

# Diagnostic et analyse du fonctionnement d'un périmètre oasien

## Cas de l'oasis de Fatnassa Nord, Kébili, sud tunisien

GHAZOUANI W.<sup>1,2</sup>, MARLET S.<sup>1,2</sup>, MEKKI I.<sup>2</sup>, VIDAL A.<sup>3</sup>

1 Cirad, 34398 Montpellier Cedex 5, France

2 INRGREF, BP 10, 2080 Ariana, Tunisie

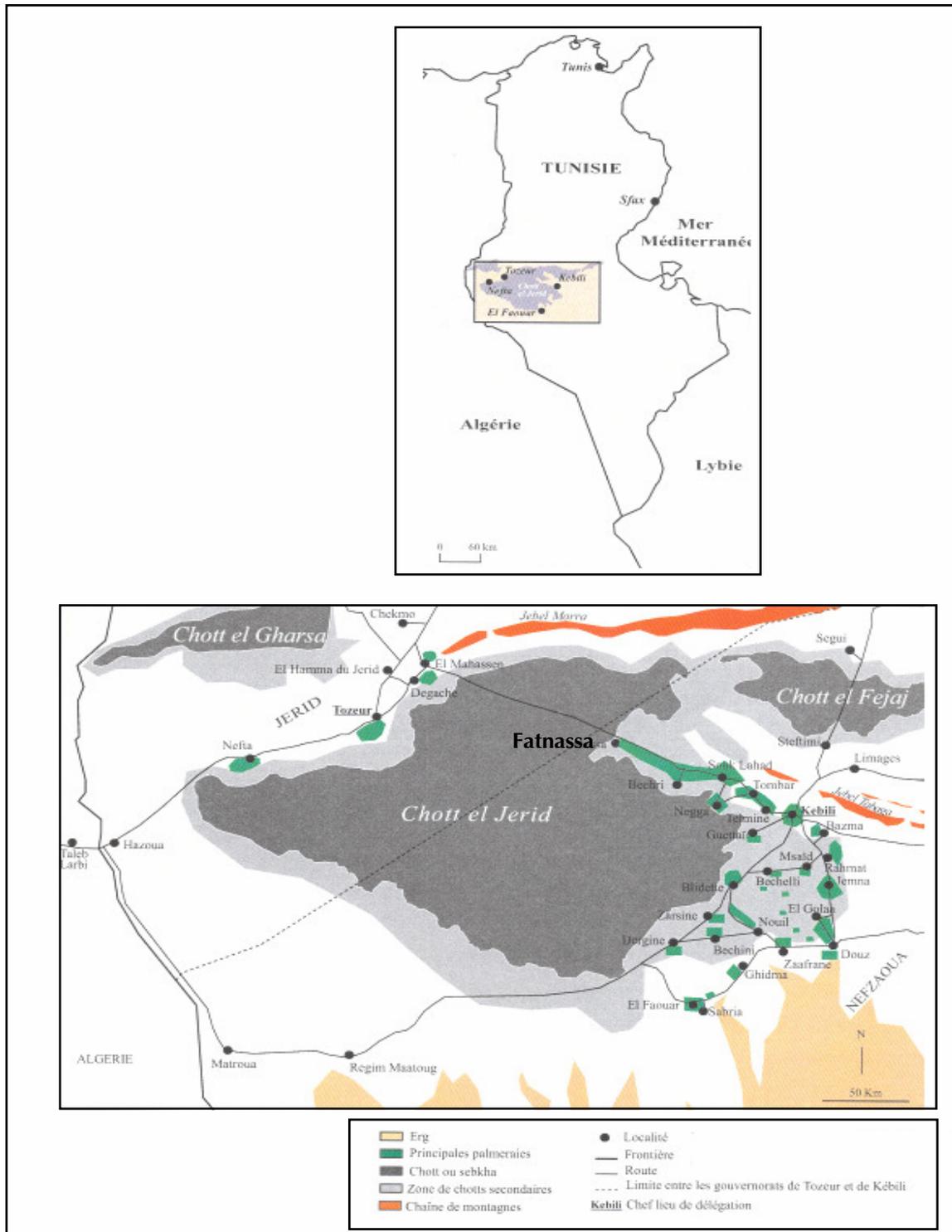
3 Cemagref, BP 5095, 34196 Montpellier, Cedex 5, France

**Résumé** — Les performances de l'oasis de Fatnassa sont sous la dépendance d'un ensemble de contraintes physiques et de dysfonctionnements liés aux pratiques et comportements individuels face à la gestion collective de l'aménagement. Ces contraintes et dysfonctionnements ont été abordés sous l'angle de leur perception par les agriculteurs. Le fonctionnement du périmètre a ensuite été décrit sous la forme d'un arbre des problèmes permettant de synthétiser les principales causes et les principaux effets de ces contraintes sur les performances des systèmes de culture. Malgré les investissements réalisés pour l'accroissement des capacités et la modernisation du système d'irrigation, l'allongement de la durée de retour du tour d'eau limite les possibilités d'intensification et les performances des systèmes de culture basés sur le palmier dattier. Ces dysfonctionnements sont essentiellement la conséquence de pratiques inadaptées des agriculteurs, caractérisées par : une extension continue des superficies irriguées à la périphérie de l'oasis, la mauvaise qualité de l'entretien des parcelles et de la conduite des irrigations résultant d'une implication limitée de propriétaires non résidents ou pluriactifs, et parfois l'allongement délibéré de la durée et de la dose d'irrigation en réaction aux contraintes imposées par le tour d'eau. Les effets de la dégradation de la qualité des terres ou des dysfonctionnements du système de drainage et de l'engorgement sont aussi facilement perçus par les agriculteurs qui tentent de s'y adapter par la pratique d'amendements sablo-organiques associés au travail du sol. La température élevée de l'eau d'irrigation – en partie géothermale – provoque la mortalité de certains jeunes palmiers et la disparition progressive de la strate arbustive. A l'inverse, les effets d'une salinité partout présente et depuis longtemps ne sont pas directement appréhendés, notamment en raison de la tolérance du palmier dattier. Les effets éventuels de la salinité apparaissent masqués par les autres contraintes avec lesquels elle interagit, en accentuant l'effet du stress hydrique pendant la période estivale, en favorisant la dégradation des sols, et en aggravant l'engorgement par des irrigations abondantes pendant la période hivernale.

## Introduction

Depuis les temps les plus reculés de l'histoire, des sources artésiennes ont permis le développement d'une agriculture oasienne pérenne sans aucune autre pareille en Tunisie. Au cours de la période de prospérité de la fin du XVIIe siècle, l'organisation du système de culture agricole en trois strates de la couverture végétale et l'équilibre des rapports entre les oasis et l'extérieur ont permis le développement d'une économie hautement intégrée dans laquelle les activités extra-agricoles (artisanat, commerce) jouaient un rôle considérable. Des calamités de toutes sortes (famine, choléra, exactions fiscales des pouvoirs publics...) ont ensuite frappé la population tunisienne au XIXe siècle. Elles ont été l'amorce d'un processus de désintégration de l'économie oasienne dont l'équilibre a été totalement rompu à l'époque coloniale. Il s'est traduit par le développement de mouvements migratoires dès la fin du XIXe siècle, s'accroissant à partir des années 1930 (Belhedi, 1998 ;

Kassab, 1980). La situation s'est encore dégradée avec le tarissement progressif des sources et des forages artésiens. Le processus migratoire a été interrompu dans les années 1970 suite au démarrage des travaux du Plan directeur des eaux du sud (PDES) pour la sauvegarde et la rénovation des anciennes oasis, et la création de nouvelles oasis dans les zones du Djérid et Nefzaoua (Kassah, 1996). Ces oasis deviennent alors le théâtre de transformations économiques et sociales importantes en réponse à une demande croissante de l'exportation de dattes (Bou Ali, 1988).



**Figure 1.** Localisation géographique de l'oasis de Fatnassa (Brochier-Puig, 2001).

L'Etat aura consacré d'important investissements dans le cadre du PDES pour la réalisation de nombreux forages (Mamou, 1984), mais aussi plus récemment dans le cadre du projet d'Amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du sud (APIOS) afin de préserver les ressources en eau souterraine non renouvelables et de mieux valoriser les eaux utilisées (Al Atiri, 2005). Malgré ces investissements réalisés, le déficit en eau est particulièrement marqué à cause d'extensions sauvages de nouvelles plantations qui empêchent de résorber le déficit dès que de nouveaux forages sont créés, en particulier sur la presqu'île<sup>1</sup> de Kébili (Kassab, 1980). Les extensions privées se sont principalement faites à la faveur de nouveaux forages considérés comme illicites et sont particulièrement nombreuses dans le Nefzaoua (7 000 ha). Les extensions à la périphérie des anciennes oasis se sont faites progressivement et sont de l'ordre de 1 000 ha dans le Nefzaoua (Kassab, 1996). La réalisation par l'Etat des forages profonds pour réduire le déficit en eau des anciennes oasis va permettre de détourner une partie de l'eau vers de nouvelles terres et l'irrigation de nouvelles plantations. Le tour d'eau ancestral se voit largement perturbé par ce processus. La réhabilitation des anciennes oasis a aussi été à l'origine d'une nouvelle différenciation sociale. Ceux qui disposent de revenus non agricoles ont réussi à investir et à entreprendre des extensions. En revanche, ceux qui ont peu de ressources possèdent de petites exploitations ou sont situés au centre de l'ancienne oasis ont du mal à s'adapter. C'est désormais dans le cadre de stratégies familiales de diversification des ressources et de pluriactivité que la reconduction d'une agriculture familiale rentable peut être assurée. Ces oasis sont de plus localement confrontées à une salinité élevée des eaux d'irrigation et à des manifestations d'engorgement et de salinité des oasis situées à proximité du Chott El Djérid, souvent accentuées par la faible efficacité des systèmes de drainage.

