74
5.5.6 <i>Impact actuel du prélèvement des matériaux sur l'environnement</i>	74
5.5.7 <i>Conditions à respecter au niveau des sites de prélèvement</i>	74
5.6 COÛT ET IMPACT DES OPÉRATIONS D'AMENDEMENT	74

VI. SYNTHÈSE SUR L'AMENDEMENT, LES EXPÉRIENCES PASSÉES ET LES RECOMMANDATIONS

6.1 LES FACTEURS DE LA SALINISATION ET D'HYDROMORPHIE	76
6.2 TECHNIQUES DE GESTION DE LA SALINITÉ ET DE L'HYDROMORPHIE DANS LES OASIS	77
6.2.1 <i>Techniques Hydrauliques: Irrigation et drainage</i>	77
6.2.2 <i>Techniques chimiques: amendements chimiques</i>	77
6.2.3 <i>Techniques Culturelles</i>	77
6.2.4 <i>Techniques biologiques</i>	78
6.2.5 <i>Effet de la stratification du sol sur la dynamique de l'eau et des sels</i>	78
6.2.6 <i>Effet de la texture des sols</i>	78
6.3 QUELQUES ÉLÉMENTS D'INTERPRÉTATION DE L'AMENDEMENT SABLEUX.....	81

6.3.1	<i>Les sols des oasis et leur amendement</i>	82
6.3.2	<i>Résultats antérieurs sur l'amendement sableux</i>	83
6.4	CARACTÉRISATION DES MATÉRIAUX DE L'AMENDEMENT	84
6.5	RÉSULTATS	86
6.5.1	<i>Caractères morphologiques</i>	86
6.5.2	<i>Densité apparente et Porosité totale</i>	86
6.5.3	<i>Distribution granulométrique</i>	87
6.6	EBAUCHE D'ORIENTATION FUTURE POUR L'AMENDEMENT.....	88

ANNEXES

- Annexe 1 : Questionnaires d'enquêtes**
- Annexe 2 : Quelques résultats de l'enquête**
- Annexe 3 : Photos d'illustration**