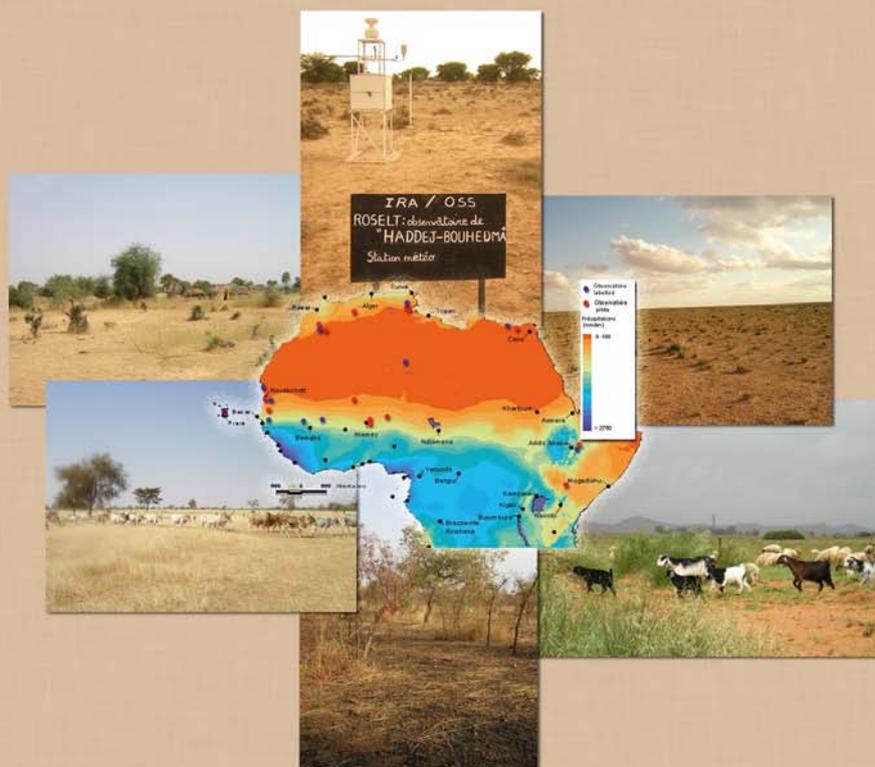


LA SURVEILLANCE À LONG TERME EN RÉSEAU CIRCUM-SAHARIEN : L'EXPÉRIENCE ROSELT/OSS



Collection Synthèse

n° 3

**LA SURVEILLANCE À LONG TERME
EN RÉSEAU CIRCUM-SAHARIEN :
L'EXPÉRIENCE RoseIt/OSS**

Tunis, 2008

Collection Synthèse

- N° 1 Système aquifère du sahara septentrional (Algérie, Tunisie, Libye) : gestion commune d'un bassin transfrontalier
- N° 2 Système aquifère d'Iullemeden (Mali, Niger, Nigeria) : gestion concertée des ressources en eau partagées d'un aquifère transfrontalier sahélien
- N°3 La surveillance à long terme en réseau circum-saharien : l'expérience Roselt/OSS

Copyright © Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS), 2008

La surveillance à long terme en réseau circum-saharien : l'expérience Roselt/Ahmed Aïdoud. _
Collection Synthèse n° 3. _ OSS : Tunis, 2008. _ 100 pp.

ISBN : 978-9973-856-33-3

Photos de la couverture : Sandrine Jauffret

●●● REMERCIEMENTS

Ce document a été réalisé sous la supervision de Youba Sokona, Secrétaire exécutif de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) et de Sandrine Jauffret, membre du programme Environnement et coordinatrice du réseau Roselt/OSS à l'OSS. M. Ahmed Aïdoud (Université de Rennes) en est l'auteur principal.

Ce document émane du travail très conséquent mené par l'OSS, en partenariat avec les équipes Roselt de l'Algérie, du Cap Vert, de l'Égypte, du Kenya, du Mali, du Maroc, de la Mauritanie, du Niger, du Sénégal et de la Tunisie.

L'IRD, Institut de Recherche pour le Développement, le CIRAD, Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement et l'INSAH, Institut National du Sahel ont coordonné scientifiquement le réseau de 2000 à 2005.

La présente version de ce document a bénéficié des relectures et avis de Mélanie Requier-Desjardins, Mourad Briki, Al Hamdou Dorsouma, Nabil Ben Khatra et Issa Aboubacar (respectivement coordinatrice et membres du programme Environnement).

Nous sommes redevables à Tharouet Elamri, qui a efficacement contribué à la relecture et à la clarté de ce texte, et à Olfa Othman dont les efforts de maquette et de mise en page ont permis que vous ayez entre les mains un document agréable à lire et à consulter.

Ce document a été réalisé grâce au soutien financier de la DDC Suisse, Direction du Développement et de la Coopération du Département Fédéral des Affaires Étrangères Suisse.

Que tous trouvent en ce travail, le fruit de leur franche collaboration.

●●● **SOMMAIRE**

INTRODUCTION	7
Caractéristiques générales des Observatoires	11
1- Cadre général	11
2- Les Observatoires d'Afrique du Nord	15
3- Les Observatoires d'Afrique de l'Ouest	21
SYNTHÈSE ET DISCUSSION	27
1- Surveillance à long terme : approche et paramètres surveillés	27
2- Principales tendances écologiques et socio-économiques en Afrique du Nord et en Afrique de l'Ouest	29
3- Gestion des données et Produits d'aide à la décision (PAD)	53
4- Les acquis scientifiques	63
5- Quelques orientations et perspectives	70
BIBLIOGRAPHIE	77
ANNEXES	89
PARTENAIRES DU RÉSEAU Roselt/OSS	99

●●● INTRODUCTION

Le Réseau d'observatoires de surveillance écologique à long terme (Roselt) de l'Observatoire du Sahara et du Sahel (OSS) est un outil qui a été conçu comme un trait d'union entre les pays où la désertification constitue une préoccupation majeure nécessitant la mobilisation synergique des potentiels scientifiques et techniques et des savoir-faire afin de tenter d'enrayer, de freiner ou du moins, de mieux maîtriser les mécanismes de ce phénomène. La définition de « désertification », retenue ici, est celle de la Convention des Nations unies de lutte contre la désertification (UNCCD) : « ... le terme 'désertification' désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et sub-humides sèches par suite de divers facteurs, parmi lesquels les variations climatiques et les activités humaines ».

Les écosystèmes et agro-systèmes de la zone aride circum-saharienne sont parmi les plus menacés, ce qui explique la place prioritaire que tient l'Afrique dans la Convention des Nations unies de lutte contre la désertification. Les contraintes subies par ces systèmes sont d'abord naturelles et leurs manifestations premières sont l'aridité et la variabilité du climat. Elles sont également anthropiques à travers une exploitation des ressources, ancienne et sans restitution, dans un contexte socio-économique défavorable, marqué par la croissance de la démographie et des besoins. Un ensemble de facteurs qui créent des conditions écologiques, sociales ou économiques nouvelles, auxquelles les modes de gestion traditionnels répondent de moins en moins efficacement. Dans l'ensemble des débats et controverses concernant la désertification, un seul constat fait pratiquement l'unanimité : un réel déclin des ressources naturelles qui met en péril les bases productives des écosystèmes et agro-systèmes et leur reproductibilité.

Les nombreuses actions de développement agro-pastoral dans ces systèmes ont été vouées à l'échec. Parmi les principales raisons avancées, figure l'insuffisance des connaissances environnementales et des bases techniques et

théoriques nécessaires à l'orientation des actions d'aménagement et de réhabilitation de ces systèmes.

Le Réseau d'observatoires de surveillance écologique à long terme (Roselt) de l'OSS a été conçu comme un ensemble initiateur d'outils de surveillance environnementale sur plusieurs décennies en vue de détecter les changements, d'évaluer la nature et l'importance, d'analyser en particulier les mécanismes et les effets de la dégradation des ressources naturelles et par suite de fournir les indicateurs biophysiques et socio-économiques pertinents et les outils de diagnostic et d'aide à la décision. Il doit pour cela fonctionner comme une plate-forme interdisciplinaire permettant de favoriser le partage des expériences, la généralisation et l'harmonisation des concepts et méthodes pour la collecte, le traitement, la gestion et l'analyse des données. Il se veut également une approche pour de nouvelles méthodes de travail incluant la collaboration entre les équipes de recherche, la circulation des connaissances et la dissémination des résultats, la finalité étant la lutte contre la désertification prise comme un problème environnemental de dimension transdisciplinaire et transfrontalière.

Roselt/OSS constitue une contribution à la mise en œuvre de la CCD (Convention des Nations unies de lutte contre la désertification) en particulier à travers les plans d'action nationaux et sous-régionaux (PAN et PASR), en collaboration avec des organismes et des programmes internationaux. Ses produits sont préparés en vue de fournir aux gestionnaires et aux décideurs et acteurs du développement, les informations nécessaires sur l'état de l'environnement et les indicateurs-clés d'identification et d'interprétation des risques de désertification dans le temps et l'espace.

Suite à la création en 1992 de l'Observatoire du Sahara et du Sahel qui prévoyait d'emblée dans ses programmes principaux, la mise en place du réseau Roselt/OSS, une quinzaine d'observatoires ou groupes d'observatoires ont été pressentis par les pays composant la zone OSS. Les phases par lesquelles sont passés les observatoires considérés dans cette synthèse, peuvent être résumées comme suit :

- labellisation des observatoires en 1994 qui consistait, suite à une évaluation, à être admis parmi les territoires à pertinence scientifique (disponibilité de travaux antérieurs) environnementale et socio-économique (représentativité) en rapport avec les problématiques et les objectifs du Roselt/OSS et de l'OSS ;
- le choix effectif d'observatoires dits pilotes pour une première phase de mise en route et d'application des recommandations Roselt/OSS, notamment la

mise au point d'un état des lieux monographique (1996-97). Ces observatoires sont ceux d'El Omayed (Egypte), Haddej-Bou Hedma (Tunisie) et de Oued Mird (Maroc).

- L'entrée effective en fonctionnement de ces trois observatoires s'est effectuée en 1998.
- En 2001, suite à la constitution du consortium scientifique INSAH, CIRAD et IRD, ce dernier ayant la position d'opérateur régional, de nouveaux observatoires sont entrés en fonctionnement pour une phase se clôturant en 2005. Ce sont ceux de Menzel Habib (Tunisie), des Steppes des hautes plaines du Sud oranais (Algérie), d'Issougui (Maroc), de Nouakchott (Mauritanie), de Ribeira-Seca (Cap-Vert), de Bourem-Bamba (Mali), de Torodi-Tondikandia-Dantiantou (Niger) et du Ferlo (Sénégal).

La désertification est la problématique fondamentale de tous les observatoires. Ces manifestations sont cependant différentes ou nuancées selon les caractéristiques du milieu, l'histoire des usages, les mutations socio-économiques récentes et actuelles propres à chaque site : sécheresses récurrentes et plus ou moins durables, sédentarisation et pression d'exploitation s'accroissant sur les parcours et les agro-systèmes. Tous ces facteurs agissent en interactions complexes dont les tendances à long-terme sont loin d'être établies.

L'objectif de cette synthèse est :

- de dresser un bilan des travaux réalisés dans les observatoires, soit à travers les résultats obtenus directement par la surveillance continue engagée sur une durée plus ou moins longue selon les observatoires, soit à travers la valorisation des données et connaissances capitalisées dans ces différents espaces ;
- de distinguer les tendances éventuelles qui semblent émerger du suivi biophysique et socio-économique et les produits d'aide à la décision qui en découlent ;
- d'établir, à la lumière des travaux réalisés, une synthèse critique des activités des observatoires afin de tenter de dégager des orientations pour assurer leur pérennité et leur renforcement.

●●● CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES DES OBSERVATOIRES

Dans ce chapitre, nous présentons le cadre général dans lequel se situent les observatoires et leurs caractéristiques écologiques et socio-économiques principales. Les fiches observatoires détaillées et les tableaux synthétiques présentant les principales caractéristiques écologiques et socio-économiques seront renvoyés en annexes 1 et 2.

1- Cadre général

La liste des observatoires et leurs caractéristiques générales (superficie, principaux systèmes et usages) sont données dans le tableau 1.

Pays	Observatoire	Superficie (103 ha)	Ecosystèmes dominants	Usages dominants
Algérie	Steppes des hautes plaines du Sud oranais	400	Steppes et agrosystèmes	Céréaliculture pastoralisme
Egypte	El Omayed	100	Steppes et agrosystèmes	Arboriculture, céréaliculture, pastoralisme
Maroc	Oued Mird et Issougui	600 123	Steppes et savane claire Agrosystèmes	Arboriculture, céréaliculture, pastoralisme
Tunisie	Haddej-Bou Hedma Menzel Habib	16.5 190	Steppes et savane claire Agrosystèmes	Arboriculture, céréaliculture, pastoralisme
Cap Vert	Ribeira Seca	22	Systèmes agroforestiers	Cultures pluviales, cultures irriguées
Mali	Cercle de Bourem : zone-test de Bamba	50	Savane très claire et agrosystèmes sahéliens	Systèmes pastoraux, cultures de décrue, cultures irriguées, pêche
Mauritanie	Nouakchott*	40	Ecosystèmes Péri-urbain dégradé	Ecosystèmes côtiers ; systèmes pastoraux
Niger	Torodi - Tondikandia - Dantiaidou	69.8 - 40 486	Savane claire et agrosystèmes sahéliens	Cultures pluviales et irriguées, systèmes pastoraux
Sénégal	Ferlo	2 600	Savane claire et agrosystèmes sahéliens	Cultures pluviales, systèmes pastoraux

* * partiellement ou non traités dans le présent document

Tableau 1 : Caractéristiques générales des observatoires : superficie, écosystèmes et usages dominants

Au plan climatique, le dénominateur commun aux observatoires est l'aridité climatique représentée, en première approximation, par un intervalle de pluviométrie annuelle (P) allant de 110 mm à Ouarzazate à 550 mm à Niamey (fig. 1). Cette aridité (s.l.) peut être déclinée en sous-zones : semi-aride correspondant à la tranche pluviométrique 400-600 mm (ou à l'indice d'aridité P/ETP de 0.20 à 0.45) ; aride (s.s.) avec P de 100 à 400 mm (P/ETP de 0.05-0.20). Cependant, le régime pluviométrique distingue, par rapport au Sahara, les observatoires à régime méditerranéen au nord de ceux du Sahel, à régime tropical, au sud.

Les observatoires de régime méditerranéen se placent essentiellement, selon la classification d'Emberger, dans l'étage méditerranéen aride. L'étage méditerranéen semi-aride apparaît comme exceptionnel. Il s'agit de reliefs : c'est le cas de la station d'El Bayadh (Algérie), qui s'impose plus par l'altitude (environ 1 300 m) que par la latitude. La différence d'altitude explique en grande partie celle des températures dont les valeurs basses (ex. : moyenne m des minima du mois le plus froid) peuvent compenser la faiblesse des pluies dans le climagramme. La différence notable entre ces observatoires est marquée par les hauteurs pluviométriques annuelles allant de moins 100 mm (observatoire de Oued Mird) à plus de 300 mm dans des stations du Sud-Oranais. La répartition inter-saisonnière des pluies, bimodale en Méditerranée occidentale, est uni-modale au Proche-Orient (cas de la station d'Alexandrie).

Les observatoires de régime tropical représentent une gamme variée de climats. Les situations sous climat tropical sahélien s'échelonnent de la transition saharosahélienne (Nouakchott) à la transition soudano-sahélienne des observatoires du Ferlo (Sénégal) et autour de Niamey (bouquet Torodi-Dantiandou-Tondikandia, Niger). Ceux de Ribeira Seca (Cap Vert), de Bamba-Bourem (Mali) se situent sous climat sahélien s.s. La répartition des pluies est uni-modale, avec une saison humide concentrée généralement sur 2 à 4 mois, centrée en général sur le mois d'août.

Le climat aride, méditerranéen ou tropical, est marqué par une importante variabilité interannuelle inversement proportionnelle à la hauteur des pluies. Le coefficient de variation interannuelle de la pluviométrie annuelle moyenne P est de l'ordre de 30 à 60 % pour l'ensemble des observatoires, cette variabilité étant toutefois plus importante dans le cas des distributions pluviométriques bimodales.

Cette importante variabilité fait osciller, d'une année à l'autre, les isohyètes sur de grandes étendues, leur attribuant, ainsi qu'aux sous-zones climatiques qu'ils délimitent, une valeur indicative. Pour Hiernaux et le Houérou (2006), cette délimitation est néanmoins une expression bioclimatique, illustrée par une

certaine concordance avec la répartition de certaines espèces végétales. L'isohyète 600 mm marque, en zone intertropicale, la limite nord de nombreuses espèces de savanes soudaniennes ; à l'opposé, l'isohyète 100 mm correspond à la limite sud des espèces pérennes telles que *Stipagrostis pungens*, *Retama raetam* et *Ziziphus lotus*, se développant dans le Sahara et dans les steppes arides méditerranéennes. Pour Le Houérou (1995), la variabilité des pluies, elle-même, peut expliquer certaines limites de végétation, tel le passage entre végétation forestière et végétation steppique dans le nord du Sahara par exemple.

La variabilité plus grande du climat diminue les possibilités de certaines cultures, les rendant plus aléatoires. C'est ainsi que pour des conditions analogues de pluviométrie, certaines cultures pluviales peuvent être pratiquées plus régulièrement au Sahel et au Proche-Orient qu'au Maghreb soumis à une pluviométrie plus variable.

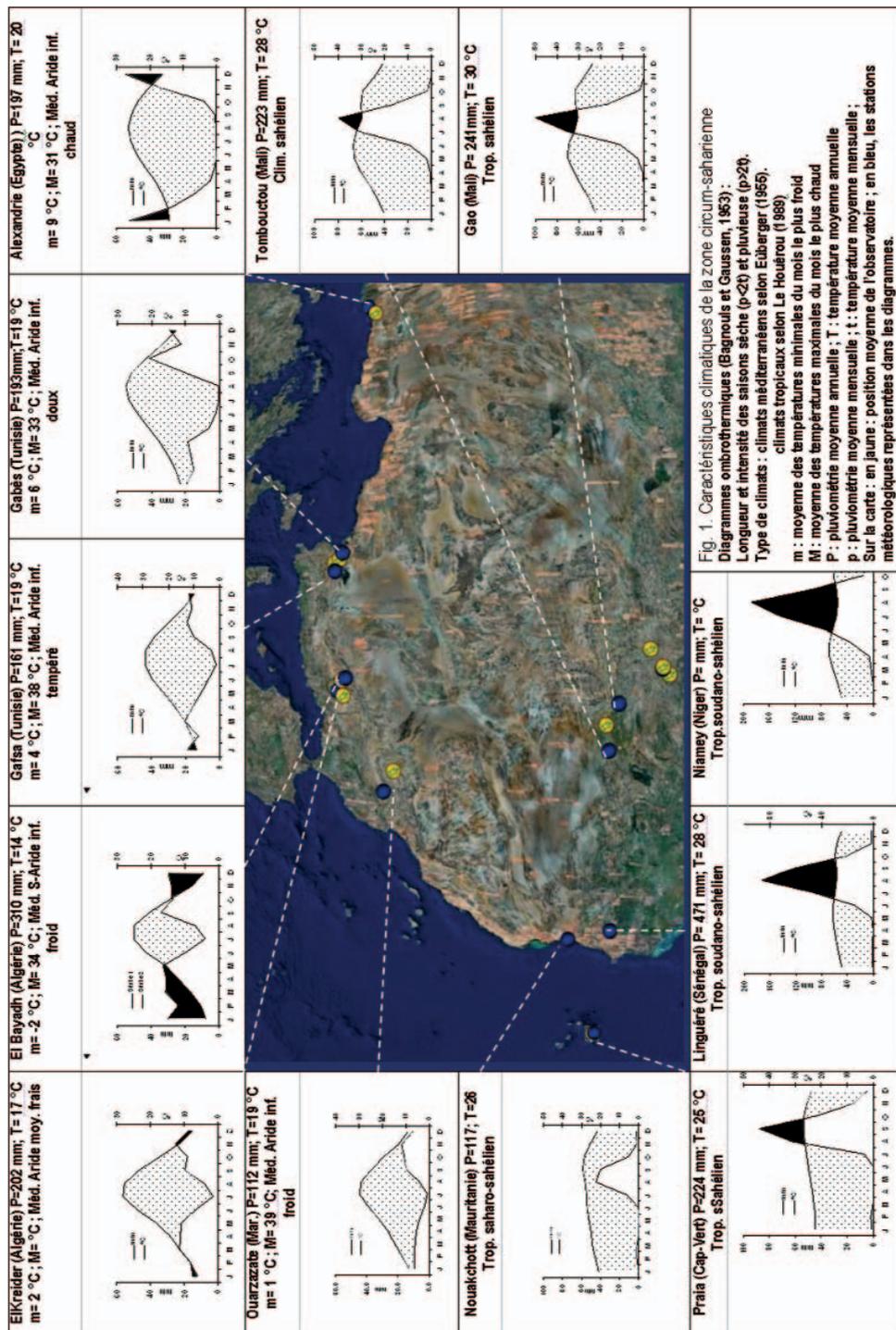


Fig. 1. Caractéristiques climatiques de la zone circum-saharienne
 Diagrammes ombrothermiques (Bagnouls et Gaussen, 1963) :
 Longueur et intensité des saisons sèche (p>2t) et pluvieuse (p>2t).
 Type de climats : climats méditerranéens selon Eüberger (1966).
 climats tropicaux selon Le Houérou (1969)
 m : moyenne des températures minimales du mois le plus froid
 M : moyenne des températures maximales du mois le plus chaud
 P : pluviométrie moyenne annuelle ; T : température moyenne annuelle
 p : pluviométrie moyenne mensuelle ; t : température moyenne mensuelle ;
 Sur la carte : en jaune : position moyenne de l'observatoire ; en bleu, les stations
 météorologiques représentées dans les diagrammes.