Dans les oasis anciennes, les règles collectives et les comportements individuels ne paraissent plus en mesure de garantir une productivité élevée de la terre et des eaux. Dans cette communication, les principales contraintes et les dysfonctionnements seront tout d'abord identifiés, sur la base des informations disponibles complétées par des enquêtes et des entretiens auprès des agriculteurs du périmètre oasien de Fatnassa Nord. On s'attachera ensuite à analyser les interactions et les relations de causalité entre les différents facteurs identifiés, et à comprendre les perceptions et logiques d'action des agriculteurs. Ces informations serviront ultérieurement de base pour la réalisation d'un diagnostic détaillé du fonctionnement, la réalisation d'un modèle conceptuel de fonctionnement et le développement de méthodes d'accompagnement des acteurs locaux pour une gestion durable de ce périmètre oasien.

## **Matériels et Méthodes**

### **Présentation de la zone d'étude**

#### **Localisation géographique**

L'oasis de Fatnassa Nord est située à 9 km à l'ouest de la localité de Souk Lahad du Gouvernorat de Kébili (33°,8 N ; 8°,7 E). Elle est limitée au nord-est par le village de Fatnassa, à l'ouest par Chott El Djérid et au sud par l'oasis de Fatnassa Sud (figure 1).

#### **Ressources en eau et milieu physique**

L'oasis de Fatnassa Nord est actuellement alimentée par trois sources d'eau : un forage artésien au niveau du Continental intercalaire (CI) : le CI14 et deux forages au niveau du Complexe terminal (CT) : le forage de Taourgha (T) et le forage de Fatnassa 2 (F2). Le forage de Taourgha (profondeur : 54 m) s'est substitué en 1942 à la source artésienne progressivement tarie ; le pompage installé en 1987 débite 90 l/s avec une salinité de 3,9 g/l. Le débit de ce forage est divisé à moitié entre l'oasis de Bechri et l'oasis de Fatnassa. Le forage de Fatnassa 2 (profondeur : 91 m) débite 50 l/s avec un RS=3,6 g/l. Initialement utilisé pour l'irrigation d'un groupe de parcelles situées au nord de l'oasis, il a été intégré au réseau collectif en 1991 avant l'installation du pompage en 1994. Le CI14, mis en place en 1992, est à une profondeur de 2 500 m et la salinité de l'eau est de 2,36 g/l. Ce forage est artésien, l'eau atteint la surface à une pression de 20 bars et une température de 71 °C. Le forage débite un débit maximum de 100 l/s, 80 % du débit est acheminé vers un refroidisseur permettant de baisser la température à 45°C. Les 20 % restants du débit sont valorisés au niveau des serres pour la production de cultures maraîchères en primeur, puis rejetée vers un bassin de stockage. La connexion de ces rejets au réseau collectif est programmée en 2007.

---

<sup>1</sup> Ainsi appelée en raison de la forme topographique de l'oasis qui s'avance au milieu du Chott El Djérid.

Le sol de l'oasis de Fatnassa Nord est de texture sableuse à sablo-limoneuse avec une capacité de rétention et une réserve utile en eau très faibles. Le taux de gypse excède généralement 40 % (STUDI et BRL, 1999). La circulation de l'eau et la présence d'une nappe salée peuvent favoriser la genèse de formations gypseuses (croûtes gypseuses de nappe ou encroûtement gypseux de nappe) difficilement pénétrables par les racines du palmier (El Fekih et Pouget, 1966).

La nappe superficielle a été créée par l'irrigation. Elle est salée et très proche de la surface surtout en période hivernale. Sa profondeur moyenne varie de  $0,80 \pm 0,24$  m en hiver avec un maximum au mois de février, à  $1,06 \pm 0,40$  m en été (Ben Aissa, 2006). L'apport hivernal excédentaire des eaux d'irrigation (SAPI, 2005), mais aussi la nature du sol (capacité de transfert élevée et une capacité de rétention en eau faible), accentuent la réalimentation de la nappe. De ce fait, sa réponse à l'irrigation est immédiate par contre, son tarissement est plus lent (Ben Aissa, 2006). La topographie de l'oasis et sa situation géographique en bordure du Chott limitent l'efficacité du drainage, naturel ou artificiel.

### **Réseau de distribution d'eau et gestion de l'irrigation**

L'oasis de Fatnassa Nord est desservie par un réseau collectif d'irrigation permettant d'acheminer l'eau des trois points de captage (CI14, T et F2) jusqu'à l'entrée des parcelles. Le réseau d'irrigation est constitué d'un réseau primaire permettant d'acheminer gravitairement dans des conduites souterraines : l'eau du forage CI14 refroidie à 45 °C et celle pompée au niveau des deux forages, vers le partiteur. Au niveau du partiteur, l'eau mélangée est également partagée entre Fatnassa Nord et Fatnassa Sud pour desservir les 214 ha officiellement aménagés. L'oasis de Fatnassa Nord est alimentée par un réseau secondaire constitué de trois conduites souterraines (les antennes A1, A2 et A3) partant du partiteur. Chaque antenne alimente un secteur et un ensemble de bornes d'irrigation. Chaque îlot de parcelles est alimenté par un réseau tertiaire de canaux bétonnés à ciel ouvert (les seguias) qui acheminent l'eau jusqu'à l'entrée de parcelles, parfois complété par des conduites souterraines en PVC. Cet aménagement de l'oasis en réseau d'irrigation tertiaire « amélioré » a été effectué en 2001 dans le cadre du projet Apios (figure 2). Dans la parcelle, le réseau de distribution d'eau est confectionné par l'irrigant selon principalement trois types de systèmes :

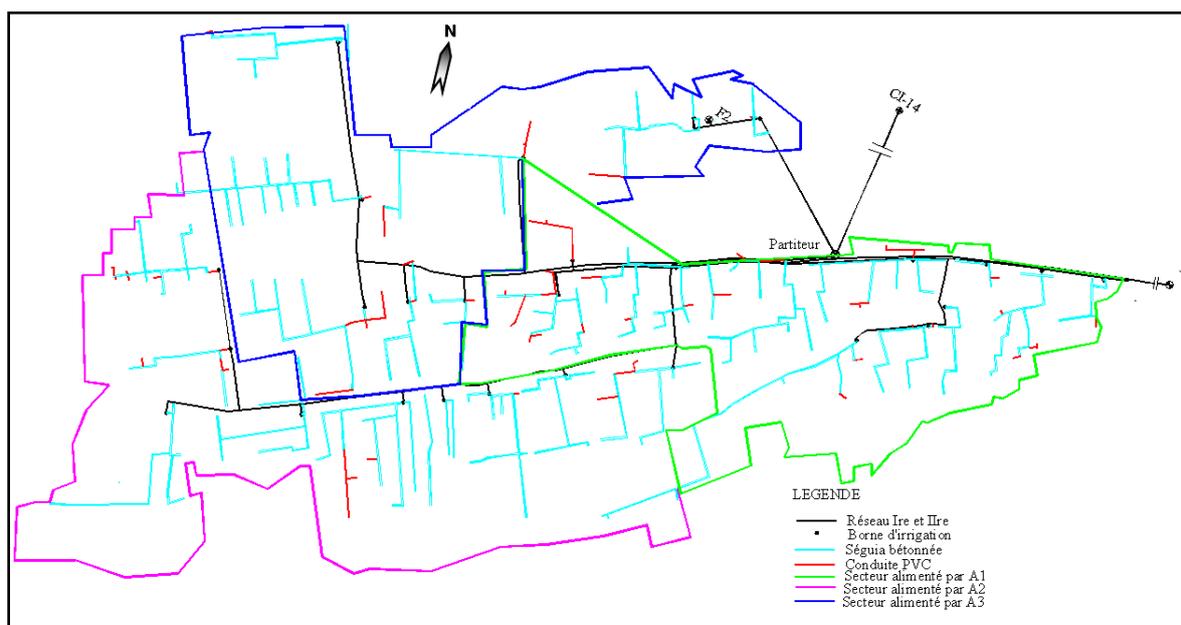
- le système traditionnel organisé en cuvettes et planches alimentées par une séguia principale en terre ;
- le système amélioré où des conduites en PVC acheminent l'eau d'une planche à l'autre, et
- le système en calant sous forme de larges bandes entre les palmiers.

L'irrigation de l'oasis est organisée en rotation suivant un tour d'eau au sein de chacune des 3 antennes d'irrigation. Les irrigants disposent successivement de la totalité de la main d'eau pour une durée théorique déterminée en fonction de la surface. Suite à l'amélioration de l'efficacité du réseau tertiaire dans le cadre du projet APIOS, cette durée théorique est passée de 14 h à 11 h 20 mn par hectare. En 2005, ce droit est passé à 10 h/ha après l'intégration officielle d'une dizaine d'hectares au tour d'eau. Actuellement, la règle théorique est un droit d'eau de 10 h/ha et un tour d'eau d'environ 21 jours.

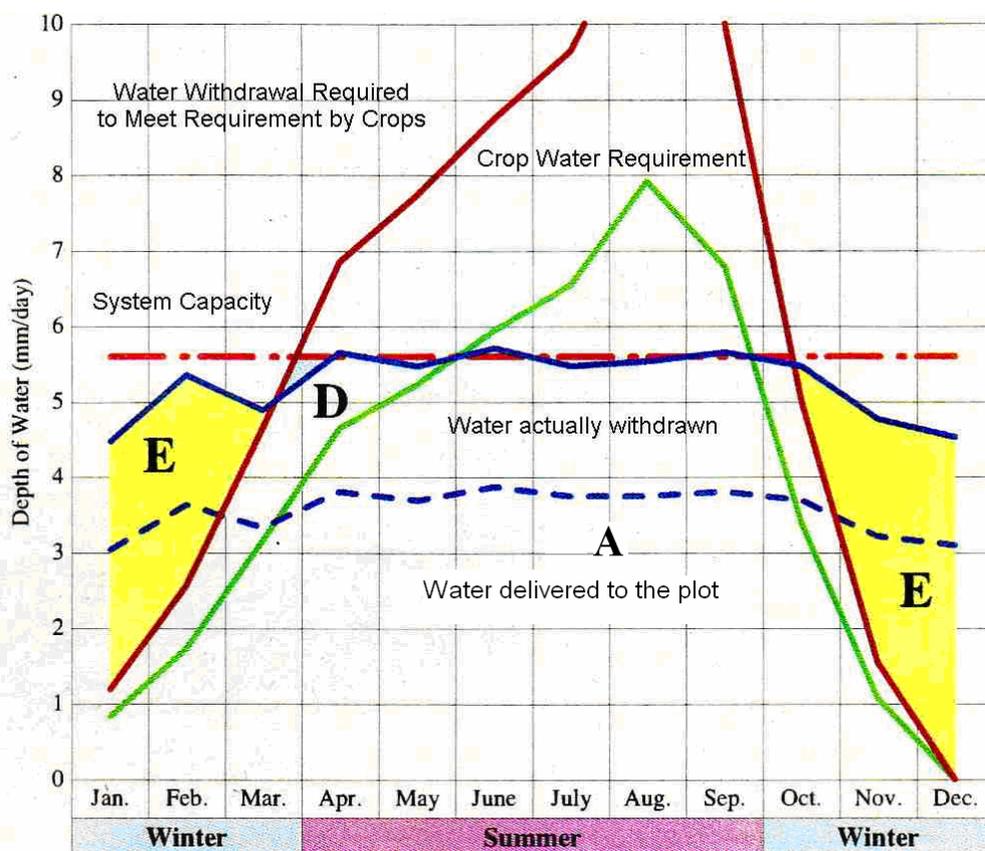
En période estivale, tout le réseau d'irrigation fonctionne à sa capacité maximale d'environ 165 l/s. Toutefois, pour éviter le tarif le plus élevé pratiqué par la Société tunisienne d'électricité et de gaz durant la période de pointe de consommation d'électricité située entre 19h et 23h en été, l'eau des deux forages au niveau du CT n'est pompée que 20 h sur 24, soit un débit fictif continu de 0,64 l/s/ha ou une lame d'eau brute maximale de 5,53 mm/j. Les capacités du réseau ne permettent pas de satisfaire les besoins de pointe des cultures et le taux de satisfaction des besoins en eau est estimé à 69,7 % sur l'ensemble de la période estivale, la partie (A) observée sur la figure 3, d'avril à septembre inclus (SAPI, 2005). Seulement 19 h/j sont facturées et l'heure de pompage additionnelle sert pour la mise en eau du réseau. L'eau du forage artésien CI14 alimente en continu le réseau d'irrigation.

En période hivernale, l'eau est distribuée à la demande des irrigants. Le gestionnaire est amené à adapter la fourniture d'eau en réduisant la durée des pompages ; en fermant l'un des forages ; et/ou en n'alimentant qu'une partie des antennes d'irrigation. Les travaux d'entretien du réseau sont programmés à cette période, en particulier le détartrage de la conduite du CI14. Sur l'oasis de Fatnassa, les capacités du réseau sont surexploitées pendant la saison hivernale, sur la partie (E) observée sur la figure 3 (SAPI, 2005).

Sur l'oasis de Fatnassa Nord, le projet de rénovation et de création d'oasis de Nefzaoua a identifié 396 parcelles élémentaires numérotées de 1 à 396 sur une superficie de 136 hectares (CNEA *et al.*, 1984). Mais, en raison d'une disponibilité en eau insuffisante et de plantations irrégulières du palmier dattier, seulement 90 ha ont été retenus pour être irrigués par le réseau collectif (CNEA *et al.*, 1987).



**Figure 2.** Le réseau collectif d'alimentation en eau d'irrigation de l'oasis de Fatnassa Nord.



**Figure 3.** Caractéristiques de l'irrigation à Fatnassa Nord, capacité du système, apports en eau en hiver et été par rapport au besoin du palmier (SAPI, 2005).

Suite à l'intervention du projet APIOS et l'amélioration de l'étanchéité du réseau de distribution de l'eau d'irrigation, une dizaine d'hectares a été intégrée officiellement au tour d'eau. Le parcellaire actuel identifie officiellement 467 parcelles réparties sur 112 ha. Ces parcelles sont inscrites au niveau du Groupement d'intérêt collectif (GIC) sur le rôle précisant la surface, le propriétaire et la durée théorique d'irrigation.

La gestion du réseau d'irrigation et du tour d'eau est assurée par le GIC de Fatnassa en collaboration avec le Commissariat régional au développement agricole (CRDA). L'aiguadier, payé par le GIC, manœuvre les bornes selon le tour d'eau planifié pour distribuer les différentes mains d'eau, relève les durées d'irrigation pour chaque irrigant et les transmet au GIC. L'eau est payée à l'heure d'irrigation et le tarif varie suivant la saison et la main d'eau, mais aussi en fonction de la durée de pompage. L'eau provenant seulement du CI14, lors de l'arrêt des pompes des deux CT, est gratuite. La facturation des heures d'irrigation est assurée par le GIC et les recettes collectées doivent couvrir les frais de pompage et de refroidissement, la maintenance et l'entretien du réseau collectif et les salaires des employés (pompistes, aiguadier, comptable...).

### **Aménagement de l'oasis en réseau de drainage**

L'oasis de Fatnassa Nord était drainée par l'ensemble formé par un réseau d'émissaires à ciel ouvert et un fossé central qui prenait son origine de la source de Taourgha jusqu'au Chott. Cet ensemble, orienté dans le sens de la pente, acheminait les eaux de drainage vers le Chott. Il demandait un entretien régulier, d'autant plus que le terrain présente un dénivelé faible vers l'exutoire et les berges présentent une grande instabilité (matériaux sableux). Compte tenu des difficultés d'entretien régulier des fossés de drainage et de l'hydromorphie, le système de drainage à ciel ouvert a été remplacé par un système complètement enterré depuis 2001 lors des travaux de modernisation des oasis du sud (projet APIOS). Ce système est composé d'un ensemble de drains (tubes perforés en PVC) disposés de part et d'autre de trois collecteurs débouchant dans des canaux à ciel ouvert qui acheminent les eaux vers l'exutoire.

Les interventions du GIC et du CRDA se limitent désormais à l'entretien du réseau à ciel ouvert en aval de l'oasis. L'évaluation du système de drainage enterré au cours de l'évaluation du projet APIOS en 2005 (SAPI, 2005) a montré l'existence de phénomènes de colmatage des drains qui s'ajoutent aux difficultés d'évacuation des eaux vers le Chott.

### **La mise en valeur de l'aménagement**

En raison d'une demande forte à l'exportation, la variété Deglet Ennour est dominante sur l'oasis de Fatnassa malgré ses besoins en eau élevés et sa sensibilité aux maladies et à l'hydromorphie (Ferry, 1996). Plusieurs variétés sont présentes : Deglet Ennour, Allig, Fazzani et Besser Helou qui est une variété précoce. La précocité de la variété Deglet Ennour et la coïncidence de la récolte avec le Ramadan favorisent actuellement un prix de vente élevé, les dattes sont commercialisées soit sur pied, soit après récolte puis vendues à des collecteurs (Gendre *et al.*, 2007). Pour la vente sur pied, l'estimation du prix de la production est basée sur la variété Deglet Ennour. Les dattes sont triées et classées en différentes qualités. Les déchets sont utilisés comme aliments pour le bétail. Le périmètre produit aussi un peu de fourrage pour alimenter le « petit » cheptel associé à l'activité oasienne. La strate moyenne d'arbres fruitiers a dégénéré, à l'exception de quelques pieds de grenadiers, d'oliviers et de figuiers dans les parcelles non loin du village.

Les exploitations ont des tailles très variables. Elles peuvent être composées d'une partie de la parcelle élémentaire à 10 parcelles élémentaires de surfaces variables. Le mode de faire-valoir est diversifié et complexe. Les propriétaires peuvent être des hommes ou des femmes. Des parcelles peuvent avoir plusieurs propriétaires qui sont généralement des frères soit parce qu'ils ont choisi de travailler ensemble leur propriété, soit à cause de difficultés de partage de l'héritage.

Les pratiques agricoles s'étalent sur toute l'année agricole avec des périodes de pointe où de la main-d'œuvre occasionnelle peut être employée. Elles concernent : l'irrigation périodique des parcelles, la préparation du sol de la récolte jusqu'à la fin du printemps, la pollinisation au cours du mois d'avril, la récolte d'octobre à novembre, et l'entretien du palmier (coupe des palmes sèches) juste après la récolte. Le travail du sol consiste en un grand labour, suivi du nettoyage de la parcelle des mauvaises herbes et d'un apport de sable et de fumier, puis du nivellement du terrain et de la confection du système d'irrigation. Le travail du sol est généralement accompagné par le semis de l'orge et de la luzerne.

### **Méthode**

Sur le plan méthodologique, le diagnostic et l'analyse du fonctionnement de l'oasis de Fatnassa Nord comprennent deux étapes. La première étape consiste à étudier le tour d'eau sur la base du suivi journalier des durées d'irrigation réalisé par le GIC pour ses besoins propres de facturation. Cette étude

du tour d'eau est complétée par des investigations de terrain pour la réactualisation et la validation des plans cartographiques de l'aménagement préexistants La perception des contraintes a été abordée sous forme d'entretiens et d'enquêtes auprès des agriculteurs, accompagnés d'observations directes sur le terrain. Dans un deuxième temps nous avons procédé à l'analyse de l'information sous forme d'un arbre des problèmes.

### **Tour d'eau et parcellaire**

Les données relatives au tour d'eau pour l'année agricole décembre 2005 - novembre 2006 ont été consultées. Les fiches de suivi journalier des irrigations disponibles au niveau du GIC sont classées par date et subdivisées par antennes d'irrigation. Chaque colonne renferme des noms et les durées correspondantes. Le nom peut correspondre au propriétaire ou à l'irrigant de la parcelle. Un nom peut se retrouver sur deux ou trois, et même plus, fiches correspondant à des dates successives.

Un travail de terrain a été conjointement engagé pour identifier et délimiter la parcelle ou l'ensemble de parcelles plantées correspondant à la durée relevée par l'aiguadier. Il s'agit donc de relier la parcelle à un nom, une date et une durée d'irrigation au niveau des fiches de suivi. Ce travail nous a amenés à adopter les définitions suivantes.

- La parcelle hydraulique peut être définie comme la propriété desservie par la même séguia et dont la date d'irrigation relevée par l'aiguadier lui correspond. Sa surface peut aller d'une partie de la parcelle élémentaire à plusieurs parcelles élémentaires, juxtaposées ou non.
- La parcelle abandonnée correspond à une partie de la parcelle élémentaire ou plusieurs parcelles élémentaires juxtaposées. Elle n'est pas irriguée durant l'année agricole 2005/06.