2- Les Observatoires d'Afrique du Nord

Les observatoires nord-sahariens traduisent les trois grands ensembles géographiques de la zone aride. Le plus étendu représente les « plaines » qu'elles soient Hautes Plaines en Algérie (Observatoire du Sud-Oranais) ou Basses Plaines méridionales en Tunisie (Observatoires de Haddej-Bou Hedma et de Menzel Habib). Le deuxième correspond aux systèmes de piémonts, de montagnes et de collines des chaînes atlasiques (observatoires de Oued Mird et d'Issougui). Le troisième ensemble est celui des milieux arides littoraux telle la frange côtière allant de la Jeffara en Tunisie à la Marmarique en Egypte où elle est représentée par l'observatoire d'El Omayed.

Le climat est méditerranéen aride. Les faibles pluies sont irrégulières et surviennent durant les saisons les plus froides entre l'automne et le printemps avec un régime uni- ou bimodal. A l'aridité et l'irrégularité, s'ajoute la violence des pluies s'abattant, le plus souvent, sous forme d'averses. Ce climat sous-régional est marqué par une saison estivale sèche et chaude, plus ou moins longue en fonction du degré d'aridité, parfois accompagnée de vents desséchants de secteur sud. Cette période sèche détermine la majorité des traits biologiques de la végétation et de la faune. La sécheresse, déficit hydrique par rapport à la « normale », dont la durée peut s'étendre d'une saison à plusieurs années, se surajoute à l'aridité. Un déficit pluviométrique, qui a persisté pendant 2 à 3 ans, a ainsi affecté l'ensemble des observatoires nord-sahariens durant les années 2000.

Les observatoires d'Algérie et du Maroc sont marqués par une certaine continentalité qui se traduit par des amplitudes thermiques importantes exprimées essentiellement par des minima interdisant certaines productions agricoles. L'ouverture sur la mer et la faible altitude des observatoires de Tunisie et d'Egypte déterminent une certaine clémence et augmentent l'humidité relative de l'air.

Dans ces deux ensembles oro-topographiques et géomorphologiques, il convient de distinguer les situations édaphiques de glacis à sol squelettique sur croûte, souvent héritées du quaternaire ancien, des situations plus ou moins dépressionnaires à sol profonds datées du quaternaire moyen à récent.

2.1- Observatoire de Haddej-Bou Hedma (Tunisie)

L'observatoire Roselt/OSS de Haddej-Bou Hedma est situé dans les Basses Plaines méridionales de la Tunisie (Le Houérou, 1959). Il couvre un territoire de 75 000 ha intégrant le parc de Haddej-Bou Hedma et la réserve de la biosphère MAB/Unesco de Bou Hedma. La présence de peuplements relictuels d'*Acacia raddiana* menacés d'éradication a guidé en grande partie la labellisation de cet

observatoire au sein du réseau Roselt/OSS. La végétation spontanée autochtone plus étendue et dont l'*Acacia raddiana* formait une strate arborée à arbustive haute (Boudy, 1950 ; Le Houérou 1959 et 1969, Le Floc'h et Grouzis, 2003), se limite aujourd'hui aux piedmonts sud du Bou Hedma et au Bled Talah (Talah : nom local de l'*Acacia raddiana*). Ailleurs, progressivement transformée par l'homme, cette végétation a laissé place à des steppes, plus ou moins dégradées, de graminées pérennes et de chaméphytes.

Au plan climatique, l'observatoire est situé dans l'étage Aride Inférieur doux (*sensu Emberger*) avec une pluviométrie moyenne de 180 mm/an et des moyennes de températures : m (minima du mois le plus froid) de 3.9 °C et M (maxima du mois le plus chaud) de 37 °C.

La forme de relief dominante est le glacis recouvert de sols squelettiques avec une texture généralement limoneuse et un faible taux de matière organique (< 1 %). Sur les plaines les plus basses, les sols sont à texture limoneuse voire limono-argileuse. Un horizon superficiel à texture sableuse peut exister et correspond à un dépôt éolien récent. Quelques reliques de steppes à *Rhanterium suaveolens*, sur sol sableux profond, peuvent être rencontrées. Il s'agit de sierozems dont l'horizon sableux, plus ou moins tronqué par l'érosion, laisse apparaître par endroits l'horizon limoneux sous-jacent avec, souvent, une pellicule de battance en surface.

La population estimée à 15 000 habitants vit à 80 % en habitat rural dispersé à travers une trentaine de douars constituant des groupes familiaux. Les activités agricoles sont l'arboriculture et la céréaliculture pratiquées dans plusieurs parcelles dispersées. La répartition des parcelles est organisée de façon à faire bénéficier chaque exploitant des zones d'épandage d'eau, des parcours et des jessour. Ces derniers, ingénieux aménagements hydrauliques et anti-érosifs, sont le domaine des cultures de l'olivier et de l'amandier. Le blé et l'orge constituent la principale production annuelle. Les cultures irriguées, d'introduction récente, sont orientées essentiellement vers la production de petits pois et de fèves. L'élevage ovin est une activité importante dans les parcours steppiques de l'observatoire. Cet élevage est souvent associé aux activités agricoles pour permettre des revenus diversifiés aux agro-pasteurs. D'autres revenus peuvent provenir de l'artisanat ou de petits métiers de service. Le prélèvement de bois pour les besoins domestiques est encore important malgré la réglementation et l'introduction du gaz butane.

2.2- Observatoire de Menzel Habib (Tunisie)

L'observatoire de Menzel Habib est situé dans les basses plaines méridionales entre 34° 00' et 34° 20' de latitude Nord, et 9° 15' et 9° 58' de longitude Est.

Menzel Habib est une délégation rurale du gouvernorat de Gabès. Elle couvre 100 000 ha avec, en 1994, une population de 11 700 habitants regroupés en 1 818 ménages. Les travaux de surveillance, dans le cadre de Roselt/OSS, ont débuté récemment (2003-2004).

Sur le plan climatique, cet observatoire fait partie de l'étage méditerranéen aride inférieur à hiver doux avec une pluviosité annuelle moyenne de l'ordre de 150 mm. Outre la faiblesse des pluies, les autres contraintes du milieu proviennent des faibles ressources hydriques et édaphiques, les sols étant particulièrement sensibles à l'érosion et de fertilité réduite. Les principales formations végétales sont représentées par la steppe qui peut être dominée : par *Rhanterium suaveolens* sur sols sableux ; par *Arthrophytum scoparium* sur sols sablo-limoneux ; par *Artemisia campestris* ou *Haplophytum vermiculare* dans les formations post-culturelles se substituant à la steppe d'*Artemisia herba-alba*. *Gymnocarpus decander* et *Atractylis serratuloïdes* dominent sur les sols à croûte.

Au plan socio-économique, les quatre dernières décennies ont été marquées par des changements importants qui ont fondamentalement modifié le milieu, les rapports des populations à ce milieu, les usages et pratiques ainsi que les modes de vie et d'adaptation des populations locales aux conditions de milieu et à ses changements. La croissance démographique, la sédentarisation des pasteurs, la privatisation des terres, la libéralisation de l'économie, la « modernisation » de l'agriculture sont autant de facteurs de la dynamique écologique et socio-économique.

2.3- Observatoire des Hautes Plaines du Sud Oranais (Algérie)

Cet observatoire est situé dans la partie occidentale des Hautes Plaines step-piques. La superficie avoisine 1 548 000 ha et regroupe 12 communes. La récolte des données porte sur des unités administratives, de niveau communal, au nombre de trois : El Biodh (1 079 000 ha), Rogassa et Bordj El May (773 000 ha). Ces trois communes, à l'instar du reste de la steppe du Sud-Oranais, sont caractérisées par leur croissance démographique et leur urbanisation rapides : 63 % de la population en habitats agglomérés en 1988 (source Office nationale des statistiques, Algérie). Les activités demeurent cependant dominées par l'élevage ovin qui contribue à près de 80 % à l'économie locale mais l'agriculture est en nette progression.

Le climat est globalement aride avec une pluviométrie moyenne annuelle comprise entre 200 et 250 mm/an pour une altitude variant entre 1 000 et 1 100 m.

La forme de relief dominante est le glacis, surface d'érosion quaternaire plus ou moins aplanie. Les autres modelés sont les djebels, les dépressions (chott, mekmen et daya), les oueds et les accumulations sableuses diverses.

Les principaux types de sol rencontrés sur les glacis sont les sols calcimagnésiques qui, selon leur développement, vont des rendzines aux sols brun-calcaires et les sols isohumiques (sierozems), également pauvres en matière organique (généralement inférieure à 2 %). Outre ces sols nettement dominants, se rencontrent des sols minéraux bruts sur les versants et les dunes, des sols peu évolués colluviaux ou alluviaux ainsi que des sols halomorphes localisés dans les chotts et mekmens.

La description des sites pilotes est centrée sur les stations de surveillance représentant les principaux types de steppe ainsi que les contraintes et les perturbations majeures auxquelles elles sont soumises. A leur installation, les trois stations steppiques représentaient les trois principaux faciès physionomiques (tabl. 1) correspondant aux trois espèces dominantes : sparte (*Lygeum spartum*), alfa (*Stipa tenacissima*) et armoise blanche (*Artemisia herba-alba*)

L'élevage pastoral, activité principale, est en régression, n'occupant plus que le quart de la population active (donnée de 1998) contre les trois quarts en 1966. Les opérations récentes engagées pour la revalorisation de cette activité ont pratiquement toutes échouées. Le secteur de l'élevage ovin, dont 80 % environ de l'effectif national se trouvent dans la steppe, connaît actuellement de nombreuses difficultés dues essentiellement à la dégradation des ressources pastorales et à la sécheresse qui est un phénomène structurel dans ces régions.

2.4- Observatoire de Oued Mird (Maroc)

L'observatoire Roselt/OSS de Oued Mird est situé dans la province de Ouarzazate. D'une superficie de 60 000 ha, il correspond à l'échelle nationale à un SIBE (Site d'intérêt biologique et écologique). En vue d'une meilleure représentativité aux plans écologique et socio-économique, l'observatoire a été étendu au-delà des limites du SIBE, englobant deux douars. Chaque douar est une unité fonctionnelle gérée selon les règles établies par les Aït Isfoul de l'Oued Mird.

L'observatoire de Oued Mird est situé sous climat hyper-aride à hiver frais avec une pluviométrie moyenne annuelle de 71 mm/an (station de Zagora). Le territoire de l'observatoire est une transition entre le plateau du Kem Kem et les croupes du Jebel Bani de l'Anti-Atlas. Il couvre en grande partie le bassin-versant de l'Oued Mird qui couvre 1 260 km² avec une altitude variant entre 637 et 1 230 m et dont la vallée est formée de six « terrasses » quaternaires.

Les grès et quartzites du substrat géologique expliquerait l'abondance des sables dans les sols. Selon la situation géomorphologique, sont rencontrés des sols minéraux bruts et des sols peu évolués formés à partir d'alluvions qui peuvent parfois

recouvrir des sols plus anciens. Exceptées certaines conditions particulières, les sols sont de façon générale pauvres en matière organique (< 0,5 %).

La végétation est dominée, sur près des deux tiers de la superficie, par des steppes claires à *Farsetia hamiltonii* et *Fagonia zilloïdes*. Un tiers de la superficie est constitué par des peuplements d'*Acacia raddiana* en mélange avec des ligneux bas ou des herbacées.

Outre l'apport pluvial, l'irrigation des cultures utilise les ressources souterraines par le creusement de puits, au nombre de 188 en 2004. Ils sont classés en puits collectifs (rabattement supposé négligeable), puits non équipés (rabattement nul) et puits équipés (rabattement pouvant être considérable en raison du pompage dont la durée n'excède cependant pas 2 heures/jour).

L'évaluation de la diversité paysagère, selon le guide méthodologique Roselt/OSS, n'a pas été réalisée dans le détail, les principaux types d'habitats dans l'observatoire de Oued Mird peuvent être néanmoins classés en cinq grands ensembles :

- des versants à pente plus ou moins forte ;
- des glacis de faible pente, à couverture détritique et à végétation claire (couvert végétal de l'ordre de 5 %) ; ce sont des steppes pures, structurées par des arbrisseaux tels que *Hammada scoparia*, *Farsetia hamiltonii* ou *Gymnocarpos decander* ou ponctuées d'individus très clairsemés d'*Acacia raddiana* ;
- des peuplements d'*Acacia raddiana* relativement denses (couvert végétal de 20 à 30 %) qui peuvent se trouver sur glacis, sur terrasses ou dans des dépressions plus ou moins ensablées ;
- les chenaux d'oueds à *Retama retam* ;
- les milieux de cultures irriguées (maraîchage et arboriculture) qui occupent essentiellement les basses terrasses et les surfaces d'épandage.

L'exploitation pastorale s'exerce traditionnellement sur les parcours collectifs dépendant de la tribu locale. L'utilisation des parcours est relativement souple et les troupeaux ont la possibilité de quitter la vallée en cas de déficit fourrager. De même, l'accès aux parcours de Oued Mird par des troupeaux venus d'ailleurs est toléré. Avec la sédentarisation, les déplacements tendent à décliner au profit d'un élevage (dit sédentaire) qui reste certes extensif mais avec des déplacements très localisés. Actuellement les effectifs en animaux sont

de 6 100 têtes (70 % de caprins et 30 % d'ovins) dont moins de 30 % sont en élevage extensif sur parcours. L'activité agricole, pratiquée dans les terrains pouvant être irrigués, est en progression dans toute la région. Elle est principalement vivrière, et l'essentiel des revenus provient de l'activité d'élevage.

2.5- Observatoire d'Issougui (Maroc)

L'observatoire d'Issougui correspond au territoire des Aït Zekri, tribu répartie sur 2 communes rurales: Ighil N'Oumgoun au Nord et Skoura au Sud. Il est situé dans le cercle de Ouarzazate. Il s'étend du Jbel Saghro au Sud jusqu'à la province d'Azillal du Haut Atlas au Nord englobant dans sa partie centrale, la dépression de Ouarzazate. L'hydrologie est représentée par oued Skoura et ses deux affluents, Imdri et Toundout, qui permettent la formation de nappes alimentant la plus grande palmeraie du bassin versant et les vergers entre Boumalne et Kélâat Mgouna. Les précipitations moyennes annuelles passent de 300 mm en montagne à 100 mm dans les parcours du Saghro. Le climat varie ainsi du Semi-Aride froid ($m < 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) dans la partie à plus de 1 700 m à Per-Aride frais dans les basses et moyennes vallées. La tribu des Aït Zekri (plus de 7 000 habitants) fait partie de la confédération des Aït Imeghrane qui est composée de six autres tribus. Les usages des terres se répartissent essentiellement entre élevage transhumant et agriculture.

2.6- Observatoire d'El Omayed (Egypte)

L' observatoire d'El Omayed (Egypte), à environ 80 km à l'ouest de la ville d'Alexandrie, fait partie de la bande côtière, large de 15 à 30 km et s'étendant sur 500 km. D'une superficie totale de 100 000 ha, il comporte une réserve de la biosphère (du programme « Man And Biosphere » MAB/Unesco) et fait l'objet de plusieurs projets nationaux et internationaux de suivi des ressources naturelles et de leur exploitation par l'homme.

Trois ensembles morphologiques composent cet observatoire avec, du nord au sud :

- une bande formée d'alternance de crêtes calcaires et de dépressions ensablées ;
- une plaine ondulée traversée également par des crêtes calcaires ;
- les plateaux intérieurs recouverts de cailloux et voiles éoliens.

Le climat est aride ($P = 197\text{ mm}$ avec une variante hivernale chaude ($m = 9\text{ }^{\circ}\text{C}$) pour la station d'Alexandrie.

Ces ensembles abritent une végétation variée allant des formations des dunes côtières à celles des hamadas désertiques passant par celles des dépressions salées, des crêtes rocheuses, auxquelles s'entremêlent les cultures et autres végétations anthropogènes.

Les ressources en eaux souterraines sont constituées par des aquifères relativement peu profondes destinés à la consommation et par des nappes datant du crétacé au miocène, relativement abondantes, mais à teneur élevée en sels. Dans les plaines côtières, la recharge par les précipitations est importante en milieu dunaire et l'eau, de bonne qualité, sert à l'arboriculture. El Omayed a bénéficié récemment, par ailleurs, d'une adduction d'eau à partir du Nil.

Les principaux usages de la terre sont l'élevage extensif, essentiellement d'ovins et de caprins et l'activité agricole qui mobilise 15 ha en moyenne par famille et dont la plus large partie est réservée à l'arboriculture, figuier essentiellement, et le reste à la céréaliculture en sec.

3- Les Observatoires d'Afrique de l'Ouest

Les observatoires de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest appartiennent à la zone du Sahel s.l. incluant les transitions vers les domaines saharien au Nord et soudanien au Sud. Le Sahel est une entité écoclimatique et biogéographique qui se définit en première instance par son climat tropical aride à semi-aride sous le contrôle de la **mousson** du Golfe de Guinée et des alizés sahariens : l'harmattan (Hiernaux et Le Houérou, 2006). Les modelés géomorphologiques et les sols polygéniques actuels sont l'héritage de l'alternance de pulsations arides et tropicales humides durant le quaternaire (Bertrand, 1998) : des systèmes dunaires et des surfaces d'érosion issus des épisodes arides ; l'altération en profondeur des roches, le lessivage, l'acidification des sols et la migration en profondeur des oxydes ferro-alumineux et la grande diversité des systèmes alluviaux et lacustres comme héritage des phases humides. Ceci a conduit, malgré une certaine homogénéité du substrat géologique, à la constitution de sols diversifiés allant des sols sableux aux vertisols en passant par des sols limoneux issus de l'érosion fluviale (Hiernaux et Le Houérou, 2006).

La végétation dominante est la savane, dénommée également steppe. Elle est composée de deux strates prépondérantes, l'une formée de plantes herbacées, essentiellement des *Poacées*, et l'autre composée de ligneux clairsemés et plus ou moins hauts.

Plus au sud, la brousse tigrée représente la végétation typique de la transition soudano-sahélienne. Elle disparaît au nord du 15° parallèle cédant la place à la

steppe aride et au sud du 13° parallèle lorsque la végétation devient homogène. Entre ces deux situations, la brousse tigrée prend des allures diverses : typique entre 13° et 13.5°, persillée à 13° et mouchetée, ponctuée ou en rosaces, plus au sud (Ambouta, 1997).

L'usage des terres est agro-pastorale mais la première ressource est l'élevage avec une dominance de bovins (environ 60 millions) représentant en unités de bétail (UB : équivalent animal de 250 kg) 57 % du cheptel total toutes espèces confondues. Les ovins et caprins, avec 170 millions de têtes, représentent 32 % d'UB, les camelins, 8 % d'UB. La grande majorité des troupeaux est élevée sur parcours (Dicko et al., 2006). Les activités agricoles comportent des systèmes de cultures pluviales et de cultures irriguées en bordure des cours d'eau.