Chaque parcelle identifiée, hydraulique ou abandonnée, a été validée sur le plan parcellaire disponible (CNEA *et al.*, 1984) et l'information a été organisée sous forme d'une base de données géoréférencées. Dans ce travail, seules les dates des irrigations ont été exploitées. Cette représentation servira aussi pour analyser la dynamique du foncier et décrire son état actuel.

### **Perception des contraintes et pratiques des agriculteurs**

Les contraintes marquent les esprits des agriculteurs et se manifestent dans leurs réactions vis-à-vis des contraintes (Blümling et Pahl-Wostl, 2004). Ces réactions se manifestent dans les solutions et les pratiques culturales adoptées pour minimiser l'impact des contraintes sur la productivité des exploitations. En effet, les agriculteurs adoptent des pratiques et des comportements qui sont le résultat d'une recherche continue d'adaptation avec le milieu même s'ils n'arrivent pas parfois à les justifier. Lors des entretiens individuels, l'accent a été mis sur leur perception des contraintes liées à l'irrigation, au milieu physique et à l'environnement d'une part, et les moyens adoptés pour y remédier, de l'autre part.

En fonction de critères simples de différenciation entre les exploitations (surface, nombre de parcelles, secteur d'appartenance à l'aménagement...), un échantillon de 25 agriculteurs sélectionnés. Un guide d'entretien a été préparé à partir de questions d'entrée, par thème et destinées à guider l'entretien, à engager la discussion, puis à relancer en cas de besoin, mais aussi de donner une grande liberté d'expression à l'interlocuteur (van der Schans et Lempérière, 2006). Ces questions sont en relation avec l'histoire de l'exploitation, le système de production, les pratiques culturales, le tour d'eau, les contraintes du milieu... De nouvelles questions peuvent se poser au cours de l'entretien pour approfondir la discussion. Au cours, des entretiens, les agriculteurs ont montré une connaissance étonnément précise, cohérente et surtout partagée de la situation de l'oasis ce qui nous a conduit à l'interruption des enquêtes après un nombre relativement restreint d'entretiens (12). Des entretiens complémentaires avec les autorités locales (GIC et CRDA) ont été réalisés pour comprendre et compléter les informations recueillies sur la base d'entretiens individuels avec les agriculteurs.

### **L'arbre des problèmes**

L'arbre des problèmes est un outil d'analyse visuelle d'un problème existant permettant d'identifier ses causes et ses effets, mais aussi d'explicitier les relations entre-eux. De même, il permet d'identifier celles qui ont le plus de poids afin de formuler des objectifs de réalisation et de planifier des actions (Callens et Seiffert, 2003 ; Anyaegbunam *et al.*, 2004 ; Jeppesen, 2007)

Selon Davies (2003), la construction de l'arbre des problèmes consiste en l'identification d'un problème central (le tronc). Il s'agit ensuite d'identifier toutes les conséquences directes ou indirectes du problème central (les branches), puis d'identifier les causes du problème qui lui sont directement ou indirectement liées à travers d'autres causes (les racines). Chacune des causes peut être considérée comme un problème à part (Davies 2003 ; Anyaegbunam *et al.*, 2004). Pour identifier ces causes il suffit de répondre à la question : Pourquoi ? (Anyaegbunam *et al.*, 2004 ; Renger & Titcomb, 2002). Pour la hiérarchisation des causes, il s'agit de se poser la question « Pour une cause majeure (X), quels sont les facteurs (Y) qui induisent (X)?, puis quels sont les facteurs qui induisent (Y) ?... » (Weiss *et al.*, 2000). Au-delà du cinquième niveau de hiérarchisation, la relation de causalité perd sa pertinence (CGIAR, 2006).

La méthode d'arbre des problèmes a été adaptée à la situation de l'oasis de Fatnassa Nord afin de mettre en relation et d'analyser les problèmes majeurs et leurs effets sur la performance des systèmes de culture. Une question centrale a été identifiée. Puis, les principales causes qui influencent cette question ont été identifiées, hiérarchisées, puis représentées. De même les effets ont été identifiés, hiérarchisés et représentés. Enfin, les principales interactions entre les causes et entre les causes et les effets ont été identifiées et représentées. Pour valider l'existence de chaque racine et de chaque branche, chaque cause a été transformée en objectif de réalisation permettant de résoudre le problème.

## **Identification des dysfonctionnements et des contraintes et de leur perception par les agriculteurs**

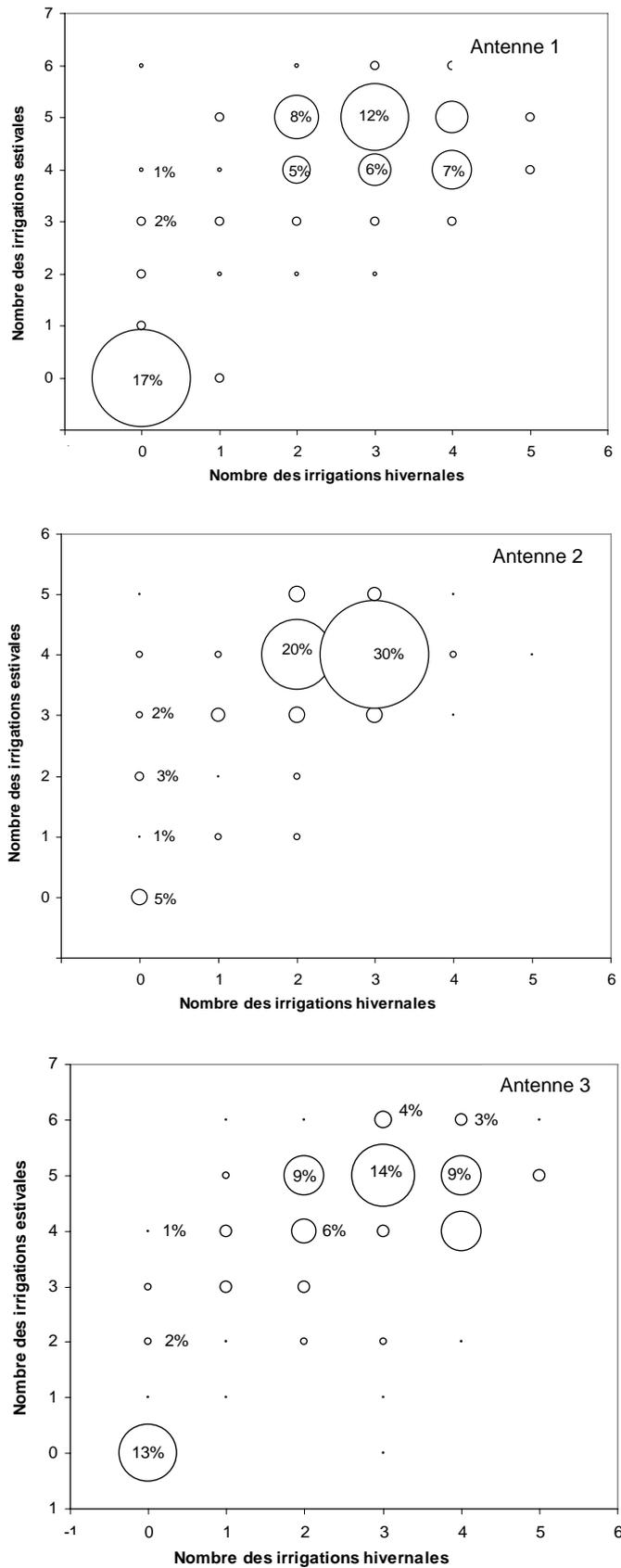
Les dysfonctionnements dans la gestion du périmètre oasien de Fatnassa et les contraintes du milieu sont multiples et interagissent fortement entre elles.

### **Dysfonctionnements du tour d'eau**

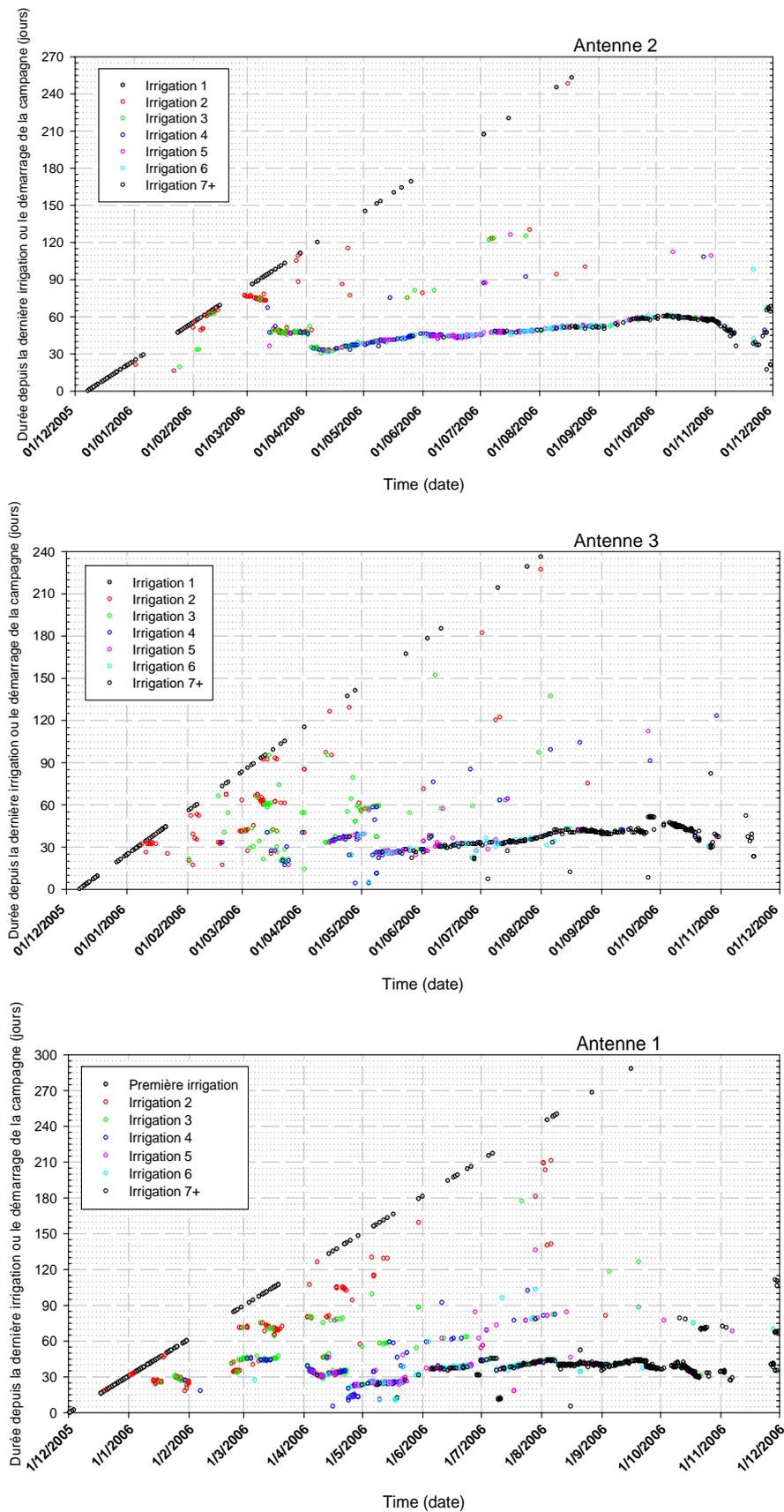
La durée de retour du tour d'eau était de 15 jours, son allongement progressif « à partir des années 1970 a provoqué la disparition des cultures maraîchères de la strate herbacée ». L'analyse de l'information sur le tour d'eau révèle que près de 13 % des parcelles n'ont pas été irriguées pendant la saison 2005/2006 (62 parcelles sur 488). L'examen de la distribution de ces parcelles par antenne (figure 4) montre que la majorité de ces parcelles sont situées sur l'antenne A1. Sur un effectif total de 242 parcelles, 17 % (40 parcelles) n'étaient pas irriguées pendant l'année d'étude. Vient ensuite l'antenne A3 avec une proportion de 13 % (15 parcelles sur un total de 118), et l'antenne A2 avec 5 % (7 parcelles) sur un effectif de 128 parcelles.