3.1- Observatoire de Ferlo (Sénégal)

Deux sous-territoires de l'observatoire ont été retenus : l'un dans la zone où l'activité pastorale est dominante (au nord et au centre du Ferlo) et l'autre dans la zone où l'activité est principalement agricole (au sud du Ferlo). Le sous-territoire du Ferlo-Nord a été délimité comme la zone « tampon » de 5 à 15 km autour des points d'eau : forages de Widou, de Tatki, puits de Souilène (Keur Mor Ibra). Le sous-territoire du Ferlo-Sud correspond à la communauté rurale de Ouarkhokh qui intègre Linguère et qui est concernée par les études et les cartes de base réalisées durant la phase exploratoire (1995-2000) du programme Roselt/OSS.

L'observatoire Roselt/OSS du Ferlo appartient au domaine climatique sahélien.

Le **Ferlo Nord** fait partie de la sub-zone sahélienne ss (P entre 200 et 400 mm ; Le Houérou, 1989). La mousson qui dure 3 à 4 mois concentre plus de 90 % de la pluviométrie annuelle qui est en moyenne (station de Podor) de 221 mm/an et dont près de 70 % tombent entre août et septembre. Durant environ neuf mois, domine l'harmattan chaud et sec. Les températures moyennes sont comprises entre 22,8 °C (janvier) et 32,9 °C (juin). Les maxima se situent en mai-juin, avec une légère baisse au mois d'août.

Dans le **Ferlo Sud** situé dans la sub-zone de transition soudano-sahélienne (Le Houérou, 1989), le régime pluviométrique est sud sahélien. La pluviométrie P oscille entre 330 à 490 mm et les températures entre 24 °C (janvier) et 32 à 35 °C (en juin). Pour la période 1934-2005, la moyenne pour la station de Linguère est de 440 ± 50 mm, avec un coefficient de variation de 32 %, très légèrement supérieur à la gamme de variations décrite par Le Houérou (1992). Les vents les plus forts sont de direction Nord-Est à Est et sont relevés entre janvier

et juillet alors que ceux de la saison des pluies sont généralement faibles (Ndione, 2002) et sont plutôt Sud-Ouest à Ouest.

Les ethnies dominantes sont celles des Wolofs (74 %) et des Peuhls (26 %). Ces derniers se consacrent davantage à l'élevage extensif transhumant. L'activité dominante est l'agriculture (63 % des CUE la pratiquent en tant qu'activité principale), puis l'élevage (21 %), le commerce et l'artisanat (8 %). Les activités agricoles dans le Ferlo sont rythmées par les variations saisonnières du climat. Durant juillet, au sortir de la saison sèche, débutent les opérations de semis des variétés précoces et résistantes à la sécheresse comme le mil souna, le niébé et à un degré moindre l'arachide.

La période humide qui s'étale en moyenne entre le début du mois d'août et la mi-septembre correspond à une phase de croissance active, de développement et de floraison. La baisse de la pluviosité, autour du début du mois d'octobre, annonce la saison sèche avec le retour de l'harmattan, des températures élevées et un fort taux d'évaporation. C'est la période des récoltes des différentes cultures, de l'assèchement du tapis herbacé et de la régression progressive des points d'abreuvement.

3.2- Observatoire de Ribeira Seca (Cap-Vert)

L'observatoire est situé dans le bassin versant de Ribeira Seca qui, au centre de l'île de Santiago, prend naissance au Pico de Antonia, à 1 394 m d'altitude. L'observatoire présente un relief accidenté, avec des altitudes variant entre 200 et 600 mètres. Le climat se caractérise par une saison humide de juillet à octobre, avec des précipitations torrentielles et irrégulières et une longue saison sèche de novembre à juin. Les contraintes majeures du milieu sont essentiellement l'aridité du climat de type sahélien et la sensibilité des sols à l'érosion, aggravée par les travaux du sol.

La normale (1970-2000) donne une moyenne des précipitations comprises entre 200 mm dans les zones côtières et 600 mm sur les reliefs. Une autre variation spatiale est observée en fonction de l'exposition des versants aux alizés. La température moyenne oscille entre 20 et 25 °C.

L'observatoire de Ribeira Seca appartient à la municipalité de Santa Cruz. La population du bassin versant de Ribeira Seca était de 19 299 habitants en 2000. Les activités sont essentiellement l'agriculture, l'élevage, le commerce, la pêche et la petite industrie. Les difficultés économiques proviennent de la faible capacité de production liée à la faible disponibilité en terres cultivables, la gestion traditionnelle des terres et la difficulté d'accès aux crédits.

Dans le monde rurale, la plupart des familles comportent au moins une personne émigrée ; cette émigration qui a contribué aux revenus des familles est cependant en net recul.

Le développement de l'agriculture pluviale, avec une priorité accordée à l'amélioration de la gestion de l'eau et des sols à l'échelle du bassin versant, rencontre de grandes difficultés. La pression démographique, les sécheresses récurrentes et la gestion traditionnelle des terres dont l'augmentation des surfaces cultivées apparaît comme une nécessité absolue ont pour conséquence l'emprise sur les terres marginales (zones arborisées et/ou à pente forte) et la disparition progressive de la jachère. La dégradation et la désertification progressive des terres compliquent davantage la situation des populations rurales : un « cercle vicieux dans lequel dégradation des terres et pauvreté s'alimentent mutuellement ».

3.3- Grappe d'observatoires Torodi, Dantiandou et Tondikandia (Niger)

Cet ensemble d'observatoires couvre une étendue pluviométrique allant de 650 mm de pluie annuelle moyenne (Torodi) à 400 mm dans le Tondikandia dans la zone climatique sahélienne. Les problématiques sont essentiellement liées à la pression anthropique croissante due à la croissance démographique et dans certains cas à la sédentarisation rapide. Ceci se traduit par l'emprise agricole rapide (cas de Banizoumbou-Dantiandou et de Tondikandia) et par une surexploitation des ressources telles que les ligneux, comme bois de chauffe, à Torodi et à Tondikandia.

La saison humide commence en mai et se termine en octobre mais 60 % de la pluie est concentrée en juillet et août (90 % entre juin et septembre). La température moyenne annuelle est de 29,8 °C; le maximum journalier peut atteindre près de 46 °C à la fin de la saison sèche. L'ETP est d'environ 2 500 mm/an et ne peut s'abaisser en dessous des valeurs de pluie qu'au pic de la saison humide.

L'observatoire de **Torodi** est situé dans la zone la plus humide (P = 650 mm), de type sahélo-soudanien. Celui de **Dantiandou** est proche de Niamey où il pleut en moyenne 564 mm par an. Le climat est tropical sahélien semi-aride. Ce même type de climat se retrouve dans l'observatoire de **Tondikandia** situé au N-E de Niamey avec une pluviosité annuelle moindre (410 mm par an).

Au plan morphologique, ces observatoires comportent une alternance de plateaux et de bas-fonds. Les plateaux, le plus souvent latéritiques cuirassés, montrent une végétation arbustive, souvent à base de combrétacées, telles que *Guiera*

senegalensis et *Combretum msp.* Les pentes adjacentes aux plateaux, dénommées parfois " versants " sont recouvertes d'accumulations sableuses (jupes sableuses) qui sont le domaine des cultures pluviales et des jachères. Les bas-fonds plus humides peuvent comporter des cultures irriguées.

A Banizoumbou, en tant que principal site d'observation de **Dantiandou**, la végétation caractéristique des plateaux est la brousse tigrée constituée principalement par une strate ligneuse à *Combretum sp.*, *Guiera senegalensis*, *Acacia ataxacantha*. La strate herbacée est représentée par *Zornia glochidiata*, *Aristida adscensionis*. Les placages sableux dominant les pentes forment un habitat pour une végétation soit herbeuse ou arbustive à combrétacées et *Acacia* lianescents, soit à base de *Guiera senegalensis* avec parfois *Balanites aegyptiaca* ou *Faidherbia albida*. La strate herbacée est dominée par des graminées telles *Aristida mutabilis* et *Cenchrus biflorus*. Ce sont essentiellement des sols ferrugineux tropicaux sur sables en général faiblement lessivés en argile. Dans les bas-fonds (koris), les sols hydromorphes sont couverts de fourrés à *Acacia nilotica*, *A. seyal*, et de buissons à *Bergia suffruticosa*, *Bauhinia rufescens*..

La population de l'ouest du Niger est en majorité rurale et appartient à plusieurs groupes ethniques (e.g. Haoussa, Zarmas, Peuhls, Touaregs...). La croissance de la population à Torodi, évaluée à 7 % avec une densité pouvant dépasser 60 h/km², constitue la problématique majeure de cet observatoire. A Dantiandou, cette densité est de 19 hab. au km² (1994) alors qu'à Tondikandia, elle est évaluée à 30 h/km².

L'usage des terres varie selon les ressources biologiques existantes et la possibilité de mise en culture des sols. Dans l'observatoire de Torodi, le nord du canton est agropastoral (Unité de Kobadié) alors que le sud est sylvo-agricole (Unité de Torodi). La pression, en raison d'une forte croissance de la population, se fait sentir, d'une part, sur les sols et, d'autre part, sur les ligneux utilisés comme combustible.

A Dantiandou, avec 70 % d'agriculteurs et 30 % d'éleveurs-agriculteurs, les cultures pluviales dominantes sont le mil avec parfois du niébé ou du sorgho en association. De petites parcelles sont jardinées en irrigué autour des points d'eau. L'élevage est de plus en plus sédentaire ou localement transhumant.

A Tondikandia, à l'exploitation sylvo-pastorale sur les plateaux et agro-sylvo-pastorale dans les bas-fonds, s'ajoute, comme usage des terres, l'extraction du natron, roche évaporitique. C'est par ailleurs un territoire de passage des grandes transhumances.

3.4- Observatoire de Bourem (Mali)

L'observatoire de Bourem, compris entre les latitudes 16 et 20° Nord, couvre les cercles de Gao, de Bourem et de Kidal. Il comporte 27 sites d'observation et de surveillance de la végétation dont 17 dans la commune de Bamba qui sont considérés à cet effet comme sites pilotes. Ces sites sont installés dans le territoire du Haoussa au nord du fleuve.

L'observatoire Roselt/OSS de Bourem appartient au domaine climatique sahélien, Sub-zone de transition saharo-sahélienne (P entre 100 et 200 mm, Le Houérou, 1989). La pluviométrie moyenne P est de 150 mm (Dembélé *et al.*, 2006).

Le territoire de l'observatoire comporte le Bas-Plateau formé par un substrat gréseux ou calcaire recouvert de cordons dunaires et les terrasses alluviales du Tilemsi et du fleuve Niger. La commune de Bamba, d'une superficie de 8 000 km², fait partie de la région naturelle du Tilemsi et se situe dans la zone agro-écologique du Kounta qui se compose de trois ensembles contrastés : les regs à l'est, les ergs au Nord et à l'ouest et les terres alluviales du fleuve Niger au sud.

Les regs sont occupés par une végétation ligneuse à base de *Boscia senegalensis* et *Acacia ehrenbergiana* et d'une strate herbeuse à base d'*Aristida sp.* et *Schoenefeldia gracilis*. Sur les ergs se rencontrent *Acacia raddiana* et *Leptadenia pyrotechnica* comme ligneux et *Panicum turgidum* comme herbacée. Dans la vallée se trouvent des peuplements fortement dégradés de *Hyphaene thebaïca*.

La population de 30 000 habitants, soit une densité de 3,75 habitants par km², est répartie sur 19 villages et 7 groupes ethniques nomades dont les Songhaï, Armas, Peulhs, Arabes et Touaregs.

La principale activité socio-économique dans la zone demeure l'élevage. L'arrondissement de Bamba compte (selon les statistiques du recensement de 1996) un cheptel de 14 799 têtes, composé de : bovins (2 059), ovins-caprins (10 390), asiniens (1 364), équins (71) et camélins (915). En raison de l'aridité, les seules cultures possibles se font par irrigation dans les plaines inondables notamment dans le lit du fleuve Niger.

●●● SYNTHÈSE ET DISCUSSION

Les données recueillies dans des observatoires comportant des dispositifs permanents de surveillance, constituent les seules sources importantes de données sur les changements de l'état de l'environnement. Nul besoin d'insister sur la valeur de telles données qui font souvent défaut, dans l'ensemble des milieux à travers la planète (Bakker *et al.*, 2002). Elles s'avèrent encore plus rares voire inexistantes dans les milieux arides sahéliens ou méditerranéens (Hein, 2006). Dans l'hypothèse de la poursuite des mutations actuelles (e.g. intensification de l'exploitation des ressources, sédentarisation...), de telles données sont cruciales pour la compréhension des mécanismes des changements actuels et futurs des milieux sur le pourtour du Sahara.

1- Surveillance à long terme : approche et paramètres surveillés —

Deux approches sont utilisées dans la surveillance de l'environnement dans les observatoires Roselt/OSS. La première vise le suivi des paramètres biophysiques par des mesures et évaluations portant sur l'évolution des ressources naturelles : météorologie, végétation, faune, sol, ressources en eau... La deuxième est basée sur des enquêtes permettant de collecter régulièrement des données socio-économiques. Ces enquêtes sont menées auprès d'un échantillon représentatif d'unités d'exploitation (UE) au sein de chaque observatoire.

Les données recueillies dans le cadre de la surveillance à long terme s'appuient sur le principe du « kit minimum » d'information : un ensemble suffisant de variables à mesurer ou à renseigner afin de disposer à tout moment (selon des échelles de variation adéquates) des éléments essentiels du cadre environnemental général d'un système.

L'objectif étant double, dynamique et organisé dans le cadre d'un réseau, il s'agissait de disposer à terme, d'informations comparables à la fois dans le temps et dans l'espace. La finalité était donc de mettre en place des normes à la fois

d'échantillonnage, d'interprétation et d'expression des résultats. C'est dire les contraintes à surmonter, dont les principales pourraient être résumées comme suit :

- la complexité des interrelations entre les composants biotiques et abiotiques dans les écosystèmes, dont il est nécessaire d'extraire les plus pertinentes dans un cadre interdisciplinaire ;
- le niveau de connaissances sur les conditions environnementales ;
- les moyens humains (équipes) et techniques engagés dans le programme ;
- les différences environnementales entre les observatoires, liées aux spécificités des cadres biophysiques et socio-économiques ;
- des problématiques particulières et donc les priorités qui leur sont accordées à une échelle locale.

Dans l'objectif d'une harmonisation des approches, de nombreux ateliers réunissant les équipes des observatoires ont été organisés et des guides méthodologiques élaborés. Ces derniers ont abouti à la définition d'un ensemble de variables biophysiques et socio-économiques.

Au plan biophysique, les principales informations retenues concernent :

- l'occupation des terres : donnée primordiale renseignant, essentiellement et selon l'échelle retenue, l'état et la structure des unités d'occupation homogènes en fonction des types géomorphologiques et de végétation, qu'elle soit naturelle ou artificialisée (agrosystème) ;
- l'état de la végétation à travers, selon les cas, la structure, la densité, la biomasse, la production, la phénologie... ;
- les caractéristiques édaphiques : niveaux de fertilité, altérations... ;
- les caractéristiques hydrologiques : inventaire quantitatif et qualitatif des ressources en eau.

Il convient de signaler que dans le cas de certains observatoires et de certaines variables, le niveau de connaissance insuffisant rendait nécessaire et primordial le passage, dans un premier temps, par une phase de typologie et d'inventaire. C'est le cas par exemple de la faune ou du sol. De même, compte tenu de la diversité des situations écologiques, des difficultés techniques et de la disponibilité des moyens, de nombreuses composantes de milieu ont été différemment renseignées tant du point de vue qualitatif que quantitatif.

Les difficultés étaient relativement moindres pour les données basées sur les enquêtes. L'approche appliquée pour les variables sociales et économiques est basée sur le « Guide Roselt/OSS pour l'évaluation et le suivi des pratiques d'exploitation des ressources naturelles » (Roselt/OSS CT2, 2005). Le principe est celui de l'enquête par questionnaires. Trois niveaux sont abordés dans ces enquêtes :

- un niveau unité administrative (UA) ;
- un niveau unité d'exploitation (UE) ;
- un niveau élémentaire « parcelle » ou « troupeau » donnant des informations de détail sur les pratiques d'exploitation des ressources (végétation, sol, eau...).

Certaines variables, en particulier celles relatives à ce dernier niveau, sont complémentaires des données biophysiques dans la mesure où elles renseignent, bien qu'a posteriori, sur les causes de certaines altérations du milieu et donnent la possibilité d'échafauder des hypothèses permettant de guider l'interprétation et d'orienter de futures investigations approfondies.

Les données issues de ces enquêtes ont d'ores et déjà servi à l'alimentation du Système d'information sur l'environnement à l'échelle locale (SIEL) et à une première modélisation du fonctionnement socio-économique dans les observatoires.

L'ensemble des variables faisant (ou devant faire) l'objet du suivi est donné dans le tableau annexe du présent document ou dans les documents techniques Roselt/OSS (Roselt/OSS DS1, DS2, DS3 et DS4, 2004 ; CT2 2005 et CT1 2007).

2- Principales tendances écologiques et socio-économiques en Afrique du Nord et en Afrique de l'Ouest

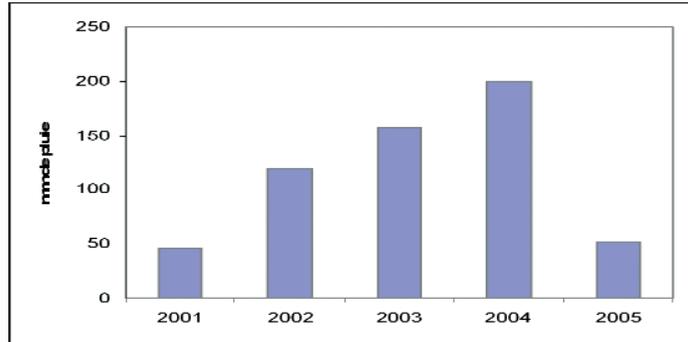
La surveillance à long terme, comme son nom l'indique, ne peut réellement affirmer les changements profonds subis par les écosystèmes qu'après un grand nombre d'années, d'autant plus que la variabilité dans ces systèmes est très importante. Ainsi, était émis au lancement des travaux des observatoires, l'objectif primordial de mettre au point les données historiques existantes issues de travaux antérieurs, afin de réunir suffisamment d'informations sur une période assez longue et de dégager, quand cela était possible, les grandes tendances qui semblaient émerger.

2.1- Les tendances climatiques

Le climat, et plus particulièrement la pluviométrie en tant qu'élément-clé, montre une variabilité interannuelle importante dans la plupart des observatoires :

- dans celui de Bou Hedma (Tunisie), de 1994 à 2005, les enregistrements pluviométriques (septembre à août) ont montré 6 années déficitaires ($P < 80\%$ de la moyenne), 2 années normales et 3 années excédentaires ($P > 110\%$ de la moyenne). Durant les années 2000, seule l'année 2004 a été excédentaire (fig. 2).

Figure 2 : annuelle (sept.-août) à Haddej - Bou Hedma



Cette évolution est à peu près similaire dans l'observatoire voisin de Menzel Habib. Le trait marquant de l'observatoire de Oued Mird est le sévère déficit pluviométrique entre 1999 et 2003, années durant lesquelles la moyenne pluviométrique a été de 34 mm/an pour une moyenne de 69 mm/an pour la période 1984-2003 (station de Zagora) ; phénomène constaté également dans les stations voisines et dans l'observatoire d'Issougui. Les enregistrements effectués dans la station de l'observatoire confirme cette évolution et montre un excédent pluviométrique en 2004, suivi par une saison relativement sèche (début de l'année 2004-05).

La même situation peut être décrite dans le Sud-Oranais où de 1997 à 2003, soit 7 ans, la pluviométrie (moyenne de 185 mm/an) a été nettement en deçà de la moyenne à long terme (290 mm/an) soit une baisse de plus du tiers (36%). Comme dans les précédents observatoires, l'année 2004 a été excédentaire mais 2005 semble plutôt sèche.

Pour les observatoires de l'Afrique de l'Ouest, selon la disponibilité des données, les périodes récentes montrent également un déficit pluviométrique par rapport aux moyennes à long terme. Pour la station de São Jorge (Iles du Cap-Vert), de 1988 à 1997, est calculée une moyenne de 335 mm par an pour une pluviométrie annuelle de 449 mm mesurée sur 40 ans. La tendance à la sécheresse est également décrite au Niger pour la station de Niamey.

Au Ferlo (Linguère), à partir de 1969, seules onze années ont dépassé la normale de 401 mm/an-1 (1961-1990). Entre les normales 1931-1960 et 1961-1990, le déficit pluviométrique est de 129 mm. Enfin, entre 1994 et 2005, la moyenne est de 390 mm pour une moyenne à long terme (72 ans : 1934-2005) de 440 mm (fig. 3).

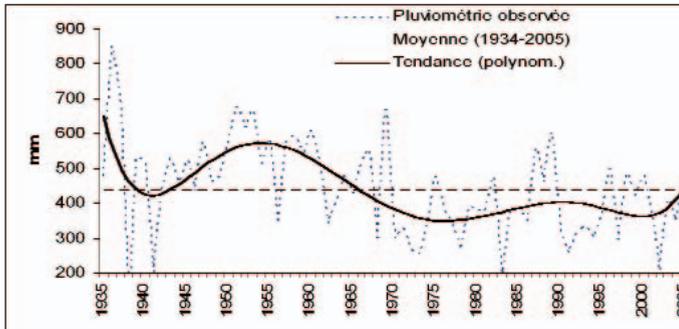


Figure 3 : Pluviométrie annuelle (station de Linguère, obs. du Ferlo, Sénégal)

La tendance à la sécheresse se retrouve dans pratiquement tous les observatoires. Elle semble plus chronique au Sahel mais, dans la partie nord-africaine du réseau, elle serait plus importante durant la période récente de suivi. Sans préjuger de sa signification sur le long terme (*cf. infra*), cette sécheresse indique combien la situation était particulière durant les premières années de fonctionnement des observatoires Roselt/OSS.

2.2- Les tendances sociales et économiques

Outre l'aridité et les sécheresses occasionnelles du climat, la pression anthropique, dont l'indicateur premier est la croissance démographique, représente l'autre contrainte subie par ces écosystèmes.

L'examen des données statistiques des Nations unies sur la démographie montrent (<http://millenniumindicators.un.org/unsd/default.htm>) globalement que la croissance de la population est élevée en Afrique : pour la période 2000-2005, le taux d'accroissement annuel est de 2,2 % pour l'ensemble de l'Afrique alors qu'il est de 1,2 % à l'échelle mondiale. Ce taux est cependant plus faible en Afrique du Nord (1,9 %) qu'en Afrique de l'Ouest (2,6 %). Ainsi entre 1950 et 2000, soit en cinquante ans, la population a été multipliée par 3,3 en Afrique du Nord et par 3,8 en Afrique occidentale. Cette démographie montre évidemment des variantes locales. Ainsi en Afrique du Nord, ce taux est actuellement le plus élevé en Libye et en Egypte avec 1,96 % et 1,91 % et le plus bas en Tunisie (1,1 %). En Afrique de l'Ouest, il est de

3,39 % au Niger (le plus élevé) et de 2,35 % au Cap Vert, le plus faible de la zone OSS d'Afrique de l'Ouest. Ce taux peut cependant montrer des variations à l'échelle locale : il est de 1,8 % dans l'observatoire du Ferlo, pour un taux de 2,7 % à l'échelle de l'ensemble du Sénégal.

Cette tendance générale à la croissance des populations humaines a comme principal corollaire l'augmentation des besoins des populations ; ce qui se répercute négativement sur l'environnement, par la surexploitation des ressources naturelles. Celles-ci servent dans une large mesure à couvrir les besoins, en particulier en terres cultivables, en parcours pastoraux et en bois-énergie selon des usages où domine le traditionnel.

2.2.1- Les tendances en matière d'usage des terres

Elevage, mise en culture, cueillette des ligneux et autres plantes naturelles à usage alimentaire ou médicinal sont les principaux usages et pratiques en Afrique circum-saharienne aride. Un certain nombre d'indicateurs essentiels de l'évolution de ces usages ont pu être mis en évidence dans les observatoires Roselt/OSS, à travers les premières analyses et synthèses des données existantes et de suivi.

a- Elevage

L'élevage, qu'il soit ovin, caprin dans les steppes ou impliquant également le bovin au Sahel, se pratique dans la quasi-totalité de la zone des observatoires selon un mode essentiellement extensif impliquant des déplacements plus ou moins importants et plus ou moins organisés. Ces déplacements sont liés à la recherche de pâturages selon le mode nomade en déclin ou selon des pratiques de transhumance.

Au nord du Sahara, le déclin, voire la disparition, du nomadisme localement ne semble pas avoir entraîné systématiquement celle de l'élevage extensif qui persiste selon des modes relativement variés notamment par la transhumance. Ceci ressort nettement dans les observatoires où le nomadisme a pratiquement disparu comme c'est le cas à Menzel Habib. Dans ce dernier, les terres privatisées représentent 79 % et en dépit du peu d'espace qui demeure en parcours pastoraux collectifs, 78 % des exploitations disposent d'un cheptel familial élevé traditionnellement sur parcours. Dans l'observatoire de Haddej Bou Hedma, la même tendance est observée.

Cette tendance se retrouve dans pratiquement tous les observatoires avec quelques variantes mais sans normes unifiées. En témoigne l'appellation « gros éleveur » affecté à celui qui a plus de 50 têtes à Haddej Bou Hedma et plus de 200 dans les Hautes Plaines du Sud-Oranais.

Les besoins des populations, en constant accroissement, ont aggravé la « saturation des parcours » (de Planhol, 1979), une tendance à laquelle participent plusieurs facteurs liés à la disponibilité des ressources mais également à des facteurs économiques, sociaux et culturels.

Dans l'observatoire de Menzel Habib, il apparaît que la réduction des parcours pastoraux a commencé à freiner les perspectives du développement pastoral. C'est également le cas dans l'observatoire de Oued Mird (Maroc) où l'activité pastorale a perdu son caractère structurant alors même que le pastoralisme y était considéré comme ayant conservé ses pratiques traditionnelles le plus tardivement.

Devenu transhumant ou pratiquant de très faibles déplacements, mais adoptant de plus en plus la complémentation alimentaire, l'élevage a des effets plus néfastes sur le milieu et la végétation.

Une tendance au remplacement des races ovines autochtones par d'autres plus adaptées est observée dans l'observatoire de Oued Mird qui s'accompagne de l'introduction de bovins. Le même phénomène est observé dans le Sud-Oranais.

La charge animale a augmenté. Elle est évaluée à 0,75 tête par hectare à Menzel Habib même en excluant les troupeaux transhumants. Cette charge n'a plus, dans la pratique, aucune signification par rapport à la seule production du parcours en raison des compléments alimentaires introduits et très variables selon l'état de la végétation. Dans l'observatoire des Hautes Plaines du Sud-Oranais, la complémentation couvrirait actuellement 62 % des besoins du cheptel. Cette valeur, évaluée par l'équipe de l'observatoire, demeure cependant nettement inférieure à celles avancées par Boutonnet (1989) et par Bourbouze et Lazarev (1992). Loin d'être une mesure d'exploitation rationnelle des ressources, la complémentation a été imposée par l'augmentation du cheptel, d'une part, et par la baisse de l'offre fourragère naturelle, d'autre part, conséquence de la dégradation du tapis végétal due à la surcharge essentiellement en période sèche.

Au Sahel, l'élevage constitue la principale ressource renouvelable. Il connaît également des changements importants liés, d'une part, aux sécheresses comme perturbations localisées dans le temps et provoquant parfois un effondrement économique et des migrations de populations et, d'autre part, à une évolution plus régulière marquée par la croissance rapide des populations humaines et animales entraînant une surexploitation des parcours, la migration des éleveurs vers les zones moins arides du Sud, le transfert de propriété des troupeaux et par la suite des changements structurels dans la gestion de l'élevage et des terres de parcours (Dicko *et al.*, 2006).

Dans la commune rurale de Ouarkhokh (observatoire du Ferlo), la transhumance est pratiquée essentiellement en saison sèche avec des distances variant de quelques km à plusieurs centaines de km. La tendance principale ici est le poids croissant des troupeaux migrants sur les parcours et les oppositions, voire les conflits, qui en découlent. Les conséquences considérées comme néfastes sont le piétinement, l'émondage, la pollution des mares servant de points d'abreuvement gratuit des troupeaux.

Dans l'observatoire de Bourem (Mali), l'élevage constitue également la principale activité. Il est pratiqué sur parcours collectifs soit par transhumance de grande amplitude soit en « pâturage quasi-permanent » en bordure du fleuve. L'élevage transhumant est marqué ici par des conflits essentiellement vis-à-vis de l'accès aux points d'eau d'abreuvement.

L'élevage ne semble pas présenter de tendance marquante dans l'observatoire du Cap-Vert où il occupe une position secondaire et dans les observatoires du Niger où il demeure extensif.

La complémentation alimentaire des troupeaux constitue au Sahel une pratique courante principalement durant la saison sèche où la priorité est souvent donnée aux petits ruminants (Cas du Ferlo).

Signalons que dans l'ensemble des observatoires, le cheptel constitue le plus souvent un moyen traditionnel de thésaurisation, « échappant davantage que l'argent aux sollicitations diverses » (cf. rapport Niger). Il est à noter également les traditions culturelles et religieuses exigeant lors des sacrifices, des moutons relativement âgés. Cependant, dans les parcours où la complémentation prend le pas sur les apports fourragers naturels, cette thésaurisation devrait être en recul en raison du coût des aliments concentrés servant à la complémentation des ovins et n'autorisant plus le maintien d'un taux élevé de moutons improductifs dans le troupeau.

b- Mise en culture des terres

La céréaliculture est essentiellement vivrière dans pratiquement tous les observatoires, probablement en raison des faibles rendements (moins de 5 q/h le plus souvent). Malgré l'augmentation des surfaces cultivées, une très large partie de la production est destinée à la consommation familiale. C'est le cas de Haddej Bou Hedma où cette consommation prélève 82 % de la production céréalière. Le véritable changement est celui de l'introduction de l'arboriculture depuis une cinquantaine d'années (cas des observatoires de Tunisie) et son extension progressive et parfois rapide dans ces derniers observatoires ainsi que ceux d'El Omayed et dans une moindre mesure à Oued Mird. La culture de l'olivier dans

Haddej - Bou Hedma et Menzel Habib ainsi qu'une longue pratique de la céréaliculture ont profondément modifié le milieu.

La première cause avancée pour expliquer l'emprise agricole est l'augmentation des besoins et des niveaux de vie d'une population en croissance.

Dans l'ensemble des observatoires du Nord de l'Afrique, une évolution commune est celle d'une diminution des terres de parcours au profit des cultures quelles soient pluviales ou irriguées, même si certains auteurs prédisent un futur recul de l'activité agricole dû à la baisse des rendements en raison de la dégradation des sols suite à la surexploitation des ressources, voire aux changements climatiques (e.g. Visser, 2001).

Outre l'augmentation des besoins, l'emprise agricole répond également, au nord de l'Afrique, à une augmentation de la spéculation et à la quête de diversification des revenus :

- un indicateur de cette spéculation est l'implication dans l'élevage, de la céréaliculture qui constitue une des principales sources de complémentation des troupeaux dans pratiquement tous les observatoires où l'élevage est un usage dominant, en Afrique du Nord en particulier (Bourbouze, 2000, 2006) ;
- la céréaliculture dans les steppes permet souvent et traditionnellement de s'approprier, pour un temps, les terres dont le statut collectif est encore de mise. Avant la privatisation des terres en Tunisie, l'arboriculture était également un moyen d'appropriation des terres de façon plus durable (observatoires de Menzel Habib, El Omayed).

Au Sahel, les tendances en matière d'agriculture sont variables d'un observatoire à l'autre.

L'aridité du climat comme dans le site de Bamba n'autorise pas de cultures pluviales. Dans cet observatoire, les cultures sont pratiquées dans les plaines inondables près du fleuve. Le foncier est géré par deux systèmes traditionnels : soit par le chef du village pour les terres appartenant à la communauté du village (système Songhaï), soit par l'Etat qui reconnaît cependant le droit coutumier (système Arma). La tendance principale décrite ici est représentée par les difficultés liées à la pression croissante sur les terres cultivables entrant en conflit avec les activités d'élevage en augmentation en bordure du fleuve ainsi qu'à l'avancée des dunes menaçant les zones de culture.

Le site de Ribeira (Cap-Vert) est représentatif de la problématique des cultures sur pentes et sols fragiles. Les résultats attestent dans cet observatoire de l'importance

de l'érosion des sols : pour une année, la masse de terre déplacée est évaluée à 21 000 t/ha. L'analyse par rapport aux types de culture montre que le maïs est impliqué dans la quasi-totalité de cette érosion avec en particulier le sarclage qui, pratiqué traditionnellement, explique en priorité la vulnérabilité du sol. Les mesures montrent que le taux de couverture du sol et la pente interviennent fortement dans ce processus. L'érosion est ainsi presque négligeable dans le cas de la culture de l'arachide dont le taux de recouvrement est élevé (plus de 20 pieds par m²) et dont la culture se fait en bandes perpendiculaires à la pente.

L'agriculture intermittente qui caractérise le Sahel est marquée par l'alternance de phases de culture et de phases d'abandon communément dénommées jachères. Ce système était favorisé par la faible densité de population et la disponibilité des terres (Ruthenberg, 1980 ; Delabre, 1998). Il permettait de régénérer les attributs vitaux ou facteurs de production que l'agriculteur ne pouvait pas contrôler. La pratique de la jachère a considérablement décliné en raison de l'emprise agricole. A titre d'exemple, dans le site Roselt/OSS de Banizoumbou au Niger, les cultures couvraient 12 % avant 1950 par rapport à l'espace de brousse potentiellement cultivable (Leduc et Loireau, 1997). La brousse libre ne couvrait plus que 35 %, à la fin du siècle dernier, dans ce même site, 10 % seulement, en cas d'exclusion des plateaux latéritiques impropres à la culture par les moyens traditionnels (Delabre, 1998).

c- Activités de cueillette

L'activité de cueillette la plus importante concerne le bois-énergie. Elle peut également intéresser les plantes médicinales et les plantes consommées par l'homme ou les plantes fourragères. Dans l'ensemble des observatoires disposant de boisements, il est rapporté une exploitation des arbres et arbustes pour la consommation locale en bois-énergie, mais parfois également pour la vente.

La cueillette du bois pratiquée essentiellement pour les besoins domestiques est encore importante malgré la réglementation et l'introduction du gaz butane (cas de Haddej - Bou Hedma). L'utilisation du bois se justifie par le manque d'énergie de remplacement à bas coût mais également par coutume. La cuisson avec du bois est considérée comme, plus efficace, plus saine...

Dans Oued Mird, le prélèvement du bois d'œuvre ou de chauffe dans les peuplements d'*Acacia raddiana* est considéré comme une menace pour ce peuplement. Cette action est importante dans les environs des villages où des coupes de branches, voire des coupes rases ont été observées. Dans les zones voisines de la vallée de l'Oued Draa, pour Alifriqui *et al.* (1995), le prélèvement du bois est également destiné à des activités professionnelles comme la poterie en particulier.

Ces auteurs citent Vignon & Rozis (1993) qui ont évalué une consommation de bois de 165 tonnes par an pour une production de 100 kg/ha/an.

L'éradication des plantules et les attaques parasitaires limitant les capacités germinatives et par suite la reproduction de l'*Acacia raddiana* ont été soulignées dans l'observatoire de Oued Mird. Elles ont été signalées depuis longtemps, 1887 et 1889 (Grouzis et Le Floc'h, 2003), dans d'autres sites comme celui de Bled Talah (observatoire de Haddej-Bou Hedma).

C'est dans les observatoires du Sahel que le phénomène est le plus intense. Le pâturage et le prélèvement de bois de chauffe représentent les deux activités humaines intervenant sur la dynamique de la distribution des formations arborées dans le site de Bamba. L'étude des patrons de cette dynamique dans l'observatoire de Bamba a fait l'objet d'une analyse approfondie (Dembélé *et al.*, 2006) en relation avec les pratiques, la disposition des villages, des puits et du fleuve Niger. Deux gradients de végétation arborée ont été identifiés : un gradient nord-sud en termes de densité d'arbre et d'intensité de prélèvement de bois et des gradients concentriques autour des puits, en termes de régénération.

La densité des arbres et l'intensité des coupes de bois augmentent du nord au sud. Ce gradient peut être expliqué par la quantité d'eau souterraine et la pression humaine qui sont fonctions de la distance par rapport respectivement au fleuve Niger et aux villages.

Quant aux gradients par rapport aux puits, ils seraient plutôt en relation avec un gradient de piétinement de troupeau. Les deux gradients sont non linéaires : une distance seuil de 4 km est associée au gradient nord-sud. Elle est de 9 km pour le gradient radial (Dembélé *et al.*, 2006).

Au Niger, cette exploitation représente une préoccupation majeure dans l'observatoire de Torodi et le phénomène s'amplifie devant les besoins des populations en croissance. En réaction à cette tendance, le CILSS a lancé un programme pour la mise en place d'un réseau de surveillance des zones de collecte de bois-énergie dans la sous-région.

Il convient de noter que Lavauden (1927) a utilisé pour la première fois le terme « désertification » en décrivant justement la dégradation de l'*Acacia* en Tunisie. La paternité du terme est également attribuée à Aubréville (1949) qui l'a employé en le conceptualisant à propos de la dégradation par prélèvement de bois en Afrique tropicale.

2.3- Tendances écologiques en tant qu'indicateurs d'impacts des sécheresses et de l'exploitation anthropique des ressources

Les variations climatiques et la pression de l'homme sur les ressources sont deux moteurs dynamiques agissant en interaction complexe et souvent en synergie, induisant des changements plus ou moins importants dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes. Ces changements, quand ils sont irréversibles à une échelle écologique, sont dits directionnels, modifiant profondément et durablement les attributs de l'écosystème. C'est le cas de la dégradation des terres et de la désertification qui, par définition, sont attribuées à l'homme et/ou aux sécheresses. Cependant, même en l'absence d'intervention humaine, des changements sont observés sous l'effet le plus souvent de simples fluctuations climatiques naturelles. Ces changements sont par essence réversibles, liés au fonctionnement normalement très variable des écosystèmes arides. Il est ainsi une problématique fondamentale dans ces milieux qui est la distinction de ces deux types de dynamiques correspondant à deux échelles de temps emboîtées. Cette problématique pose également celle de la distinction des effets du climat par rapport à ceux causés par la surexploitation humaine.

Il s'agit ici, en matière de surveillance, de fournir les éléments en vue de comprendre les processus des changements, d'identifier ceux qui sont significatifs, leurs causes et l'importance de leur implication et enfin de valider les indicateurs pertinents pouvant aider au diagnostic des états et des niveaux de dégradation, autrement dit de dégager des normes dans un cadre unifié d'évaluation des processus qu'ils soient régressifs ou progressifs.

2.3.1- États de surface du sol

Les changements édaphiques sont généralement nettement plus lents que ceux concernant la végétation, la flore et la faune. Ces changements peuvent être cependant, relativement rapides sous climat aride (Albaladejo, 1998, Aidoud et al., 1999). Ils s'intègrent certes dans une dynamique par étapes (Milton et al., 1994) mais sont considérés comme les indicateurs incontestables d'irréversibilité et d'ultimes changements significatifs dans les processus de la désertification (Friedel, 1991 ; Floret et al., 1992 ; Mainguet, 1994 ; Milton et al., 1994 ; Jauffret, 2001).

Les états de surface du sol sont relevés par points régulièrement espacés (en général 10 cm) le long de lignes matérialisées par des rubans gradués. Les états de surface sont exprimés notamment par les fréquences des sables, éléments grossiers, pellicule, litière et tapis végétal (ce dernier est traité à part, cf. *infra*). Les fréquences sont en général assimilées à un taux de couverture. La simplicité du

dispositif et des procédures d'analyse des données en font un outil performant dans l'optique de la surveillance à long terme.

Les mesures régulières, sur dispositifs permanents, montrent des changements parfois importants.

Dans l'observatoire de Haddej-Bou Hedma, la fréquence de la litière est liée aux variations de pluies (dessèchement de la végétation annuelle). La pellicule de battance se développe davantage dans les terrains mis en défens probablement en raison de la baisse de piétinement. Ce qui semble surprenant en revanche, ce sont les variations de taux d'éléments grossiers et de sables observées d'une année à l'autre. Ces variations, très utiles en vue de la compréhension et l'illustration des phénomènes de désertification ou de régénération, méritent cependant d'être confirmées par des techniques d'échantillonnage plus fines afin d'en vérifier les mécanismes dans le cadre d'investigations à court terme.