Sur chacune des antennes, la durée entre deux irrigations a été calculée et son évolution sur l'année a été représentée en fonction de la date de la deuxième irrigation (figure 5). Le nombre d'irrigations par parcelle a été, également, calculé pour l'ensemble de l'année et les saisons hivernales et estivales. La figure 4 illustre cette information. Les allures des nuages de points montrent qu'au cours de la période hivernale décembre 2005 jusqu'au mois d'avril 2006, la durée entre chaque irrigation est variable et généralement élevée (30 à 90 jours) sur l'ensemble des trois antennes. Elle est aussi marquée par des périodes d'arrêt correspondant à l'interruption totale du pompage ou à la répartition entre les antennes d'un débit plus faible lorsqu'une seule pompe fonctionne. Pendant cette période hivernale, environ 12 % des parcelles de l'antenne 1, 9 % de l'antenne 2 et 6 % de l'antenne 3 ne sont jamais irriguées. Le comportement médian est de 3 irrigations sur chaque antenne, mais le nombre moyen d'irrigation s'avère plus élevé sur l'antenne 3 (2,7) que sur l'antenne 1 (2,6) et l'antenne 2 (2,2). On notera également qu'un tour d'eau semble s'organiser plus nettement sur l'antenne 2.

La période estivale est marquée par la mise en place d'un tour d'eau régulier dont la durée se matérialise sous la forme d'une courbe enveloppant les plus faibles durées d'irrigation pour chaque antenne. La durée de retour du tour d'eau augmente progressivement au cours de la campagne, puis décroît avant l'interruption des irrigations qui précèdent la récolte. Sur les antennes 1 et 3, la durée est initialement de moins de 30 jours pour atteindre un maximum de 45 jours au cœur de l'été et permet de pratiquer 4 et 4,3 irrigations respectivement. Sur l'antenne 2, la durée de retour du tour d'eau est sensiblement plus élevée et varie de 30 à 60 jours, ne permettant que 3,7 irrigations en moyenne. Le tour d'eau autorise la pratique de 5, voire 6 irrigations au cours de la saison sur les antennes 1 et 3, mais seulement une de moins sur l'antenne 2. Mais plus de la moitié des parcelles de l'antenne 1, encore 45 % des parcelles de l'antenne 3, mais seulement moins de 30 % des parcelles de l'antenne 2 sautent au moins un tour d'eau ; cela se matérialise alors par des durées doubles, voire triples ou quadruples entre deux irrigations successives.



**Figure 4.** Classement des parcelles selon les fréquences d'irrigations hivernales et estivales sur les trois antennes d'alimentation de l'oasis de Fatnassa Nord.



**Figure 5.** Evolution des durées entre les irrigations pour l'année agricole 05/06 sur les trois antennes d'alimentation de l'oasis de Fatnassa Nord.

Les durées excessives de retour du tour d'eau en période estivale peuvent induire un stress hydrique au niveau des systèmes de cultures. C'est au niveau de la strate fourragère que se manifeste en premier lieu le manque d'eau : « l'orge et la luzerne deviennent jaunâtres puis flétrissent après 15 à 20 jours de la dernière date d'irrigation ». A plus long terme : « les palmes changent de forme puis deviennent fines et cassantes après 3 à 4 mois d'un stress cumulé ». Les cultures maraîchères « ont complètement disparu à cause de l'allongement progressif du tour d'eau ».

Pour faire face à la durée excessive de retour du tour d'eau en période estivale, mais aussi faire face aux besoins d'irrigation des extensions, certains agriculteurs recherchent une source d'irrigation complémentaire, même de qualité médiocre : un forage illicite dans la nappe du CT ; des pompages au niveau de puits de surface, de fosses peu profondes creusées dans la nappe superficielle ou des regards de drainage après bouchage du collecteur en aval. La plupart augmentent la durée des irrigations afin de : (i) parvenir à irriguer leur parcelle en raison de la forte infiltrabilité du sol, d'un débit insuffisant ou d'une maîtrise insuffisante de la lame d'eau ; (ii) tenter de limiter les effets de l'allongement du tour d'eau par l'apport de doses massives ; ou (iii) tenter parfois de bénéficier de l'eau gratuite du C114 lors de la mise en arrêt journalier des deux forages. D'autres agriculteurs ont choisi d'adopter des systèmes de distribution plus économes en eau (réseau quaternaire de conduites en PVC ; irrigation par calant), et confirment son efficacité quant à la réduction de la durée d'irrigation. D'autres restent hésitants quant à l'adoption de ce système en raison de l'insécurité de retour du tour d'eau mais aussi parce que le « système traditionnel leur paraît plus favorable pour le développement du palmier ».

Tous les agriculteurs connaissent parfaitement la durée théorique allouée à chacune de leurs parcelles. Mais ils n'acceptent pas cette contrainte en raison de la durée du tour d'eau et des dysfonctionnements techniques fréquents qui touchent le système d'irrigation. Certains agriculteurs mettent en cause l'extension continue des surfaces irriguées mais aussi la conduite des irrigations des autres en relation avec le mauvais entretien de la parcelle et la faible implication de l'exploitant dans les irrigations (absentéisme, pluriactivité, mode de faire-valoir indirect).

## **Le foncier**

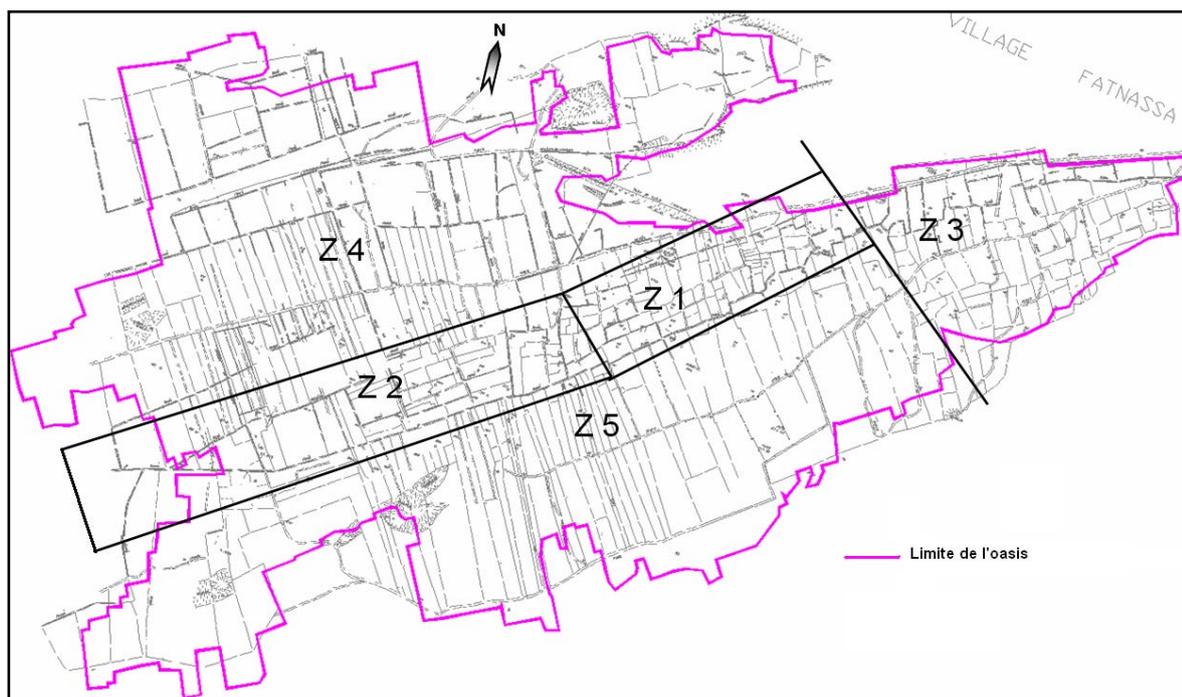
L'oasis de Fatnassa Nord connaît une dynamique foncière continue qui est à l'origine de la mosaïque actuelle du parcellaire (figure 6). Cette dynamique est essentiellement liée à deux phénomènes simultanés de morcellement et d'extension des surfaces irriguées.

Le morcellement est la conséquence d'héritages successifs. L'abandon provisoire de nombreuses parcelles est souvent la conséquence de difficultés plus ou moins marquées de sa transmission selon les grandes familles. Il est aussi dû à la subdivision des parcelles entre des associés issus de la même grande famille ou non. Les parcelles sont parfois vendues, ce qui contribue, selon les cas, à un morcellement supplémentaire ou à l'intégration des parcelles au sein d'une exploitation existante. Le morcellement peut être aussi mis en relation avec le retour des émigrés au village. Avec le développement des mouvements migratoires, au moins un membre de la famille devait rester au village pour s'occuper de l'exploitation, les émigrés lui envoyant de l'argent pour entretenir et pour agrandir l'exploitation. Après leur retraite, les émigrés sont revenus au village et ont réclamé leur part de l'exploitation.

La disparition du mode de fonctionnement selon le droit d'eau ancestral, le statut des terres qui entourent l'oasis (terres privées collectives), la sécurisation de la ressource en eau, l'abondance des revenus de l'exode, mais aussi la croissance démographique ont donné naissance à une habitude coutumière d'extension des surfaces irriguées dans la continuité des parcelles historiques. Ces extensions sont principalement entreprises par des groupes familiaux et des groupes d'associés. L'examen de la structure actuelle du parcellaire montre l'existence de cinq zones (figure 6). La partie ancienne de l'oasis (Z1) a généralement été rajeunie par la plantation de nouveaux palmiers vers les années 1920-1930 ; les variétés traditionnelles (VT) sont dominantes par rapport à Deglet Ennour (DN). Dans les années 1950 et 1960, des groupes familiaux et des groupes d'associés ont entrepris de nouvelles plantations dans la continuité de l'oasis ancienne vers le Chott (Z2) ; la Deglet Ennour se substitue progressivement aux variétés traditionnelles. La partie comprise entre l'oasis ancienne et le village (Z3) a été plantée en 1969, année de passage en domanialité des terres privées ; la variété DN devient prédominante par rapport aux VT. La création du forage artésien de Fatnassa 2 en 1975 a permis l'extension des parcelles historiques (Z1 et Z2) vers le Nord (Z4), à l'exception de celles qui n'ont pas une possibilité d'extension à cause de la présence d'une barrière physique comme les dunes ou les habitations. Depuis cette époque et jusqu'à

L'intégration du forage de Fatnassa au réseau collectif en 1991, cette zone a été irriguée sans règles précises, entraînant des tensions sur les ressources en eau et en terre. En voyant les agriculteurs du secteur nord bénéficier de nouvelles plantations, les groupes familiaux et les groupes d'associés du secteur sud (Z5) ont commencé à planter dans la continuité de leurs parcelles historiques à partir de la fin des années 1970. Les parties Z3, et dans une moindre mesure la partie historique Z1, n'ont pas pu s'étendre et ont été les principales victimes du processus de morcellement.

L'accroissement des surfaces irriguées a engendré très tôt une perturbation du tour d'eau dans les zones historiques et la partie sud de l'oasis. L'impact de cette perturbation sur la performance des exploitations est très marqué dans le secteur du sud. En effet, pour augmenter la fréquence du tour d'eau en période de pointe, les agriculteurs étaient obligés d'irriguer la parcelle historique et de délaissier les nouvelles extensions.



**Figure 6.** Historique d'évolution du parcellaire de l'oasis de Fatnassa Nord, Z1 (1920/1930), Z2 (1950/1960) Z3 (1969), Z4 (1975/2001) et Z5 (1978/2001).

Une première phase d'officialisation des groupes d'extensions a été réalisée au moment de l'intervention du projet de la Nefzaoua en 1987, et la deuxième phase avec l'amélioration de l'étanchéité du réseau tertiaire suite à l'intervention du projet APIOS. Depuis, des agriculteurs procèdent individuellement pour l'intégration de leurs extensions dans le tour d'eau auprès de l'administration ; d'autres continuent à les irriguer illicitement. L'intégration des extensions, officielles ou non, dans le tour d'eau limite ainsi la capacité du réseau d'irrigation et contribue aux dysfonctionnements du tour d'eau. Le tour d'eau théorique a été calculé sur la base d'une surface officielle de 112 ha répartis sur 467 parcelles officielles. Toutefois, la surface nette réellement desservie par le réseau collectif est près de 140 ha et l'on dénombre environ 500 propriétés (parcelles hydrauliques et parcelles abandonnées).

### Les contraintes techniques

Les dysfonctionnements du réseau d'irrigation sont très fréquents sur l'oasis de Fatnassa et peuvent toucher tout le réseau d'irrigation, des points de captage de l'eau jusqu'au réseau tertiaire. La conduite qui achemine les eaux géothermales du forage CI14 vers le partiteur s'entarte souvent. Les travaux de détartrage de cette conduite sont périodiquement programmés en hiver. Des pannes peuvent toucher les pompes. Des coupures de courant électrique alimentant les deux forages CT et le refroidisseur peuvent survenir, soit en raison de coupure du réseau, soit en cas de dépassement des délais de paiement des

factures d'électricité. Dans ces cas, seul le forage artésien continue à alimenter l'oasis. A ces contraintes conjoncturelles s'ajoute une contrainte structurelle liée aux nombreuses fuites dans les réseaux secondaires et tertiaires, plus particulièrement aux niveaux des connections entre les ouvrages bétonnés qui composent les séguis. Ces dysfonctionnements se manifestent par l'arrêt de l'approvisionnement en eau de l'oasis, par un débit faible, mais aussi par l'augmentation de la température de l'eau.

Les dysfonctionnements du système de drainage sont liés à la sensibilité des drains au colmatage minéral et organique (par les racines), d'une part, et la difficulté d'évacuation des eaux vers l'exutoire faute d'une pente suffisante, d'autre part. De plus, des agriculteurs bouchent volontairement le système afin de réutiliser l'eau de drainage comme une source d'irrigation complémentaire, notamment pour refroidir l'eau chaude pendant la nuit ou pour irriguer les extensions limitrophes de l'oasis et non raccordées au réseau collectif. La totalité des agriculteurs manifestent leur mécontentement du nouveau système enterré et favorisent l'ancien à ciel ouvert. Le dysfonctionnement a été perçu dès la deuxième année de l'installation du système. Il se manifeste par l'engorgement qui touche presque toute l'oasis à l'exception de la partie nord, plus élevée. En 2007, certains ont entrepris de recréer les anciens fossés de drainage dans leurs parcelles et de les connecter aux collecteurs enterrés.

## **Les contraintes du milieu**

La fertilité et la compacité des sols semblent être reliées à l'âge de mise en valeur du sol. Elles se manifestent dans la partie ancienne de l'aménagement par l'abandon du travail du sol ou par la faible intensité de la strate fourragère. La compacité du sol se manifeste par un « sol dur à travailler lors de l'entretien du système de distribution à la parcelle » mais aussi par une plus « faible infiltrabilité de l'eau d'irrigation ». Les agriculteurs favorisent un travail fréquent du sol et le semis des cultures fourragères sur les parcelles récentes aux dépens de celles situées au cœur de l'aménagement. Cette différenciation est parfois visible au sein de la même parcelle lorsqu'elle contient une partie dans les anciens aménagements et une dans les nouvelles plantations.

L'engorgement est très accentué dans la zone aval de l'aménagement. Il est moins accentué dans partie sud, et pratiquement absent dans sa partie nord-est. La nappe est notablement élevée dans la partie nord-ouest de l'oasis en raison du bouchage du système de drainage, mais aussi des fuites à partir du bassin de stockage des eaux rejetées par les serres. Certaines zones apparaissent localement très sensibles en raison du colmatage du système de drainage. L'engorgement est facilement perçu par les agriculteurs : « le sol reste humide même longtemps après la dernière irrigation, cette humidité est très accentuée en période hivernale ». Son impact se manifeste par un « jaunissement des feuilles du palmier dattier, principalement la variété Deglet Ennour très sensible à l'hydromorphie ». Selon la majorité des agriculteurs, l'engorgement provoque « un retard de floraison et de maturité et une baisse de rendement du palmier dattier » ; elle représente une des principales causes de « mortalité des jeunes palmiers ». Pour remédier à ce facteur, les agriculteurs apportent régulièrement (tous les 3 à 5 ans) des amendements sableux et organiques associés à un grand labour pour « favoriser le développement de nouvelles racines » dans un environnement relativement meuble et aéré, et apportent une grande dose d'irrigation en période hivernale : « les eaux vivantes chassent les eaux mortes ».

La salinité est partout présente en raison d'une salinité élevée des eaux d'irrigation depuis l'origine de la source artésienne de Taouargha. Elle se manifeste localement au niveau des parcelles par une végétation halophile qui regagne très vite le terrain si les parcelles sont négligées. Elle se manifeste aussi au niveau des extensions limitrophes du Chott par des efflorescences salines. Malgré ces manifestations, la salinité n'est pas directement appréhendée comme une contrainte majeure par les agriculteurs, notamment en raison de la tolérance du palmier dattier. Il semble aussi possible que les éventuels effets de la salinité se conjuguent avec ceux du stress hydrique et de l'engorgement et ne soient donc pas perceptibles dans le contexte actuel.

La majorité des agriculteurs entretiennent la fertilité par des apports réguliers (tous les 3 à 5 ans) de sable et de fumier associés à un labour profond. Si l'effet de cette pratique ne semble pas faire de doute, les raisons semblent plus difficiles à identifier entre les effets conjugués de l'engorgement, de la salinité, d'une baisse de la fertilité et la compaction des sols. Les agriculteurs parlent de « favoriser le développement de nouvelles racines » dans un environnement relativement meuble et aéré et d'une plus grande précocité. Certains agriculteurs réalisent des apports plus fréquents sans labour car un « labour

annuel abîme les racines du palmier et ainsi l'affaiblit ». La mise en place des fourrages est généralement associée à ces amendements.