La **surveillance du sol** dans les principaux groupements végétaux de Haddej montre une faible fertilité avec un taux de matière organique (< 1 %). Par ailleurs, le suivi de la composition minérale du sol, en relation avec la distribution quantitative de la végétation, montre sous couvert d'Acacia, une augmentation des taux d'humidité et d'azote qui expliquerait un couvert d'herbacées plus élevé en zone protégée, ce qui ne s'est pas vérifié en terrain pâturé. Comme confirmé par la densité des espèces pérennes plus élevée (14 contre 3 ind/m²). En zone pâturée cependant, le couvert des plantes pérennes, plus faible sous couvert d'Acacia, est expliqué par un pâturage plus intense en situation d'ombre.

Notons pour certaines variables, comme ici l'évolution de la fertilité par la mesure de C et N, les valeurs sont si faibles qu'elles se situent au niveau de celles de la précision de mesure. Ainsi, à la difficulté de distinguer des niveaux de fluctuations naturelles par rapport aux changements directionnels, s'ajoutent la variation due à l'appareillage de mesure et la variabilité spatiale.

Un dispositif en gradient de pression de pâturage a permis, après une dynamique à long terme (une vingtaine d'années) dans l'observatoire du Sud-Oranais, de montrer des changements significatifs dans le sol et en surface (Slimani, 1998 ; Aidoud *et al.*, 1999). Un ensemble de caractères édaphiques a été analysé dans une steppe le long d'un transect comportant trois niveaux d'intensité de pâturage dont une parcelle mise en défens. Le système préexistant était une steppe d'alfa qui caractérisait l'ensemble de la région, une vingtaine d'années auparavant et dont l'homogénéité écologique globale avait été démontrée. Les résultats ont montré que dans la steppe en défens, les conditions édaphiques sont restées proches de celles mesurées dans le système préexistant alors que dans la steppe

surpâturée, la plus représentative de l'état actuel de ces parcours de plaine dans le Sud-Oranais, le taux de matière organique a baissé significativement de 38 % et celui des argiles et limons fins de 43 %. Cette diminution a été expliquée par la dégradation importante des fonctions édaphiques, elle-même provoquée par la destruction irréversible, par surpâturage, de la végétation pérenne en l'occurrence l'alfa.

Un corollaire de la dégradation du sol est l'augmentation du taux de sable dans les horizons superficiels suite au départ de la fraction fine par érosion d'une part et/ou à un apport de sable à partir de sols dégradés voisins, les deux phénomènes (déflation ou accumulation) pouvant avoir lieu à un même emplacement à des périodes différentes. Dans certains cas, c'est le déplacement massif sous forme de dunes non fixées.

Dans de nombreux pays comme le Mali, la Mauritanie, l'Algérie, l'avancée des dunes et l'ensablement sont considérés comme des indicateurs essentiels de la désertification et constituent des préoccupations majeures.

Dans l'observatoire de Bourem, situé en bordure du fleuve Niger, une forte avancée des dunes a été enregistrée vers la rive nord du fleuve (0,5 m par mois en moyenne) durant la phase d'observation Roselt/OSS. Cette avancée confirme les menaces qui pèsent directement sur les zones de cultures irriguées en bordure de fleuve et le fleuve lui-même. L'ampleur du processus a conduit les autorités maliennes à engager des actions de lutte contre l'ensablement (protection des cultures, des cours et des points d'eau, des zones d'habitation et des voies de communication) et à mettre en place une agence pour la protection du bassin du fleuve Niger (ABFN).

Dans le sud-Oranais, les ensablements ont été étudiés selon une problématique relative à l'origine des sables actuels et à l'histoire des ensablements. L'approche a été basée sur l'analyse des caractéristiques granulométriques, morphoscopiques et colorimétriques des sables afin de dresser un schéma global des migrations des flux éoliens et des origines probables des sables le long de trois transects échantillonnés. Entre autres résultats, le travail a montré que les vents de sable efficaces sont ceux qui mobilisent les particules de 150 à 300 μm de diamètre. La résultante des migrations des sables indique une direction O-N-O, observée également dans les steppes du Sud-Algérois par Makhlouf (1992). Cette direction remet en cause l'idée avancée d'une « remontée » des sables du Sahara dans un sens N-S.

Les mesures effectuées dans l'observatoire d'El Omayed ont fait ressortir une augmentation des ensablements comme processus actifs dans certaines zones. Ils ont permis de différencier la taille des particules montrant par là une augmentation de sable fin. Ce dernier résultat a été notamment observé dans les steppes soumises à une dégradation par surpâturage (Aidoud *et al.*, 1999 ; Huang *et al.*, 2007).

2.3.2- Ressources hydriques

La surveillance des ressources en eau est d'une importance capitale en milieu aride compte tenu de la rareté de cette ressource. La surveillance est assurée dans les observatoires par l'évaluation des bilans hydriques et de la quantité et la qualité de l'eau disponible à l'usage des agriculteurs et des éleveurs. Les investigations menées sont plus ou moins élaborées montrant dans quelques cas des tendances qui semblent préoccupantes.

Dans l'observatoire de Haddej-Bou Hedma, le suivi est réalisé sur le bilan hydrique pluvial, les ressources souterraines utilisables pour l'irrigation et les pertes en sol par érosion hydrique par rapport à la zone protégée retenue comme système de référence. Le suivi des eaux souterraines est réalisé par la mesure de la salinité des eaux dans 22 puits de surface. La qualité de l'eau souterraine utilisée pour l'irrigation de maraîchages (par submersion ou goutte à goutte) ne semble pas montrer de changements notables.

Des tendances significatives sont révélées dans d'autres observatoires. Dans celui d'El Omayed, le sodium du sol, les sulfates et les chlorures montrent une augmentation significative. A Menzel Habib, des mesures ont montré, sur deux campagnes agricoles, une augmentation de la conductivité qui est passée de près de 2 à 10 mS par cm probablement en raison de l'irrigation par submersion. Une certaine salinisation des sols est relevée dans l'observatoire de Oued Mird par l'augmentation significative de la conductivité électrique. Cette augmentation peut s'expliquer certes par une concentration liée à une sécheresse passagère, cependant l'équipe de l'observatoire a montré une liaison avec l'exploitation de la nappe phréatique pour les besoins d'irrigation.

La surexploitation des aquifères et la dégradation de la qualité des eaux est décrite à Oued Mird et s'explique par une pression accrue sur les eaux souterraines phréatiques prélevée par un nombre croissant de puits creusés. Ceci semble expliquer un abaissement du niveau de nappe, voire son épuisement dans certains endroits, aggravé par les dernières sécheresses qui ont marqué le site.

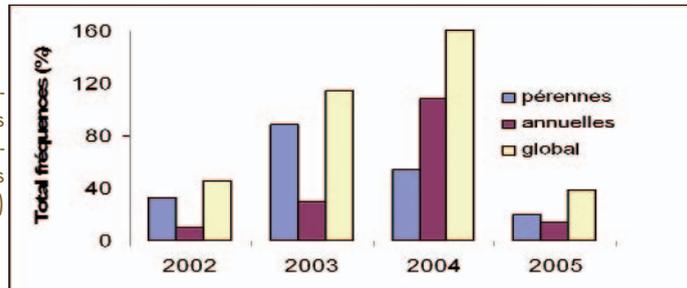
Au Sahel, aucune tendance n'est signalée hormis une plus grande pollution des mares temporaires, liée à la fréquentation croissante par les animaux.

2.3.3- Biodiversité : habitat, végétation, flore et faune

Les changements enregistrés sur la végétation à partir de l'observation directe montrent essentiellement des variations inter-annuelles dues à celles des précipitations (pluviométrie).

Un premier exemple est celui de l'observatoire de Haddej. Les résultats (fig. 4) montrent globalement que la variation des fréquences de végétation est significativement liée à celle de la pluviométrie ($p < 0.05$). Cette liaison est moins nette pour les catégories annuelles et pérennes prises séparément. Les annuelles, bien que réagissant fortement à la pluviosité, semblent marquer le pas en 2003 par rapport aux pérennes. L'année suivante, c'est l'inverse qui se produit. Les annuelles semblent avoir souffert du cumul de trois années déficitaires (1999 à 2002). Les pérennes sont moins sensibles à ce cumul en raison de leur enracinement qui leur permet de bénéficier de l'eau infiltrée en profondeur souvent à des périodes de l'année où les annuelles et petites vivaces n'ont pas cette aptitude.

Figure 4 : Variation interannuelle de la végétation dans l'observatoire de Haddej-Bou Hedma (fréquences relevées par points quadrats)



Le même constat peut être fait vis-à-vis des données recueillies dans l'observatoire de Bourem. La dynamique de la végétation herbacée dans le Haoussa a été suivie entre 2002 et 2005 (fig. 5 et 6). La différence entre les années s'explique par la pluviométrie et les écarts entre zones Nord-Haoussa (NH), Centre-Haoussa (CH) et Sud-Haoussa (SH), par les différences de conditions écologiques et de pression anthropique.

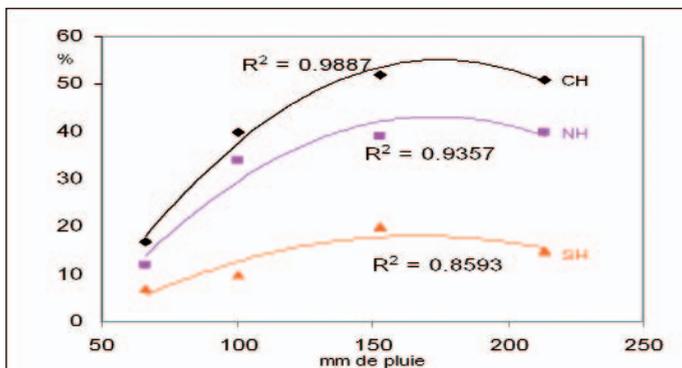
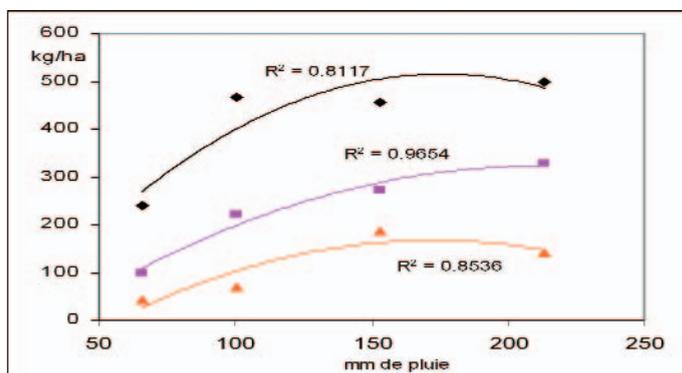


Figure 5 : Relation entre la pluviométrie annuelle et le recouvrement de la strate herbacée (%) dans le Haoussa : du Nord-Haoussa (NH), du Centre-Haoussa (CH) et du Sud-Haoussa (SH).

Figure 6 : Relation entre la pluviométrie annuelle et la production herbacée (kg/ha) dans le Haoussa (cf. figure précédente)



Les variations sont significatives pour le couvert ($p = 0.0371$) et la production ($p = 0.0049$) de la strate herbacée. De même la corrélation est hautement significative entre la pluviométrie annuelle et les trois paramètres considérés.

Dans le Centre-Haoussa, la prédominance des pérennes (*Panicum turgidum* et *Cyperus jeminicus*) dans la strate herbacée est signe d'une moindre pression pastorale mais également d'une capacité de production plus élevée de cette catégorie en situation de faible pluviométrie.

La régression montre que dans le Nord-Haoussa en particulier, la réponse à l'augmentation de la pluviométrie n'est pas linéaire, autrement dit l'efficacité pluviométrique peut atteindre un seuil à partir duquel d'autres ressources ne sont plus suffisantes pour maintenir la productivité primaire.

Les mêmes résultats sont obtenus avec la diversité exprimée par l'indice de Shannon.

La faible production herbacée dans le Sud-Haoussa s'expliquerait par la dégradation liée au surpâturage ; situation qui caractérise tout le territoire entre Gao et Bamba (250 km). En raison de la proximité du fleuve Niger, seule source d'eau permanente, il serait alors intéressant, afin d'évaluer le potentiel productif du Sud-Haoussa, de procéder à des évaluations en exclos.

Les tendances à long terme concernant la diversité n'ont été possibles qu'à partir de données anciennes. Dans l'observatoire d'El Omayed, la surveillance de la richesse spécifique indique, hormis une liaison étroite avec la pluviosité, que 26 espèces sont menacées d'extinction compte tenu de la baisse de leur densité en raison des activités humaines. Ce sont des pérennes dont plus de la moitié sont des ligneux. Dans cet observatoire, faisant suite à une période de déclin important, un processus de regain de diversité de la flore a été observé vers la fin des années 1990, à l'exception du plateau intérieur. Un changement se manifeste également pour le spectre biologique par un regain des ligneux (chaméphytes et phanérophtes). Les indices de diversité α et β indiquent que les habitats les plus favorables à la diversité floristique sont les crêtes et les plateaux intérieurs qui abritent les communautés les plus diversifiées et font montre d'un plus grand renouvellement spécifique. Une des conclusions relatives à la diversité dans cet observatoire est que les résultats remettent en question, dans certains cas, l'efficacité de la mise en défens de parcelles en vue de la conservation de la biodiversité.

Une liste d'espèces nécessitant des mesures de protection, en raison de leur caractère menacé, vulnérable ou rare, a été établie à partir des cortèges floristiques inventoriés dans les observatoires tunisiens et considérés comme potentiels à Haddej-Bou Hedma. Rappelons que dans cet observatoire, ainsi que dans d'autres, les conditions de sécheresse ayant marqué la période d'observation n'ont permis de recenser qu'une partie de la diversité floristique. Cette liste est donc appelée à être contrôlée et complétée au fur et à mesure des observations.

Concernant la faune, la mise en évidence de tendances semble encore plus difficile, mais certaines espèces sont décrites comme éteintes ou en voie de disparition à partir d'enquêtes ou de descriptions anciennes.

Dans Haddej-Bou Hedma, la faune recensée dans l'observatoire se compose d'environ 300 espèces avec essentiellement une centaine d'espèces de vertébrés, 167 espèces d'insectes et 41 arachnides. De nombreuses espèces ont disparu. Ainsi, parmi les grands mammifères, la gazelle dorcas et le mouflon n'existent encore à l'état sauvage que dans quelques refuges très peu accessibles. La protection de la faune était l'un des principaux objectifs de l'installation des parcs.

Aucune disparition d'espèce n'a été notée depuis cette installation. Certaines espèces ont été introduites ou ré-introduites dans les parcs. C'est le cas des antilopes Addax et Oryx, le mouflon à manchette et l'autruche à cou rouge qui montrent une bonne adaptation.

L'inventaire de la faune sauvage dans l'observatoire de Oued Mird a concerné essentiellement les vertébrés. La liste des oiseaux recensés est la plus riche avec 68 espèces représentant 85 % de la liste potentielle établie à partir de la bibliographie. L'analyse éthologique de l'avifaune montre que les milieux de culture abritent le plus grand nombre d'espèces alors que le reg est le milieu le moins riche. Un tiers de reptiles répertoriés dans la vallée de l'oued Mird est considéré comme composé d'espèces rares et/ou menacées. Certaines sont traditionnellement capturées comme le fouette-queue (*Uromastix acanthinirus*) et le varan (*Varanus griseus*) pour des usages en pharmacopée traditionnelle essentiellement. Les gros mammifères comme le mouflon à manchette, la gazelle de Cuvier, la gazelle dorcas et l'hyène rayée ont existé dans la vallée de Oued Mird jusqu'à une époque récente. Ils semblent avoir subsisté dans les montagnes voisines et pourraient à terme, à la faveur de mesures de réintroduction, repeupler le site.

Sur la **végétation**, à partir de données anciennes, il a été possible de montrer des tendances dynamiques régressives. C'est le cas des steppes du Sud-Oranais, vu précédemment à propos du sol en station permanente. C'est le cas également de Menzel-Habib en Tunisie.

L'observatoire de Menzel Habib a bénéficié depuis une quarantaine d'années d'un grand nombre de travaux scientifiques ayant produit des résultats riches et diversifiés (Jauffret, 2001, Roselt/OSS CT 4, 2004).

La végétation spontanée, très dégradée, est dominée par la steppe avec une répartition des espèces dominantes selon la nature du milieu : *Stipa tenacissima* (alfa), *Gymnocarpus decander* sur les sols squelettiques (lithosols ou régosols), *Artemisia herba-alba* sur les limons, *Rhanterium suaveolens* sur les sierozems sableux.

Les modifications enregistrées dans ce site (Le Floc'h *et al.* 1995 ; Jauffret, 2001) sont profondes. Le défrichement a gagné la quasi-totalité des steppes bénéficiant d'eau de ruissellement. La céréaliculture affecte maintenant les steppes sur sols sableux, jadis réservées exclusivement au pâturage extensif. Ces changements d'usage ont eu pour effet de rendre encore plus actifs les phénomènes érosifs omniprésents : érosion éolienne des sols sableux et érosion hydrique dans le cas des sols limoneux. Outre les activités agricoles en progression, les principales exploitations demeurent le pâturage sur des parcours de plus en plus réduits d'où

leur surpâturage, le prélèvement des ligneux comme combustible domestique et des fibres pour l'artisanat local. Le diagnostic écologique établi durant les années 1970 a permis une modélisation (Floret *et al.*, 1978) des dynamiques possibles des systèmes écologiques. La simulation était prévue sur 25 ans, selon 5 scénarii de pression parmi lesquels : 1 = maintien du système actuel, 4 = localisation optimale des cultures et 5 = aménagement pastoral. D'après l'évaluation réalisée au terme des 25 années (Jauffret, 2001) il semblerait que le scénario 1 répond le mieux au modèle. Cependant, les taux de dégradation se révèlent plus élevés que ceux de la simulation. A titre d'exemple, la steppe à *Rhanterium suaveolens* « en bon état » a presque disparu, soit par la mise en culture, soit par le surpâturage des parcours. L'extension généralisée de certains faciès, comme celui à *Astragalus armatus* – recensé à Haddej-Bou Hedma –, pourtant bien identifié (Floret *et al.* 1992), n'avait même pas été envisagée, tant la situation extrême de dégradation qu'il représente semblait alors imprévisible. L'analyse diachronique (Hanafi et Jauffret, à paraître) comparant les situations à plusieurs décennies d'intervalle, confirme cette dynamique.

Des essais de réhabilitation tentés dans cette zone ont fournis des informations très utiles. Citons le travail de Le Floc'h *et al.* (1995) relatifs à deux systèmes de la séquence dynamique à *Rhanterium suaveolens* et à *Artemisia herba-alba*. D'autres travaux de protection ou d'amélioration ont été réalisés (Jauffret, 2001). Aussi, l'approche générale de surveillance qui s'applique aux changements régressifs (désertification) est-elle envisageable également vis-à-vis des changements induits par les actions correctives, notamment celle de la trilogie : restauration, réhabilitation, réaffectation (Aronson *et al.*, 1993).

Dans le Sud-Oranais (Algérie), une cartographie de la végétation a été réalisée entre 2000 et 2004. La distribution des unités physionomiques a été comparée à celle réalisée entre 1977 et 1978 (CRBT, 1978). L'évaluation des surfaces occupées par les différentes unités physionomiques montre essentiellement la régression des steppes d'alfa passant de 520 000 ha en 1978 à 140 000 ha en 2004, d'armoise blanche qui de 130 000 ha en 1978 ne représentent plus que 13 000 ha en 2004 et de sparte qui couvrent 58 000 ha en 2004 contre 570 000 ha en 1978. Cette évaluation aréale masque en fait une autre régression, celle de la densité des espèces dominantes. Alors qu'il est noté une nette extension des formations halophiles, une certaine stabilité est enregistrée pour les matorrals et les formations psammophiles. Il convient de signaler qu'en 2004 par rapport à 1978, le paysage végétal est marqué à 54 % par des espèces dominantes écologiquement moins exigeantes et/ou de faible appétibilité (steppes dite « de dégradation ») ayant supplanté les espèces dominantes

préexistantes. Au plan du couvert végétal, il ressort qu'en 2004, le recouvrement global de la végétation est inférieur à 10 % sur 85 % de la surface de l'observatoire. Dans cet observatoire, l'usage dominant est le pâturage dont l'excès explique la quasi-totalité du phénomène de dégradation enregistré.