Les eaux chaudes surviennent au moment de l'arrêt des pompes au niveau des deux forages CT qui contribuent normalement à baisser la température très élevée des eaux du CI14. Ces accidents seraient la « principale cause de disparition des arbres fruitiers de l'oasis ». Selon les témoignages, la strate des arbres fruitiers a progressivement disparu dès la deuxième année suite à la mise en marche du CI14. Aujourd'hui, il ne reste que quelques pieds d'oliviers, de grenadiers et de figuiers dispersés dans les parcelles non loin du village. Selon les agriculteurs, elles seraient aussi à l'origine de l'échec de plantations de jeunes palmiers et de la dégradation de la qualité des dattes de l'oasis de Fatnassa. Pour minimiser les effets des eaux chaudes sur la performance des systèmes de culture pendant les heures d'arrêt quotidien des pompes, les agriculteurs rejettent l'eau chaude dans le système de drainage ou dans les parcelles abandonnées ou encore refroidissent l'eau chaude en la mélangeant avec différentes sources alternatives d'eau froide provenant de pompages dans le système de drainage, la nappe superficielle (puits de surface ou fosse peu profonde) ou de forages illicites. Ils adoptent aussi parfois une pratique d'irrigation permettant de répartir le débit entre plusieurs planches pour diminuer la vitesse d'avancée de l'eau afin de la refroidir.

## **Gestion des exploitations**

L'exploitation peut être composée d'une à plusieurs parcelles hydrauliques. La proportion de propriétaires non résidents ou d'exploitants ayant d'autres activités non agricoles (pluriactivité) est très importante. Les travaux d'entretien et les irrigations sont souvent confiés à un membre de la famille du propriétaire (fils, frères, mari) ou à un salarié agricole. Même lorsque le propriétaire exploite directement ses parcelles, il ne dispose pas toujours de la disponibilité suffisante. Dans ce contexte, les plantations récentes (les plantations des années 1970) sont privilégiées aux dépens des parcelles anciennes, généralement plus petites et moins productives. Cette différenciation se manifeste surtout dans la fréquence du travail du sol et des amendements sablo-organiques. La différenciation est parfois visible au sein de la même parcelle, si elle inclut une partie dans la zone historique et le reste dans les plantations récentes.

Cette situation se manifeste par la mauvaise qualité d'entretien du système d'irrigation à la parcelle (abondance des mauvaises herbes et mauvais nivellement du système de distribution de l'eau) et le mauvais entretien du palmier (abondance des palmes sèches). Elle influence directement les performances des irrigations dont la durée tend à augmenter. Les principaux acteurs présents sur l'oasis sont les retraités, souvent anciens émigrés en France et bénéficiant d'une retraite confortable, et les salariés agricoles. Ils ont parfaitement conscience de la situation et se plaignent des dysfonctionnements qui en résultent.

## **Représentation du fonctionnement**

Les différentes informations collectées ont été synthétisées sous la forme d'un arbre des problèmes représentant les principales contraintes et dysfonctionnements et leurs effets sur la performance du périmètre oasien, mais aussi les différentes interactions (figure 7). L'oasis de Fatnassa Nord est confrontée à une dégradation des performances des systèmes de culture qui a été identifiée comme le problème central représenté. Ses principales causes sont : un déficit hydrique lié à des durées excessives de retour du tour d'eau pendant la saison estivale ; un engorgement des sols et une asphyxie racinaire, principalement pendant la saison hivernale ; une dégradation de la qualité des sols ; et l'utilisation des eaux chaudes.

### **Durée excessive du tour d'eau**

La durée excessive du tour d'eau est la conséquence de capacités insuffisantes du réseau d'irrigation pour satisfaire les besoins de pointe du périmètre pendant la saison estivale, et de la durée excessive des irrigations à l'échelle de la parcelle. Les capacités insuffisantes du réseau tiennent à l'intégration progressive des extensions nouvellement officialisées dans le tour d'eau qu'il conviendrait désormais de contenir autant que faire se peut.

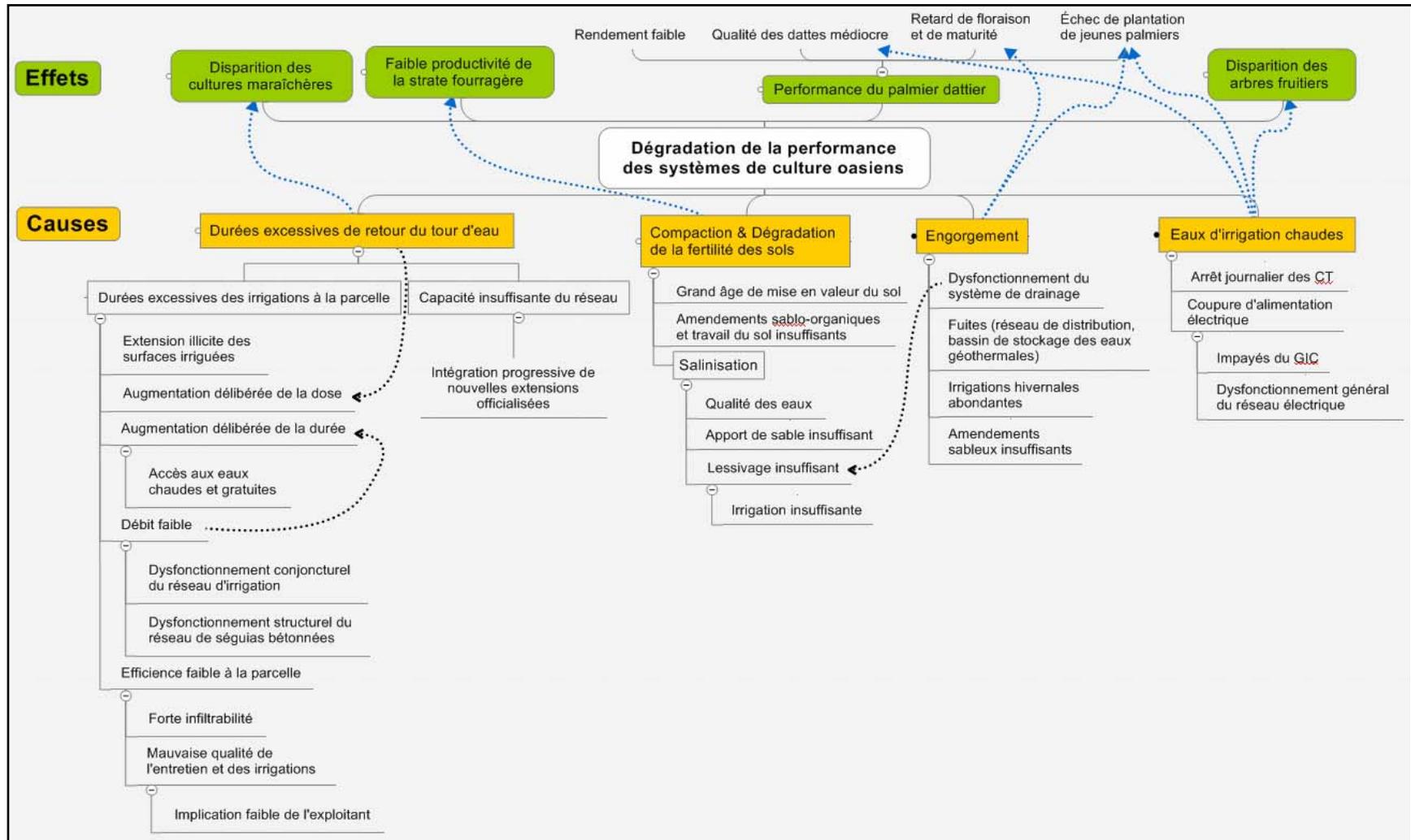


Figure 7. Dégradation de la performance de l'oasis : causes et effets.

Cette durée excessive est d'abord due à un ensemble de comportements individuels comme les comportements ci-après.

- L'extension progressive des superficies des parcelles situées en bordure de l'aménagement est une contrainte qui se manifeste notamment sur l'antenne 2 regroupant les parcelles situées sur la bordure sud de l'oasis. Dans la pratique, elle se confond avec les problèmes liés à l'intégration officielle de nouvelles extensions, car rien ne s'oppose vraiment à leur irrigation à partir du réseau d'irrigation.
- L'apport de doses brutes d'irrigation élevées et la faible efficacité des irrigations qui en résulte : les pertes par infiltration sont liées à la forte infiltrabilité des sols mais aussi à un manque d'entretien du réseau quaternaire d'irrigation et à une faible implication des irrigants qui participent à la réduction de la vitesse d'avancement de l'eau et à l'allongement de la durée d'irrigation dans la parcelle. A noter que l'apport d'amendements sableux pourrait accroître l'infiltrabilité des sols et allonger la durée des irrigations.
- L'apport de doses élevées est aussi parfois la conséquence d'un comportement délibéré de l'exploitant visant à pallier l'allongement excessif du tour d'eau qu'il contribue ainsi à aggraver. Il s'agit aussi parfois d'une attitude opportuniste lui permettant de disposer gratuitement des eaux chaudes distribuées par le réseau lors de l'arrêt quotidien des pompes.
- L'allongement de la durée des irrigations et du temps de retour du tour d'eau peut aussi être la conséquence de défaillance du système collectif d'irrigation sous l'effet de coupure d'électricité, de pannes des stations de pompage ou de fuites dans le réseau. Les effets de l'allongement de la durée de retour du tour d'eau sont multiples. Il est désormais devenu impossible de pratiquer le maraîchage. La productivité de la strate fourragère décline rapidement dès la première saison estivale suivant sa mise en place. Les rendements des palmiers dattiers et la qualité des dattes sont affectés, de même que la production des quelques arbres fruitiers restants.

## **Engorgement**

L'engorgement tient principalement au dysfonctionnement du système de drainage. La situation est amplifiée par l'existence de fuites dans le réseau d'irrigation, principalement au niveau des interconnexions des séguis bétonnées, dans le bassin de stockage des eaux géothermales, mais aussi par l'abondance des irrigations au cours de la saison hivernale.

L'asphyxie du système racinaire peut être accentuée par le non-travail du sol et le manque d'apports de sable et surtout de fumier.

Les agriculteurs sont unanimes pour considérer que l'asphyxie racinaire retarde la floraison et la récolte et réduit les rendements, notamment sur la variété sensible Deglet Ennour. L'engorgement perturberait la reprise des jeunes plants suite à la plantation.