L'explication de la désertification en tant que conséquence du surpâturage n'est pas toujours admise et un débat souvent acharné tourne autour de cette question (e.g. Davis, 2005). Sans entrer dans les détails, il convient, afin de nuancer les propos, de rappeler qu'au plan écologique, le principal impact de l'élevage est celui du prélèvement de matière végétale par les animaux domestiques, impact qui certes n'est pas toujours négatif (McNaughton, 1983). Le pâturage, quand il est en équilibre avec la productivité primaire, est considéré comme un processus normal dans le fonctionnement global des écosystèmes ayant une longue histoire d'usage pastoral (Drent et Prins, 1987 ; Fresco *et al.*, 1987 ; Van Andel *et al.*, 1991 ; Noy-Meir, 1998). Le maintien dans des parcours steppiques arides, d'états dits alternatifs stables (Westoby *et al.*, 1989 ; Aronson *et al.*, 1993), s'est fait grâce à une activité pastorale millénaire ; activité qui lui serait même devenue nécessaire. C'est ainsi que dans certains cas, c'est l'arrêt du pâturage qui peut constituer une perturbation (Laycock, 1991 ; Amiaud *et al.*, 1996).

2.4- Impacts sociaux et économiques

2.4.1- Migration des populations

La migration des populations est un phénomène induit en premier par la croissance et/ou l'appauvrissement des populations. Elle est également perçue comme un moyen d'échapper aux activités considérées comme « dégradantes », d'améliorer les revenus et donc la qualité de la vie et d'aider la famille restée dans le terroir. Dans le Ferlo, la migration concerne essentiellement les 15 à 35 ans. Elle est en nette progression puisqu'en comparaison aux années 1970 et 80, elle a été multipliée par deux durant les années 1990 et par sept durant les années 2000.

Dans l'observatoire de Ribeira (Cap-Vert), l'émigration concerne 24 % des foyers, chacun comptant en moyenne 6 personnes dont 3 actifs. Depuis une dizaine d'années, une certaine déprise agricole est constatée dans le terroir de Godim.

Dans la partie sud-ouest du Niger, localisation des observatoires du Niger, les conditions climatiques meilleures attirent les populations du Nord plus aride et semblent expliquer l'inégalité entre les régions dans la répartition de la population, inégalité qui s'accroît au fil des années, malgré les efforts des autorités qui tentent de maintenir les populations dans leur terroir par la promotion de diverses activités agricoles.

Le phénomène de migration est également observé au nord du Sahara. Dans de nombreuses familles, certains membres sont contraints au travail hors de la tribu, comme ouvriers, commerçants... (e.g. 41 % à Issougui) voire même à l'émigration à l'étranger (12 % des familles des Aït Zekri d'Issougui).

2.4.2- Sédentarisation

Dans les parcours arides du pourtour saharien, l'élevage des animaux domestiques constitue un usage et un moyen avantageux de tirer parti de terres faiblement arrosées où l'agriculture pluviale serait trop aléatoire. La conversion des végétaux en viande représente l'utilisation la plus rentable des ressources pour peu qu'on puisse disposer d'animaux adaptés et de terres de parcours suffisantes.

Dans l'ensemble de ces parcours, en tant que mode vie, le nomadisme dominait, imposé par la dispersion des ressources et la nécessité des échanges. Tant que la densité de population était relativement faible, le pastoralisme combiné au nomadisme permettait une gestion équilibrée des ressources (Ibrahima, 2004). Ce mode de vie a été mis à rude épreuve par l'avènement de technologies permettant plus d'efficacité et de bien-être (transport, scolarisation, santé, communication, médias...). Actuellement, les populations nomades sont nettement moins nombreuses et sont reléguées aux zones sahariennes ou pré-sahariennes.

Persistent les déplacements de troupeaux sur les parcours attribués soit au nomadisme soit à la transhumance, deux notions qui sont le plus souvent confondues. Si la première correspond à un mode de vie, la deuxième est plutôt une pratique d'élevage (e.g. Vignet-Zunz J., 1979). Dans la présente synthèse, l'intérêt porte plus sur la transhumance comme pratique d'élevage mais qui peut être néanmoins considérée comme une composante ou un vestige du nomadisme. La sédentarisation apparaît comme une tendance généralisée dans l'ensemble de la zone circum-saharienne mais avec des variantes quant à son importance et aux facteurs qui en sont les moteurs. Qu'en est-il actuellement à travers les évaluations réalisées dans les observatoires Roselt/OSS ?

La zone **côtière du Nord-Ouest égyptien** était habitée par des bédouins qui vivaient en majorité selon un mode nomade (van de Ven, 1987), sous le seuil de pauvreté. En vue de favoriser la fixation des nomades, le gouvernement promulgua en 1964 l'accession à la propriété foncière sous la condition de cultiver des essences pérennes. Cette mesure a stimulé la sédentarisation et l'arboriculture fruitière.

30 ans plus tard (El-Knawy, 1993), hormis les sédentaires vivant en agglomération, deux groupes sociaux se distinguent parmi les exploitants pratiquant l'élevage : des semi-nomades vivant en habitat dispersé installé à proximité de leurs terres ; des

nomades bédouins vivant sous la tente en plein désert et pratiquant la céréaliculture en année pluvieuse, sur les terres dépendant de leurs tribus ou sur les terres collectives.

En Tunisie aride (**Haddej Bou Hedma et Menzel Habib**), la sédentarisation semble bien avancée dans la mesure où près des 4/5 des terres sont actuellement privées (cas de l'observatoire de Menzel Habib). La sédentarisation, comme précédemment (El Omayed), a été favorisée, il y a une cinquantaine d'années, par l'Etat tunisien en incitant à l'introduction de l'arboriculture. Un véritable changement s'opéra alors dans les usages des terres. L'élevage ovin et caprin, jadis dépendant du nomadisme se pratique actuellement sous une forme semi-sédentaire où la transhumance ne rappelle le nomadisme que comme pratique et avec des déplacements nettement plus réduits.

Dans les **parcours steppiques du Sud-Oranais**, l'élevage demeure un usage dominant, ce qui explique probablement que le surpâturage soit considéré comme la principale problématique dans cet observatoire. Cependant la sédentarisation est une tendance significative. Actuellement, d'après les investigations dans cet observatoire, environ 40 % des éleveurs pratiquent les grands déplacements de type « achaba ou azzaba » alors que seuls 14 % des foyers vivent sous la tente. Traditionnellement, la transhumance se pratique par un déplacement en hiver (azzaba) vers les parcours sahariens au sud, et un déplacement vers le nord, vers les zones céréalières après les moissons en été (achaba). L'azzaba permet la mise à l'abri du cheptel contre le froid hivernal qui caractérise les zones steppiques et l'Atlas saharien. L'achaba traditionnelle est un déplacement des éleveurs par groupements ethniques, Arch, empruntant des couloirs de transhumance, transitant d'abord par des zones d'attente, avant d'accéder à la zone céréalière (ou d'arrivée) généralement située au piémont sud de l'Atlas Tellien.

Ici, la mise en culture, bien qu'en croissance, n'a pas atteint les proportions observées en Tunisie et en Egypte, en raison certainement d'un climat moins propice (plus rigoureux en hiver). Ainsi, le déclin du nomadisme semble s'expliquer aussi par des changements de pratiques. Quelques indicateurs semblent le justifier : dominance des déplacements de troupeaux sur de courtes distances (moins de 40 km) ; utilisation accrue des camions pour le transport des animaux transhumants ; pratique généralisée de la complémentation qui a favorisé la dominance de la race ovine « Baida » (en raison de sa blancheur) aux dépens de la « Hamra », race plus rustique et jadis nettement dominante dans les troupeaux « nomades » (Aidoud & Nedjraoui, 1992).

Dans les **piémonts présahariens de l'Atlas marocain** (Oued Mird, Issougui), le système nomade, qui s'est maintenu le plus longtemps par rapport aux autres sites nord-africains, est actuellement en fort déclin. Le rythme de sédentarisation dans la vallée de l'Oued Mird ou dans la région voisine a été irrégulier durant les 30 à 40 dernières années, avec une moyenne annuelle de 5 installations par an. Le rapport de l'observatoire de Oued Mird donne, en 2004, le chiffre de 15 foyers nomades Aït Isfoul d'Oued Mird qui se maintiennent dans la région avec une tendance à la fréquentation des mêmes parcours.

La tendance, relativement récente, à la sédentarisation explique probablement la pression plus faible sur les ressources pastorales qui, en fait, caractérise la région (Davis, 2005), toutes proportions gardées eu égard aux potentialités éco-climatiques. Cet auteur semble donner cette région comme exemple de situation écologique préservée pour remettre en cause ou discuter les écrits alarmistes (e.g. ORMVAO, 1993 ; Thiault, 1994 ; PROLUDRA, 1997 in Davis, 2005) incriminant les éleveurs de surpâturage qui est désigné comme cause principale de désertification (cf. débat sur le concept de désertification).

En **Afrique de l'Ouest**, le pastoralisme, usage ancien, semble être une spécialisation de certains groupes ethniques tels que les Peuhls, et l'utilisation de l'espace obéit à des règles traditionnelles de gestion (Thébaud, 2001). On retrouve ces règles dans les communautés Haoussa du Niger, Touaregs et Tamachek dans le nord du Sahel et au sud du Sahara (Ibrahima, 2004). Les terres de parcours et les points d'eau sont de façon générale à usage collectif malgré l'existence d'un marché informel d'importance significative dans certains cas (Mathieu, 2001).

En comparaison avec les observatoires du nord du Sahara, la sédentarisation ne semble pas constituer une tendance majeure selon les investigations entreprises dans les observatoires Roselt/OSS en Afrique de l'Ouest. Certains écrits et indicateurs néanmoins, montrent que cette tendance est avérée dans certains milieux pastoraux. C'est le cas au Mali dans les parcours proches du fleuve Niger et dans le Ferlo (Sénégal).

A l'indépendance du Mali, le gouvernement a incité les populations nomades à la sédentarisation pour un meilleur contrôle des populations et de l'élevage. Pour faciliter l'approvisionnement en denrées agricoles, des magasins ont été ouverts par l'Etat (Baudoux *et al.*, 2005). Une relative « spécialisation » ethnique est décrite quant aux usages dans la commune de Bamba. Les terres agricoles dans leur majorité sont détenues par les « Armas ». Les parcours pastoraux sont collectifs mais soumis à des règles relevant du droit coutumier. L'utilisation des puits toutefois peut être réservée en priorité à la tribu qui a contribué au

creusement du puits. La gestion des pâturages de bourgoutières obéit également à des règles autres que celles préconisées par les textes en vigueur. La sédentarisation observée, associée à l'accroissement de la population, a entraîné un intérêt croissant pour la mise en culture également encouragée par l'aide extérieure (Mathieu, 2001). La pression sur les terres cultivables s'accroît de même qu'a augmenté la charge animale en bordure du fleuve, du fait de l'installation de la majorité des populations du Nord du Mali près du fleuve pour l'abreuvement en saison sèche.

Les conflits constituent ainsi une préoccupation majeure de l'ensemble des instances locales ou de l'Etat. Les conflits concernent essentiellement l'utilisation des terres cultivables en bordure ou dans le lit du fleuve après décrue, la délimitation des terres agricoles, le partage des terres héritées, l'utilisation des terres en jachère et l'accès à l'eau. La gestion des conflits est assurée par la médiation des différentes instances locales (conseils, imam) et le plus souvent ces conflits trouvent leur solution à ce niveau.

Dans les observatoires du Niger, l'emprise de l'agriculture est relativement plus importante en raison d'une pluviométrie plus élevée. Les investigations soulignent certes une intensification de l'agriculture qui se traduit par la diminution de temps de jachère, mais la sédentarisation en elle-même n'est pas un phénomène pertinent.

En résumé, la tendance à la sédentarisation est plus marquée au nord du Sahara. Encouragée à l'origine, souvent par les Etats, elle a permis aux populations de se doter d'activités de rechange, de diversifier leurs revenus, l'élevage s'étant souvent maintenu, extensif, mais avec des déplacements moins importants que lorsque dominait le nomadisme. La sédentarisation peut apparaître comme un corollaire de la mise en culture des terres en raison de la réduction des terres de pâturage et de leur dégradation par la surcharge qui en découle. Cependant, l'insuffisance des ressources fourragères (cas du Sud-Oranais) et/ou des points d'eau (cas de la commune de Bamba), soit par leur déclin (dégradation du tapis végétal et de la qualité de l'eau), soit par augmentation du cheptel, peut entraîner un processus similaire avec une baisse des déplacements. Ainsi, malgré des différences entre le nord et le sud du Sahara dans l'importance semble-t-il du phénomène, il semble que des convergences existent dans les pratiques liées à la sédentarisation ou favorisée par cette dernière.

2.5- Signification des tendances

Un certain nombre de changements significatifs, au plan biophysique, ont été démontrés dans les observatoires Roselt/OSS. Ces changements observés sur une dizaine d'années, voire davantage, sont-ils significatifs à plus long terme? Comment intégrer ces changements, observés dans des situations particulières,

dans un cadre plus large sous-régional ou régional ? Quelle place tiennent ces changements dans les modèles dynamiques théoriques des écosystèmes arides ? Les réponses à certaines de ces questions ne peuvent être que partielles, tant après sont les débats qui se poursuivent actuellement.

2.5.1- Signification des tendances climatiques

Quel que soit le site ou l'observatoire considéré, l'évolution en particulier de la pluviométrie peut montrer une tendance statistiquement significative sur une durée plus ou moins longue. Ainsi, à El Omayed, il est montré durant 25 années d'observation qu'une augmentation régulière a été enregistrée pour la température de l'air (2 ou 3 °C), l'humidité relative (10-15 %), la pluviométrie (20-30 mm/an). Dans l'observatoire d'Oued Mird, une baisse significative ($p < 0.05$) est enregistrée entre 1988 et 2003. Il est possible de montrer une telle évolution dans l'observatoire de Ribeira... Il importe cependant d'intégrer cette évolution dans une série plus large. En effet, dans l'observatoire des Hautes Plaines du Sud-Oranais (station d'El Bayadh), la période d'une vingtaine d'années (1971-1989) montre également une baisse significative ($p < 0.05$) de la pluviométrie. Intégrée, en revanche, sur une plus large période (121 années), cette période relativement sèche apparaît certes comme la plus longue à l'échelle du siècle mais sans qu'aucune tendance significative ne soit relevée dans l'ensemble de la série.

S'il semble encore difficile d'affirmer l'existence d'une tendance à long terme, en particulier celle d'une « aridification », il est par contre très vraisemblable que les sécheresses prolongées soient impliquées activement dans les processus de désertification. Le lien de causalité est cependant indirect et se fait via la surcharge d'exploitation exercée sur les ressources naturelles notamment sur la végétation par surpâturage (Le Houérou, 1969 ; Aidoud et Touffet, 1996) ou via l'emprise de l'agriculture itinérante (Floret et al. 1978 ; Le Floc'h *et al.*, 1995 ; Jauffret, 2001). Car, comme l'a signalé Le Houérou en 1969, « c'est l'homme qui crée le désert, le climat n'est qu'une circonstance favorable ».

2.5.2- Place de la désertification dans les modèles dynamiques théoriques

Un cadre théorique cohérent est nécessaire en vue de l'interprétation des résultats des analyses de données ainsi que pour l'édification de produits d'aide à la décision.

Les paradigmes jouent un rôle critique dans les sciences de la nature par l'établissement de modèles qui sont utilisés pour identifier les problématiques et interpréter les résultats, et donc influencent fortement la légitimité à la fois des hypothèses avancées et des solutions proposées (Briske *et al.*, 2003). Ainsi, les échecs des modèles de gestion des écosystèmes arides pâturés, basés sur la théorie

successionnelle classique (dite de Clements), ont été expliqués par la non-adéquation de cette théorie avec le fonctionnement et la dynamique des systèmes arides. Un exemple est donné par les steppes d'alfa qui formaient encore récemment des nappes denses et homogènes dans l'observatoire du Sud-Oranais. Ces formations de glacis anciens semblent avoir été maintenues dans un état d'équilibre métastable que d'aucuns qualifiaient d'état « fossile » avec un niveau élevé de vulnérabilité. Il a fallu un changement brutal et profond des pratiques d'élevage avec une pression de pâturage plus élevée pour déclencher leur destruction irréversible en quelques années (Aidoud *et al.*, 2006). Ces steppes étaient particulières et ne pouvaient nullement entrer dans le schéma successional classique de la « série du pin d'Alep » comme cela était encore de mise tout récemment.

Les **théories scientifiques** sur la dynamique des écosystèmes arides semblent être encore insuffisamment élaborées à l'échelle de l'ensemble de la communauté scientifique internationale, comme en témoignent les débats actuels quant aux modèles de dynamique dans ces écosystèmes (Briske *et al.*, 2003 ; Richardson *et al.*, 2005 ; Hein, 2006 ; Retzer 2006). Un effort considérable reste à accomplir en vue de l'approfondissement de l'analyse afin de fournir les bases théoriques et les modèles dynamiques pour la compréhension des processus actuels et le choix des systèmes de référence pour des actions de restauration ou de réhabilitation des terres dégradées.

3- Gestion des données et Produits d'aide à la décision (PAD) _____

3.1- Système d'information sur l'environnement à l'échelle locale (SIEL)

Élaboré dans le cadre de Roselt/OSS pour la gestion et le traitement des données biophysiques et socio-économiques, le système d'information SIEL se compose de quatre sous-systèmes : la gestion de bases de données, le traitement de l'information géographique (SIG), le graphisme et la modélisation. Le principe du SIEL est de modéliser :

- la structure d'un territoire (e.g. un observatoire) subdivisé en unités paysagères (UP) délimitées selon les caractères biophysiques, et en unités de pratiques combinées (UPC) définies sur la base de pratiques d'exploitation des ressources naturelles. L'intersection de ces deux structures spatiales détermine des unités spatiales de référence (USR).
- le fonctionnement et l'évolution du système, à une échelle donnée de temps, exprimant la dynamique réelle enregistrée, ou simulée selon des scénarii prédéfinis.

Sa mise en œuvre dans l'observatoire de Menzel Habib (Tunisie) est traitée comme exemple ci-après. Il s'agit d'une synthèse donnant sous forme succincte les principes généraux du système SIEL. Pour plus d'information et de détail, voir Loireau (1998) ; Roselt/OSS DS3 (2004), Loireau et al. (2005), et en particulier pour l'observatoire de Menzel Habib, Sghaier et al. (2005).

Dans l'observatoire de Menzel Habib, la période de modélisation couvre les années 2001 à 2004. Les enquêtes et investigations ont été réalisées entre 2003 et 2005. Les centres d'activité (CA), au nombre de 22, correspondent aux agglomérations urbaines jugées influentes sur les pratiques d'exploitation des ressources naturelles. Malgré leur importance dans l'abreuvement des animaux, les points d'eaux, par exemple, ont été jugés comme ayant peu d'effet structurant. Les CA sont délimités selon les unités territoriales élémentaires : les imada (pluriel de Omda). Pour chaque CA, sont donnés le nombre de ménages et d'habitants, et l'effectif du cheptel.

Occupation du sol

Les analyses d'une image satellite, d'une part, et des relevés de terrain, d'autre part, ont identifié 13 unités d'occupation (tableau 2).

Unité d'occupation du sol	ha
<i>Stipa tenacissima</i> et <i>Artemisia herba-alba</i>	11 150
<i>Rhanterium suaveolens</i> et <i>Astragalus armatus</i>	22 796
<i>Arthrophytum schmittianum</i> et <i>Salsola vermiculata</i>	698
<i>Arthrophytum scoparium</i> et <i>Helianthemum kahiricum</i>	1 601
<i>Atractylis serratuloides</i> , <i>Astragalus armatus</i> et <i>Salsola vermiculata</i>	15 703
<i>Atractylis serratuloides</i> et <i>Pituranthos tortuosus</i>	23
<i>Lygeum spartum</i> , <i>Atractylis serratuloides</i> et <i>Gymnocarpus decander</i>	1 198
Parcours halomorphes	183
Mise en défens et plantation forestière	1 087
culture (céréaliculture et/ou arboriculture)	20 938
Unité mixte : parcours 30 %, culture 70 %	2 431
Unité mixte : parcours 50 %, culture 50 %	2 673
Unité mixte : parcours 70 %, culture 30 %	1 540
Agriculture derrière jessours	7 108
Garaa	1 170

Tableau 2 : Répartition des unités d'occupation du sol dans l'observatoire de Menzel Habib.

Unités paysagères (UP)

Les UP ont été élaborées sur la base d'une typologie morphopédologique associant les données géomorphologiques et édaphiques constituées à partir des

documents cartographiques existants :

- cartes topographiques : deux feuilles au 1:100 000 ;
- cartes des sols ;
- carte géomorphologique ;

Après traitement (numérisation, géo-référencement) et croisement des données (17 classes de sol et 8 morphologiques), un ensemble de 1 288 unités élémentaires, établies selon 52 classes morphopédologiques, a été synthétisé et représenté en 351 unités selon un panel final de 13 classes d'« aptitude des sols » :

- sols limono-sableux de bas-fonds ;
- sols sablo-limoneux de bas-fonds ;
- sols de garaa (dépression) ;
- sols de glaciais à croûtes ;
- sols minéraux bruts de glaciais ;
- sols de plaines alluviales ;
- sols de piémont ;
- sols limono-sableux de plaine ;
- sols sablo-limoneux de plaine ;
- sols de sebkha (dépression salée) ;
- sols de versant ;
- mise en défens ;
- terres rouges.

Elaboration des territoires potentiels d'exploitation (TPE)

Un TPE correspond à un centre d'activité associé à une activité structurante (e.g. mise en culture) selon un poids qui correspond à une variable (population dans le cas présent). Selon le modèle retenu (de Thiessen in Loireau *et al.* 2005), pour chaque point de l'espace, il est calculé un critère combinant le poids « p » et la distance au CA « d », selon la formule : $\sqrt{p/d}$. L'espace est découpé ensuite en 22 TPE, selon ce critère, autour des 22 CA.

Unités de pratiques combinées

Les pratiques combinées se déclinent en six types décrits dans le tableau 3. Chaque UPC est caractérisée par une exploitation, dominante mais jamais unique

à l'échelle retenue du paysage dont l'intérêt est de déceler la dynamique des pratiques et de leur impact sur les ressources naturelles

UPC	Cér.	Mar.	Oli.	Snu	Par.	Fri	Total	Caractéristiques
PC1	5 (20)	0	20	20	40	15	100	Oléiculture derrière « Jessour » (ouvrage de retenue hydraulique) : partie amont, à pente forte, des bassins-versants
PC2	10 (35)	0	45	10	10	25	100	Oléiculture de « plein champs » sur plaine et bas-fonds sans ouvrage hydraulique.
PC3	20 (45)	0	10	15	10	45	100	Céréaliculture pluviale
PC4	10 (40)	0	40	10	10	30	100	Céréaliculture et oléiculture avec « tabia »
PC5	15 (30)	30	10	15	0	30	100	cultures irriguées (très peu répandues, maraîchage) + céréaliculture pluviale (45 ou 15/30) + arboriculture
PC6	5 (15)	0	5	25	55	10	100	parcours pastoraux avec des steppes, céréaliculture + oléiculture

Tableau 3 : Unités de pratiques combinées dans l'observatoire de Menzel Habib

Les valeurs donnent, pour chaque UPC, les proportions (en %) de surface occupée par chaque pratique ou type d'occupation du sol :

Cér. = céréaliculture ; Mar = maraîchage ; Oli. = oléiculture ; Par = parcours pastoraux steppiques ; Fri = friche ; Snu = terre nue.

Pour la céréaliculture, entre parenthèses, est donnée la surface que cette pratique occupe durant les années pluvieuses. En année moyenne ou sèche, le reste est laissé en friche (dénommée « jachère » dans d'autres observatoires).

Un rendement agricole (kg/ha) a été évalué pour chaque unité paysagère à partir des enquêtes et des données bibliographiques. Selon les types de pratiques combinées (PC) et des aptitudes des sols.

Les groupes stratégiques humains sont au nombre de 5 selon les usages (sans activité ; grand éleveur-arboriculteur ; oléiculteur-éleveur ; agriculteur moyen et irriguant). Pour les animaux, 3 groupes stratégiques ont été définis en fonction de l'activité pastorale (non transhumant, transhumant localement et transhumant hors CA).

Les besoins agricoles annuels sont calculés en kg par groupe stratégique en vue d'évaluer et de délimiter en conséquence, la taille des surfaces à exploiter. Les besoins sont évalués en fonction de variables dites « constantes globales » liées à la consommation de production agricole **cc**, de bois **cb** et de fourrage **cf** évaluée à 0,23 kgMS/jour/tête, la commercialisation **co**, les semences **se** et la surface semée **ss**.

Les variables **cb** et **cf** ont été évaluées respectivement à 0,07 kgMS/jour/personne et 0,23 kgMS/jour/tête.

Les variables **cc**, **se** et **co**, tenant compte respectivement des taux d'autoconsommation, de stockage de semences et des proportions vendues, ont été calculées en fonction des données :

- production **pc** et surface semée **sc** par ménage et rendement **rc** de céréales ;
- production **po** et nombre d'arbres **no** par ménage et rendement **ro** des oliviers.

Pour un groupe stratégique de « **nh** » personnes, les besoins « **bh** » sont :

$$bh = (cc + se \times ss + co).nh$$

Chaque pixel (résolution de 300 m) a été renseigné par :

- l'effort propre **ep** évalué pour chaque classe de pratiques combinées, à partir des investissements (mécanisation, aménagements, intrants, subvention, main d'œuvre et équipements. A titre d'exemple, les classes PC6 (parcours pastoraux) et PC5 (maraîchage) montrent respectivement des **ep** de 0,56 et de 1,00 ;
- l'effort **E** calculé selon le type de pratique, en fonction de **ep**, la distance au CA, la pénalisation distance et la distance seuil, laquelle est variable selon les CA et au-delà de laquelle une production agricole a une faible probabilité d'occurrence ;
- la production **Pr** agricole combinant celle des céréales et des oliviers ;
- l'« intérêt maximum » défini comme le rapport, à ce pixel, de la production **Pr** à l'effort **E**.

Ces informations ont permis de délimiter les zones d'exploitation effectives (enveloppes des UPC) permettant de répondre aux besoins. Si les besoins ne sont pas satisfaits, la zone est considérée comme déficitaire.

Les UPC sont obtenues en combinant les enveloppes des UPC et les pratiques combinées d'intérêt maximum.

A partir des données disponibilité/prélèvement sur les ressources agricoles, fourragères et bois, des bilans ont été calculés et les cartes correspondantes ont été établies pour l'observatoire. Ces cartes donnent la répartition spatiale des impacts des différents usages. Elles montrent que les prélèvements élevés coïncident avec les disponibilités les plus élevées. Un bilan négatif indique un risque de dégradation. Dans l'observatoire de Menzel Habib, ce risque exprimé par rapport à la surface représente pour les activités agricoles, pastorales et de prélèvement de bois respectivement 28 %, 30 % et 24 %.

Ce travail préliminaire a été effectué à un niveau de précision relativement bas en attendant des résultats plus précis à partir d'enquêtes au niveau des parcelles.

L'application du système SIEL est plus ou moins avancée dans les autres observatoires :

- L'outil SIEL a été initié la première fois dans l'observatoire de Dantiandou (Loireau, 1998 ; Roselt/OSS DS3, 2004 ; Loireau *et al.*, 2005, Loireau, à paraître) ;
- à El Omayed (Egypte), l'outil SIEL, mis en œuvre, a mis en évidence la répartition des principales données requises pour la modélisation numérisées au 1/25 000 : la topographie, les sols (selon la carte établie par la FAO). Le traitement par télédétection a été réalisé sur une scène Landsat TM de 1984 sur laquelle ont été délimitées des unités de végétation, géomorphologiques. Les données disponibles ou recueillies sur le terrain ont été réajustées à l'échelle de travail. Une modélisation a été réalisée selon la procédure SIEL définie par le guide méthodologique.
- Dans l'observatoire du Ferlo (Sénégal), la modélisation SIEL a porté sur un territoire de 71 000 ha de la commune de Ouarkhokh à vocation agropastorale. Il s'agit d'un prototypage du SIEL pour la période 2000 à 2005 durant laquelle les travaux de caractérisation de l'observatoire ont été effectués et les données (existantes et de terrain) du modèle ont été collectées. L'ensemble de la procédure de modélisation a été implémentée.
- Dans l'observatoire marocain d'Issougui, une réflexion a été engagée et le choix de zone à modéliser dans un premier temps a porté sur la partie sud de l'observatoire (Saghro) en raison de sa dynamique sociale, la disponibilité de données et l'accessibilité.
- Hautes Plaines Steppiques (Sud-Oranais) : le système d'information est en cours de construction au plan biophysique. Certaines données socio-économiques restent à collecter et à placer dans le système. L'échelle de travail est au 1/200 000.
- Dans l'observatoire de Ribeira Seca, l'enquête nécessaire pour alimenter un prototype du SIEL a été effectuée en 2005.
- Le rapport sur l'observatoire de Oued Mird (Maroc) indique que des essais d'implémentation ont été réalisés et des données géo-référencées ont dû être reprises.
- Pour l'observatoire de Bourem (Mali) et celui de Haddej-Bou Hedma (Tunisie), il n'y a pas d'indications précises dans les rapports analysés.

3.2- Les bases de métadonnées (Mdweb de Roselt/OSS)

Cet outil est dédié à la définition, la description et la localisation des données et des informations disponibles se rapportant aux observatoires. Les métadonnées, dans le cadre de Mdweb, portent sur un ensemble de descriptifs, tels que résumé, mots-clés, date, langues, emprise et référentiel géographique, le détenteur de la donnée...

Cet outil a été implémenté dans les observatoires d'El Omayed, du Ferlo, de Menzel Habib.

3.3- Les produits d'aide à la décision (PAD)

Le PAD est défini de différentes manières, mais il peut être considéré de manière générale selon Matthies *et al.* (2007) comme un système d'information informatisé, interactif, flexible et adaptable, développé pour aider à identifier et résoudre un problème de gestion complexe et mal structuré en vue d'améliorer les prises de décisions. Les PAD environnementaux se composent souvent de divers modèles, bases de données et outils d'évaluation et de diagnostic ; ils intègrent une interface utilisateur graphique souvent réalisée en employant des fonctionnalités spatiales de gestion des données fournies par les systèmes d'information géographiques (SIG). Ils sont basés sur des données et des modèles et fournissent une interface facile et conviviale qui intègre les niveaux de spécialisation et de capacité d'utilisation d'un tel outil par les décideurs. En outre, un PAD est en général établi selon un processus interactif, apporte l'aide et l'appui à une ou plusieurs phases de la prise de décision.

Les produits d'aide à la décision (PAD) sont une des expressions de la dimension transfert des institutions de recherche scientifique. Ces produits peuvent être des outils de grande utilité dans la planification et la gestion des écosystèmes. Les PAD peuvent contribuer à l'échange efficace d'informations entre les experts et l'ensemble des parties prenantes (décideurs, exploitants, gestionnaires...). Cependant, l'apport des PAD est souvent considéré comme modeste (Goosen *et al.*, 2007) dans le cas de certains systèmes, notamment les milieux arides.

La fiabilité, l'efficacité et la précision des PAD dépendent en effet pleinement du niveau de connaissance atteint concernant l'état de l'environnement (milieu et ressources) et la dynamique des systèmes écologiques, agraires et socio-économiques. Selon Todd (1999), il est nécessaire de développer des systèmes détaillés et complets qui doivent permettre d'évaluer l'adéquation de l'information environnementale disponible pour construire un PAD selon les besoins des gestionnaires et d'établir des procédures pour mettre à jour systématiquement

l'information sur ces systèmes. Une telle conception est fondée sur le fait que la qualité de la décision de gestion est étroitement dépendante de la qualité des informations ayant servi à la prendre.

Outre la disponibilité des données, une des raisons d'échec ou de faible pertinence, avancée par ailleurs, est que très souvent les PAD sont dictés et pilotés par les outils technologiques plus que par la demande des utilisateurs eux-mêmes, destinataires de ces outils (Goosen *et al.*, 2007).

Selon la disponibilité des données et de leur qualité, les PAD peuvent prendre diverses formes. Dans le cadre des observatoires Roselt/OSS, les produits retenus (tabl. 4) dans cette synthèse sont représentés par des supports d'information spatialisés (documents cartographiques) et les systèmes d'information sur l'environnement local SIEL qui permettent à la fois de capitaliser les données et de les incorporer dans des procédures d'évaluation et de représentation des ressources.

Observatoire	COT/COS	Pédologique/morphologique	aménagement/Infrastruct./Usages	Etat Biodiversité
El Omayed	COT Comparaison 1988-1997 (in. SPO) mise en place d'une base opérationnelle pour le suivi. COT 2000-2001 (landat TM) - analyse diachronique	Photointerprétation (1954, 62,79), terrain, étude de détail au 1/25 000, 2005; définition des classes de sols	Inventaire et localisation des points d'eau. 2004 : Carte usages ; achevées : enviro., occup. agric, puits. Depuis 1999, zones plates pour mise à jour du SIG : couvert végétal, 1ste espèce avec coef. Abondance	liste d'espèces menacées
Menzel Habib	COS 13 unités d'OS 1/100000 - analyse électronique	16 unités; pédol. 1/100 000 (2005); carte 8 unités morpho; 13 unités morphopédol	Carte des aménagements CES. Inventaire + localisation des points d'eau. Carte d'aptitude à l'irrigation (enquête provisoire); creusement carte morphopédologique x carte qualité minérale des eaux. #36000 ha irrigables 1c. bg / de sel	liste d'espèces menacées
H. - Bou Hedma	COT 2000: 16 unités d'occupation ; lin. Sol. + doc. existante + végét. Terrain. COT 2004 : suivi de l'OT par croisement plurithématique.	2004; 33 profils 16 classes de sol + esquisse de carte pédologique. Esquisse carte morphologique par cartographie topogr. - pentes - polygones (landat TM 2000) + valid. terrain. Croisement morphopédol. sur SIG.	Carte des aménagements de CES et de lutte contre l'ensablement.	liste d'espèces menacées
Oued Mird	11 unités de végétation depuis 2000; délimitées 2004 sur image ASTER + validation terrain COT 2001: 19 unités révision. 14 unités d'occupation au 1/200 000	Esquisse carte pédol. ; profils pédologiques types (1999-2004) Esquisse carte géomorphol. Morphopédol. Esquisse en cours	Inventaire + localisation des points d'eau	liste flore et faune, indication d'espèces menacées
Steppes des Hauts Mairnes	COT 2004 (physionomie végétation); changements par rapport à la COT 1978 unités physionom. 1 ^{re} esp dans.)		Inventaire + localisation des points d'eau	liste floristique + taxonomie (espèces famille) + spectre biologique + spectre phytogéographique
Ferfo	COT lin Landat ETM 2002: Végét. terrain fiche relevé). 5 unités; physionomiques selon strat. verticales.	Carte morphopédologique (2003-2004) 1/50 000; 7 unités + carte aptitude agricole des terres (exigence culturale + climat + car. Pédol.); 6 classes d'aptitude.	Inventaire + localisation des points d'eau	
Ribeira Seca	4 unités d'occupation principales : cultures (dominantes) ; maïs/ arachides), jachères, végétation naturelle.	Vulnérabilité des sols en relation avec l'érosion	Indicateurs de sévérité de l'érosion; formes d'érosion, quantités de matière déplacée par rapport à la surface érodée et le type d'occupation des terres., 21 000 t/ha/an de terre déplacée.	liste d'espèces (flore et faune)
Toradi-Tondkandia-Dandiantou	COT: 8/9 unités selon les observatoires		Carte ress. en eau / carte infrastructures socio-communautaires	Inventaire floristique
Bourem	Carte Unités Pays. Végétation 1/200000, 10 unités	Zonage morphologique des accumulations sableuses dans un but de suivi déplacement dunes + flux particules (5 unités)	Inventaire + localisation des points d'eau	Inventaire floristique 52 taxons (42 herbacées + 10 ligneux)

OT : occupation des terres, COT : carte d'occupation des terres, OS : occupation des sols, COS :

Tableau 4 : Principaux produits d'aide à la décision élaborés dans les observatoires Rosel/OSS

3.4- Les indicateurs des changements et des tendances

La primauté de l'utilisation de la notion d'indicateurs en écologie est attribuée à Kolkwitz, & Marsson (1902) par Turnhout *et al.* (2007). Longtemps plus tard, Ellenberg (1974) a développé la notion de valeur indicatrice, quantifiée par un indice, des espèces vis-à-vis du milieu. Les valeurs indicatrices spécifiques (Ellenberg *et al.*, 1992) sont actuellement largement utilisées dans la caractérisation des milieux à partir des communautés végétales en tant que bio-indicateurs.

Concernant la désertification, les premières listes d'indicateurs de désertification furent proposées par Berry & Ford (1977) et Reining (1978) cités par Grainger *et al.* (2000). D'autres ont été proposées ensuite par Mabutt (1986) intégrant les indicateurs biophysiques et socio-économiques. En 1999, le comité de la CCD pour la science et la technologie (CCD-CST) proposa une liste d'indicateurs aux différents gouvernements en vue de préparer leurs rapports nationaux.

Des mises au point ont été effectuées sur ce concept par Veron *et al.*, (2006) ainsi que par Jauffret (2001), en particulier dans le cadre de la surveillance environnementale et l'évaluation de la désertification (*cf.* Roselt/OSS, DS4, 2004).

Le concept d'indicateur environnemental est un concept à valeur relative et avec plusieurs niveaux emboîtés, ce qui le rend complexe et potentiellement confus (Turnhout *et al.*, 2007). Ceci signifie qu'un critère tel que la diversité, qui peut être évaluée à travers un indicateur écologique, constitue en lui-même un indicateur de qualité écologique.

Le développement d'indicateurs de désertification dépend fortement des connaissances scientifiques disponibles sur l'ensemble des composantes d'un système et de leurs interactions. Les scientifiques sont souvent impliqués dans l'élaboration des indicateurs, ce qui n'est pas une tâche facile car un indicateur est d'abord une simplification exprimant une part importante d'une complexité qui est loin d'être maîtrisée. Un indicateur est une image d'un système construit selon les éléments qui paraissent les plus pertinents selon le niveau de connaissance et le niveau de calibrage de cet indicateur. Ceci suppose une certaine responsabilité qui explique les débats autour du choix des indicateurs et une certaine réticence devant ce concept.

L'efficacité d'un indicateur se mesure par sa capacité à remplacer fidèlement l'information qu'il est sensé représenter. Or la substitution n'est jamais absolue et pour diminuer les risques d'erreurs et les approximations, il est souvent fait appel à des systèmes multi-indicateurs. Les critères de qualité d'un indicateur de désertification sont nombreux (Soyza *et al.*, 1998) mais peuvent être résumés à deux qualités essentielles : la fiabilité et la simplicité.

La désertification est un domaine où la connaissance de conditions de référence, i.e. des normes structurelles et fonctionnelles d'une situation ayant existé ou potentielle d'un écosystème, est primordiale. Or, un indicateur de désertification n'est valable que s'il permet de mesurer les changements par rapport à une référence. Ceci montre l'importance de l'écologie historique ou du suivi à long terme, seuls capables de rappeler ou d'enregistrer ces situations de référence.

Un indicateur de désertification souvent utilisé (e.g. Guevara *et al.*, 1996 ; Prince *et al.*, 1998 ; Diouf et Lambin, 2001 in RETZER 2006 ; Hein, 2006) est la baisse du RUE (Le Houérou, 1984) : rapport de la productivité à la quantité de pluie, exprimant l'efficacité pluviale. Cet indicateur est basé sur le principe que la productivité est une fonction-clé d'un écosystème et que le RUE rend compte de l'efficacité de l'eau en tant que premier facteur de production et dont la quantité impliquée dans cette production dépend de l'état du sol et de la végétation. Le RUE a été largement utilisé comme indicateur de changement notamment de désertification. C'est un indicateur simple qui remplace certains paramètres nécessitant des mesures physiologiques lourdes.

Cependant, l'utilisation de l'indice RUE n'est valable que si l'on précise le système de référence (Le Houérou, 1984 ; Retzer, 2006). En effet, le RUE peut augmenter dans des systèmes en voie de désertification suite par exemple à une augmentation du taux de CO₂ dans l'atmosphère (Veron *et al.*, 2006). Il peut également augmenter lorsque un type de végétation remplace un autre, tel que le remplacement de graminées par des ligneux (Huenneke *et al.*, 2002). L'installation d'un voile éolien accompagnant la dégradation de l'alfa (observatoire des Hautes Plaines) a favorisé une végétation éphémère dont la production peut être plus élevée que celle de la steppe pure préexistante.