## **Dégradation de la qualité des sols**

Parmi les différents facteurs qui composent la qualité d'un sol, les sols de l'oasis de Fatnassa semblent particulièrement sensibles à des phénomènes de compaction, de dégradation du statut organique et minéral et à la salinisation. Ces phénomènes se conjuguent sans qu'il soit vraiment possible de vérifier la prééminence d'un des facteurs, faute d'étude spécifique. La fertilité des sols semble particulièrement affectée sur les sols les plus âgés. Elle conduit à une réduction de la vigueur végétative et des rendements des fourrages et des palmiers avec un effet visible sur le développement du système racinaire et la précocité.

La salinité est principalement liée à la qualité des eaux d'irrigation. Elle varie dans l'espace en fonction de l'importance du lessivage et de la qualité du drainage, et augmente tendanciellement vers les parties aval de l'oasis caractérisées par une position superficielle de la nappe. Elle pourrait aussi être due localement à la réutilisation d'eaux de qualité médiocre. La salinité pourrait interagir avec les autres contraintes en aggravant l'effet du stress hydrique pendant la période estivale ; et en justifiant des irrigations abondantes aggravant l'engorgement pendant la période hivernale. Elle pourrait aussi jouer un rôle dans la dégradation des sols, justifiant la pratique régulière d'amendements sableux par les agriculteurs.

## Eaux chaudes

Les eaux chaudes surviennent au moment de l'arrêt journalier des deux forages CT mais aussi en cas d'arrêts des pompes en raison de coupures de l'alimentation en courant électrique ou de pannes. Si les arrêts planifiés sont relativement bien maîtrisés par les agriculteurs, les arrêts imprévus sont à l'origine d'une mortalité importante des arbres fruitiers ou des jeunes palmiers, comme elles sont la principale cause de dégradation de la qualité des dattes.

## Conclusion

Ce travail constitue un effort de diagnostic et d'analyse du fonctionnement d'un périmètre oasien sous la dépendance d'un ensemble de contraintes physiques et de dysfonctionnements liés aux pratiques et comportements individuels face à une gestion collective de l'aménagement. Des données quantitatives relatives au tour d'eau sont utilisées conjointement avec des enquêtes auprès des agriculteurs pour effectuer cette analyse. Le fonctionnement du périmètre a ensuite été décrit sous la forme d'un arbre des problèmes permettant de synthétiser les principales causes et les principaux effets de ces contraintes sur les performances des systèmes de culture.

L'analyse de données a permis de mettre en évidence la durée excessive de retour du tour d'eau qui limite les possibilités d'intensification et les performances des systèmes de culture basés sur le palmier dattier. Ces dysfonctionnements sont essentiellement la conséquence de pratiques inadaptées des agriculteurs, caractérisées par une extension continue des superficies irriguées à la périphérie de l'oasis, la mauvaise qualité de l'entretien des parcelles et de la conduite des irrigations résultant d'une implication limitée de propriétaires non résidents ou pluriactifs, et parfois l'allongement délibéré de la durée et de la dose d'irrigation en réaction aux contraintes imposées par le tour d'eau.

L'identification des contraintes, perceptions et réactions des agriculteurs révèle que les effets de la dégradation de la qualité des terres ou des dysfonctionnements du système de drainage et de l'engorgement sont facilement perçus par les agriculteurs qui tentent de s'y adapter par la pratique d'amendements sablo-organiques associés au travail du sol. La température élevée de l'eau d'irrigation provoque la mortalité de certains jeunes palmiers et la disparition progressive de la strate arbustive. A l'inverse, les effets d'une salinité partout présente et depuis longtemps ne sont pas directement appréhendés, notamment en raison de la tolérance du palmier dattier. Les effets éventuels de la salinité apparaissent masqués par les autres contraintes avec lesquels elle interagit : en accentuant l'effet du stress hydrique pendant la période estivale, en favorisant la dégradation des sols et en aggravant l'engorgement par des irrigations abondantes pendant la période hivernale.

La représentation des principales contraintes et dysfonctionnement de l'oasis sous forme d'un arbre des problèmes a permis de les hiérarchiser et de mettre en évidence leurs effets. La dégradation des performances des systèmes de culture a été identifiée comme le problème central représenté. Ses principales causes sont un déficit hydrique lié à des durées excessives du tour d'eau pendant la saison estivale, un engorgement des sols et une asphyxie racinaire, principalement pendant la saison hivernale, une dégradation de la qualité des sols et l'utilisation des eaux chaudes.

## Références bibliographiques

ANYAEBUNAM C., MEFALOPULOS P. AND MOETSABI T., 2004. Participatory Rural Communication Appraisal, Starting with the People. FAO.  
[online] URL <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/008/y5793e/y5793e00.pdf> (dernier accès février 2007)

BELHEDI A., 1998. Stratégies et contre-stratégies aux prises des problèmes de développement à Souk Lahad (Nefzaoua). *In* Les oasis au Maghreb, Mise en valeur et développement, Cahiers du CERES, Série Géographique, 12 : 229-246.

BEN AISSA I., 2006. Evaluation de la performance d'un réseau de drainage enterré au sein d'une oasis modernisée du sud tunisien : cas de l'oasis de Fatnassa- Nord à Kébili, Tunisie. Mémoire de fin d'étude du Master recherche, Université Montpellier II, 108 p.

BROCHIER-PUIG J., 2001. De la complexité de la signature sociale des paysages « oasiens », Un produit, une filière, un territoire, Charlery De La Sablière B. (sous la dir. de), Université de Toulouse, 2001, 10 p.

- BLÜMLING B., PAHL-WOSTL C., 2004. Summary of empirical results and a proposal for the initiation capacity building workshops in the Doukkala. *In* Modernisation de l'agriculture irriguée, Actes du séminaire Euro-Méditerranéen, 19-23 avril 2004, Rabat, Maroc, tome 2, p. 226-234.
- BOU ALI S., 1990. L'homme et l'oasis : démographie, migrations, emploi dans les systèmes oasiens, étude de cas dans le Jérid et le Nefzaoua. *Options Méditerranéennes, Série A. Séminaires méditerranéens*, 11 : 277-288.
- CALLENS K., SEIFFERT B., 2003. Participatory Appraisal of Nutrition and Household Food Security Situations and Planning of Interventions from a Livelihoods Perspective. Methodological guide, FAO 2003. [online] UR L <http://www.fao.org/docrep/006/ad694e/ad694e07.htm> (dernier accès janvier 2007).
- CENTRE NATIONAL D'ETUDES AGRICOLES (CNEA), 1984. Agri Business Consultants et Electrowatt Ing. Conseils. Projet de rénovation et de création d'oasis dans la Nefsaoua. Oasis de Fatnassa 1, Fatnassa 2, Bechri et Zaouiet el Anez, Avant projet, 45 p.
- CENTRE NATIONAL D'ETUDES AGRICOLES (CNEA), 1987. Agri Business Consultants et Electrowatt Ing. Conseils. Projet de rénovation et de création d'oasis dans la Nefsaoua. Oasis de Fatnassa 1, Fatnassa 2 et Bechri, Projet d'exécution, 12 p.
- CONSULTATIVE GROUP ON INTERNATIONAL AGRICULTURAL RESEARCH (CGIAR) Challenge Program on Water and Food. Medium term plan 2007-2009. 2006.
- DAVIES R., 2003. Network Perspectives In The Evaluation of Development Interventions : More Than A Metaphor. EDAIS Conference : New Directions in Impact Assessment for Development : Methods and Practice, November 24-25.
- EL FEKIH M, POUGET M., 1966. Les sols des oasis anciennes du sud tunisien. Conférences sur les sols méditerranéen, 1966, Madrid 12-17 septembre.
- FERRY M., 1996. La crise du secteur phoenicole dans les pays méditerranéens. Quelles recherches pour y répondre ? *In* Le palmier- dattier dans l'agriculture d'oasis des pays méditerranéens, CIHEAM/Estacion Phoenix, A/28, p. 129- 156.
- GENDRE L., Le GAL P.-Y. RHOUMA A., 2007. Organisation de la chaîne d'approvisionnement de la datte tunisienne. Rapport CIRAD, SIRMA, CRRAO.
- JEPPESEN G. Overview of the Integrated coastal zone management (ICZM) Project. [online] UR L <http://www.iczm.sabah.gov.my/Reports/Sandakan %201/mst-Overview.html> (dernier accès février 2007).
- KASSAB A., 1980. Problèmes des oasis tunisiennes. Faculté des lettres et sciences humaines de Tunis 2e série : Géographie VI : 391-412.
- KASSAH A., 1996. Les oasis tunisiennes : aménagement hydro-agricole et développement en zone aride. Faculté des lettres et sciences humaines de Tunis 13e série, Géographie, 346 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE, CRDA de Kébili, 2005. Le Rôle des oasis de Fatnassa Nord et Fatnassa Sud. Disponible en arabe.
- RENGER R. and TITCOMB A., 2002. A Tree-Step Approach to Teaching Logic Models. *American Journal of Evaluation*, 23 (4) : 493-503.
- SELMIS S., SAI M.B., 1998. La gestion collective de l'eau d'irrigation en Tunisie. Particularités des Associations d'intérêts collectifs des oasis. *Science et changements planétaires. Sécheresse*, 9 (2) : 111-115.
- SPECIAL ASSISTANCE FOR PROJECT IMPLEMENT (SAPI) 2005. Irrigation perimeters improvement project in oasis in South Tunisia. Final report.
- STUDI, BRL Ingénierie, 1999. Projet d'amélioration des périmètres irrigués dans les oasis du Sud. Projet de Kébili. Première tranche, phase I, volume 2, oasis de Fatnassa. Edition définitive, 21 p.
- Van DER SCHANS M.L., LEMPERIERE P., 2006. Manual Participatory Rapid Diagnosis and Action Planning for Irrigated Agricultural Systems (PRDA). IPTRID, IWMI, FAO.
- WEISS W.M., BOLTON P., SHANKAR A.V., 2000. Rapid Assessment Procedures (RAP): Addressing the Perceived Needs of Refugees & Internally Displaced Persons Through Participatory Learning and Action. 2000, Section III. [online] URL <http://www.reliefweb.int/library/documents/2000/johns-rap3-sep00.pdf> (dernier accès février 2007).