Ceci montre la nécessité de s'appuyer sur plusieurs indicateurs (système multi-indicateurs) pour que l'insuffisance ou la faiblesse de l'un des indicateurs puisse être compensée par d'autres. Ainsi, le RUE peut être accompagné du type de végétation et des caractères de la surface du sol pour préciser les conditions de référence. C'est ce qui semble avoir été retenu par les équipes Roselt/OSS, récemment réunies en atelier (fév. 2007) en vue du choix d'un certain nombre d'indicateurs devant être évalués dans l'ensemble des observatoires.

4- Les acquis scientifiques

4.1- Valorisation des travaux antérieurs

Les systèmes écologiques de Menzel Habib ont fait l'objet de nombreuses études dans le cadre de projets nationaux et internationaux de recherche sur la désertification

(Unesco, CAMELEO...). De nombreux dispositifs ont été mis en place pour lutter contre la désertification. Ces travaux ont permis, dès la fin des années 1950, de définir une typologie de ces systèmes (Le Houérou, 1959 ; 1969) au plan biogéographique et écologique, et d'évaluer l'état des ressources à travers des observations et des mesures ayant fait l'objet de représentations cartographiques détaillées de végétation et de production des parcours, sols... (e.g. Floret *et al.*, plusieurs références).

L'état de l'environnement de l'observatoire d'El Omayed a été évalué durant les quarante dernières années via de nombreux travaux de recherche (FAO, 1970 ; Shaltout, 1983 ; Ayyad & El kady, 1982 ; Abdel-Razik *et al.*, 1984, 1988, 1991 ; El Keblalawey, 1994) et projets d'études (Projets SEMDENE, 1975-1979 ; REMDENE, 1979-1983). La socio-économie a été analysée par les travaux de Van de Ven (1987), Van Duivenbooden, (1987), Abdel-Razik *et al.* (1984), EL-Knawy (1993), Heneidy & El Darier (1995).

Il en est de même dans les observatoires du Sud-Oranais, Ferlo et Banizoumbou notamment où de nombreuses équipes ont analysé les conditions biophysiques, sociales et économiques à différentes périodes.

Cependant, les données de travaux antérieurs sont de nature diverse : biophysiques et socio-économiques. Ce sont des résultats d'enquêtes, de mesures et d'inventaires issus de méthodes et d'approches différentes. Une mise en conformité est absolument nécessaire en vue de leur ancrage dans une logique dynamique ou de leur gestion et utilisation plus efficaces. A titre d'exemple, les inventaires biophysiques comportent souvent des données taxonomiques, édaphiques ayant servi à établir des patrons de distribution des communautés et des habitats ; des relevés de suivi dans le temps dans des sites ou stations permanents ; des documents cartographiques d'occupation des terres, de végétation... Ces données proviennent de différentes sources et ne peuvent pas être directement sauvegardées dans une base de données. Certaines opérations de standardisation, souvent lourdes, sont nécessaires au préalable (Piessens & Hermy, 2006). C'est le cas par exemple des listes d'espèces qui nécessitent une homogénéisation des références taxinomiques en raison des changements de nomenclature.

Les rapports des observatoires d'El Omayed de Menzel Habib et des Hautes Plaines sud-oranaises soulignent l'importance de cette valorisation. Dans les Hautes Plaines sud-oranaises, la description des tendances écologiques a largement tiré profit des données existantes *via* la comparaison diachronique des steppes préexistantes (COT datant d'une trentaine d'années et actuelle). L'analyse de ces cartes, malgré les difficultés d'interprétation, montre l'évolution des ressources et la situation alarmante actuelle, ce qui permet de disposer d'une base

de discussion avec les gestionnaires et les décideurs sur la gestion et/ou les aménagements futurs.

4.2- Qualité des données et des résultats scientifiques

4.2.1- Les points forts

Les résultats décrits de façon très succincte dans ce qui précède reflète les points forts du réseau à travers les observations et les mesures réalisées, la masse de données récoltées, la mise au point et l'intégration de données anciennes, l'effort dans l'analyse et l'interprétation des données dans un cadre interdisciplinaire. Ce qui a été d'ores et déjà réalisé à travers le réseau est une gageure, compte tenu :

- de l'état auparavant dispersé des travaux et d'isolement des équipes impliquées dans l'étude des écosystèmes arides et de la désertification dans le pourtour saharien ;
- de la difficile harmonisation des approches dans un ensemble diversifié de situations, d'expériences et de problématiques déjà engagées dans des projets de recherche en cours d'exécution ;
- du niveau insuffisant des connaissances sur les écosystèmes arides en général, sur leur dynamique en particulier, en raison, comme il ressort des investigations, de la complexité des interactions entre les facteurs dynamiques biophysiques et socio-économiques et des différentes échelles et niveaux d'action/réaction entre ces facteurs ;
- de la nature universitaire des équipes dont il est exigé traditionnellement une certaine originalité scientifique incompatible avec le mode routinier du suivi à long terme.

Le réseau Roselt/OSS a réussi à créer un climat de collaboration entre des équipes qui souvent ne se connaissaient pas auparavant et désormais une « vie de réseau » existe belle et bien. D'ores et déjà, certaines institutions nationales dont dépendent les observatoires, ont pris en main la surveillance à long terme et l'extension de celle-ci à des territoires et des stations en dehors des observatoires existants.

4.2.2- Les difficultés et insuffisances

Difficultés liées à la surveillance à long terme

La surveillance à long terme en général, et celle de Roselt/OSS en particulier, utilise des approches qui ne sont pas communes dans les travaux de recherche habituels. Il s'agit d'une surveillance continue par des techniques et des dispositifs imposant un travail de type « routine » qui est peu conforme aux approches

universitaires et académiques classiques. Cette particularité explique un certain nombre de difficultés vécues ou à venir :

- l'organisation de la surveillance environnementale en réseau nécessite à la fois la coordination et la durabilité des observatoires afin de répondre à leur dimension de long terme. Pour cela, les travaux ne peuvent se suffire de projets renouvelables. Les observatoires doivent s'intégrer dans des dispositifs nationaux en s'inscrivant dans une démarche institutionnelle seule capable de garantir la pérennité des moyens et des activités. Cette démarche doit conduire à l'appropriation de l'approche par les institutions concernées dans les différents pays (certains exemples existent d'ores et déjà) mais doit également dépasser et surmonter les difficultés liées au cloisonnement institutionnel souvent en vigueur.
- C'est une approche environnementale à large envergure thématique qui prend en charge et mobilise l'ensemble des informations et données anciennes, récentes ou en cours afin d'asseoir les bases de connaissances, suffisamment pertinentes et validées à travers des champs interdisciplinaires, pour l'établissement des produits d'aide à la décision. Or, souvent, la tradition et la structuration universitaires ont favorisé la spécialisation et le réductionnisme qui s'opposent dans leurs fondements à l'interdisciplinarité et aux approches systémiques vers lesquelles la tendance est encore lente et insuffisante. L'étude de l'effet d'une perturbation doit tenir compte de toutes les synergies qui ne peuvent être mises en évidence que par la coopération entre les disciplines en vue d'identifier et d'évaluer l'ensemble des facteurs à la fois biophysiques et socio-économiques mis en œuvre dans la perturbation.
- La surveillance à long terme se base sur les variables simples fournissant des données qui, en période de « calme », ne présentent qu'un faible intérêt car donnant des variables de faible dispersion (ou variation) chère à la statistique. Sous climat aride, c'est le cas surtout des périodes sèches. Rappelons que de nombreux observatoires ont débuté leur activité de surveillance pendant une période très sèche qui est souvent considérée comme une phase ne nécessitant pas d'observation ; « on ne mesure pas la végétation quand pas une plante ne pousse ». Lorsque par exemple, dans un observatoire, la phytomasse ou le couvert végétal n'est pas mesuré pour cause de sécheresse, il s'agit d'une donnée manquante qui ne peut pas être valablement remplacée par une valeur nulle sauf si une mesure effective a fourni cette valeur.
- Au plan d'instrumentalisation des stations permanentes, il semble important de signaler qu'en raison de la nécessaire pérennité des observations, il est impératif de rechercher les dispositifs les plus résistants, capables de supporter un milieu rude dans la durée. Dans cette optique, il est recommandé

de disposer de solution de rechange en cas de dysfonctionnement ou de panne. Ainsi, par exemple, un pluviomètre enregistreur automatisé et sophistiqué se doit d'être accompagné par un simple pluviomètre totalisateur, plus « rustique », utilisé comme pluviomètre de secours.

Interprétation et comparabilité des données et des résultats

La qualité des résultats dépend à la fois de celle des données (échantillonnage) et de leur traitement et interprétation. Cette dernière, elle-même, dépend de l'harmonisation des données. Cette harmonisation a été l'une des préoccupations de l'approche Roselt/OSS qui prévoit sinon une harmonisation des techniques de récoltes de données, au moins la possibilité de la définition d'une ligne de base ou de référence permettant la comparabilité des résultats. Quelques exemples de difficultés d'interprétation sont donnés ici pour illustrer la diversité du problème.

- Une difficulté réelle est celle rencontrée dans l'utilisation des données anciennes, soit dans leur intégration en tant que base pour l'évaluation des ressources existantes, soit dans l'approche « diachronique » qui consiste à comparer des descriptions instantanées afin d'évaluer les changements durant la période séparant ces descriptions. Ainsi :
 - Dans le premier cas, certaines données peuvent être trop anciennes : c'est le cas de l'évaluation de l'aptitude des sols à Menzel Habib ou encore la description des usages dans les observatoires du Niger. Il convient de signaler cependant, que les données anciennes peuvent rester valables si les changements ne sont pas trop profonds. De même, faute de données récentes, une donnée existante, même ancienne, demeure la meilleure approximation de la variable considérée.
 - Dans le deuxième cas, les descriptions se présentent sous forme de documents cartographiques qui, souvent, sont basés sur des critères cartographiques différents. A titre d'exemple, une analyse diachronique a été réalisée dans l'observatoire des Hautes Plaines steppiques (Sud-Oranais, Algérie) sur la base de deux documents cartographiques d'occupation des terres réalisés à une trentaine d'années d'intervalle. Les changements ressortent comme très importants concernant l'évolution des unités physiologiques, ce qui confirme d'autres évaluations liées en particulier à la dégradation par surpâturage ou autre. Cependant, certains changements semblent surévalués ; c'est le cas par exemple de l'importante extension des faciès halophiles. Cela peut s'expliquer par la différence entre les procédures d'interprétation (lecture) en 2004 et de cartographie (critères de définition) utilisées en 1978. La carte de 1978, se basait sur deux ou trois espèces dominantes pour définir une unité cartographiée alors que celle de 2004 n'a considéré que la première. En 1978, dans de nombreux faciès halophiles, l'espèce indicatrice de

salinité a été placée en deuxième dominante, la première pouvant être non exclusive des milieux salés (*Lygeum spartum* en l'occurrence). Cette démarche permettait de faire ressortir la zonation reconnue des milieux halophiles, ces faciès étant distribués en couronnes autour des chotts. En 2004 par contre, en privilégiant l'unique première dominante retenue ici comme une halophyte, on fait disparaître l'expression des milieux de transition. Ainsi, il apparaît, d'une part, une importante régression des faciès à *L. spartum*, espèce sensible aux sécheresses sévères mais douée d'un fort pouvoir de régénération, et, d'autre part, une surprenante extension des formations halophiles. L'image ainsi donnée pourrait être l'expression d'une situation ponctuelle liée à la sécheresse de ces années intervenant en synergie avec la pression humaine. Cet exemple soulève également le problème de l'interprétation écologique des cartes de végétation basées sur des critères phytionomiques.

- Des conceptions ou définitions différentes sont affectées à un même objet, concept ou processus par des auteurs ou des écoles différentes. Il est ainsi nécessaire d'unifier les acceptions ou au moins de les préciser lors de la confrontation de plusieurs résultats. Ainsi les pellicules formées en surface sont considérées le plus souvent comme des pellicules de « battance » ou de « glaçage » dans les observatoires de Tunisie et d'Algérie par exemple, mais pouvant être également d'origine biologique. Ce dernier type est signalé dans les observatoires du Niger. Les deux types de pellicules peuvent jouer des rôles différents vis-à-vis de l'infiltration des eaux, la germination des graines et la protection contre l'érosion (cf. Casenave & Valentin, 1988).
- La superficie est très variable d'un observatoire à l'autre, et certaines évaluations sont ainsi réalisées à des échelles très différentes. Par exemple, des évaluations sont effectuées à l'échelle du 1/25 000 dans l'observatoire d'El Omayed et à l'échelle du 1/200 000 dans celui du Sud-Oranais, ce qui est tout à fait conforme à la superficie de chacun des deux observatoires. Une telle différence impose des approches différentes, compte tenu du niveau de précision auquel les objets sont appréhendés. Par exemple, les activités agricoles dispersées sur de petites surfaces décamétriques (dayates par exemple) peuvent être difficilement évaluées à l'échelle du 1/200 000. De même, certains résultats n'auront pas la même signification, ce qui expliquerait la difficile comparabilité en raison de la différence d'échelle.
- Dans certains observatoires comme ceux d'El Omayed, de Haddej-Bou Hedma et de Oued Mird, des surfaces ont été protégées et soumises ainsi à une dynamique particulière dont le suivi pose le problème de témoin. Dans une expérimentation de type écologie *in situ*, deux ensembles ou groupes, homogènes au départ, sont utilisés dont l'un dit « témoin » ou « de contrôle » ne subit pas le « traitement ». Les mêmes mesures sont effectuées sur les deux

groupes avant et pendant l'expérimentation. Ce contrôle est basé sur l'hypothèse que les facteurs externes agissent sur les deux groupes de façon identique et que, *in fine*, la différence d'effet entre les deux groupes serait due au traitement. Dans le cas de parcours pastoraux, dont une partie a été anciennement mise en défens, zones pâturée et non pâturée sont des systèmes pouvant être très différents car déjà transformés. Ils devraient donc être considérés comme des systèmes indépendants, à traiter de façon séparée ; autrement dit, ni l'un ni l'autre ne peuvent servir de témoin dans le suivi de la dynamique comme procédé dans certains observatoires.

Qualité des rapports scientifiques

Un rapport scientifique émanant d'un observatoire fait partie, certes, de ce qui est communément appelé « littérature grise » i.e. qui n'a pas valeur de publication dans une revue indexée. Il revêt, cependant, une importance souvent aussi grande puisqu'il permet de rendre compte de l'état d'avancement du suivi et des tendances, toutes disciplines confondues, mais sans nécessiter d'originalité scientifique. Il se doit à cet effet de respecter un certain nombre de règles : situer la problématique, préciser les conditions, les périodes et la localisation des observations ou des mesures, décrire la méthodologie et la source des données, présenter la totalité des résultats sous forme claire et complète, et enfin exposer les interprétations de manière synthétique en les situant par rapport aux étapes précédentes.

Cette démarche a été plus ou moins respectée selon les rapports scientifiques. Sans s'attarder sur les détails et hormis les erreurs ou imprécisions d'échantillonnage et d'interprétations, certains rapports souffrent d'imperfections dont nous pouvons citer les plus cruciales :

- absence de sommaire et/ou de bibliographie complète ; structure manquant de cohérence ;
- des résultats, parfois sous forme graphique, sans localisation et parfois même sans précision du site, voire de l'observatoire correspondant ;
- alors que l'objectif est un suivi dans le temps, l'origine, les dates et les lieux de prélèvement des données ne sont parfois pas indiqués ; de même, les résultats ou les données bibliographiques ne sont pas assortis clairement des indications spatiales et temporelles relatives à leurs origines, indications indispensables à la confrontation des résultats ;
- un rapport censé reprendre l'ensemble des travaux se doit de rappeler les caractéristiques biophysiques de base : climat, géomorphologie, types de sols... indications ne se retrouvant pas dans certains cas ;

- certains concepts, différemment considérés par les auteurs, sont utilisés sans en préciser l'acception retenue dans le rapport (exemple : diversité) ;
- certaines interprétations méritent d'être étayées par des analyses permettant une présentation plus synthétique des résultats dynamiques.

Il est évident que ces remarques ne s'adressent pas à tous les rapports dont certains sont de très bonne facture en termes de présentation, de rédaction, d'analyse et de documentation. Elles font ressortir surtout la nécessité d'un cadre homogène de présentation.

Circulation de l'information

Un des objectifs ou avantages premiers des activités en réseau est la circulation des informations et des données dans un cadre éthique et déontologique précis et organisé. La difficulté vient ici de la nature et du mode de fonctionnement du réseau. La plupart des équipes sont constituées de chercheurs universitaires confirmés ou en formation. Les données récentes ne sont pas disponibles d'emblée et sont souvent en cours de mise en forme, de traitement ou d'analyse avant publication ou de soutenance de thèse ou de mémoire, ce qui peut expliquer les retards dans le transfert des jeux de données. Ceci d'autant plus que les travaux de recherche dans le domaine de l'environnement sont en général parmi les plus longs à réaliser et en particulier dans les pays du pourtour saharien.

La nécessité de transfert dans le respect des exigences précédentes peut être inscrite explicitement dans les conventions engageant les équipes ou dans le règlement intérieur du réseau.

La circulation, la diffusion et l'utilisation des données sont conditionnées par la garantie du respect de règles déontologiques, évidentes certes, mais qui méritent de faire l'objet d'une charte, voire d'un code précis et strict. Il est démontré que la diffusion des informations, dans un cadre réglementé, est un moyen de les porter au jugement de la communauté scientifique, ce qui leur confère souvent une valeur ajoutée avec des retombées positives sur les auteurs et les équipes concernées.

La mise en commun et la diffusion des données se font soit directement à partir de bases de données, soit indirectement à travers des métadonnées. Le système d'information SIEL et Mdweb, en passe de devenir pleinement opérationnels, permettent ces deux possibilités.

5- Quelques orientations et perspectives

Les remarques qui précèdent montrent l'importance du travail réalisé, mais également le chemin qui reste à parcourir pour atteindre les objectifs assignés à la surveillance à long terme dans le cadre du Roselt/OSS et de l'approche

générale de l'OSS. Sans prétendre apporter les solutions définitives dans ce cadre, quelques réflexions peuvent être avancées comme une contribution à l'orientation des travaux à la lumière des résultats et conclusions exposés dans les rapports scientifiques.

Approches

Comme signalé précédemment, l'approche de la surveillance environnementale à long terme se particularise par son caractère d'échantillonnage en mode routine. Ainsi :

- ce mode d'investigation fournit en général peu de données originales et seuls l'interprétation et les résultats sur le moyen et long terme peuvent être pertinents, ce qui satisfait très peu le chercheur en quête de publication ;
- s'impliquer dans une telle approche exige une motivation, résultat d'une expérience et d'une conscience élevée de la nécessité de la surveillance à long terme d'un point de vue scientifique pour la compréhension des mécanismes dynamiques qu'ils soient régressifs (dégradation) ou progressifs (restauration) ;
- il est fait souvent appel à des stagiaires, des étudiants ou même des chercheurs en formation, ce qui conduit à renouveler fréquemment les équipes d'observation et de suivi et ce type de fonctionnement, dont les résultats sont souvent entachés d'un biais, nécessite des ateliers réguliers de calibrage ou d'étalonnage afin de veiller à l'harmonisation des mesures ;
- les observations régulières, mensuelles, saisonnières ou annuelles s'adressent à des variables fortement influencées par la variabilité pluviométrique inter-annuelle. Il serait alors intéressant, pour plus de rationalité, d'adapter les mesures à cette variabilité en retenant, par exemple, les investigations détaillées sur la flore et la végétation durant les années moyennes à humides et celles sur le sol durant les années sèches.

Afin de répondre à ces exigences, il est intéressant de coupler les opérations de suivi avec des programmes de recherche à court terme plus détaillés et dont les problématiques seraient diverses mais de préférence générées par l'interprétation des résultats du suivi lui-même. Plusieurs exemples tirés des travaux des observatoires peuvent être cités dans ce cadre. Considérons celui de la nature et de la dynamique des pellicules de surface du sol qui soulèvent un certain nombre de questions. Leur surveillance par des mesures de fréquences par relevés linéaires ne suffit pas à y répondre. Des dispositifs plus élaborés peuvent être installés pour suivre la dynamique à court terme de ces pellicules et croûtes de surface afin d'en déterminer la nature (organismes, algues et/ou lichens impliqués...) et les mécanismes de formation (physiques ou biologiques), d'évaluer par l'expérimentation le rôle de ces pellicules

sur l'infiltration, la germination des graines, la protection contre l'érosion, et inversement les effets de la mise en défens et du pâturage sur ces pellicules. Ces programmes à court terme doivent s'inscrire dans une optique au moins sous-régionale afin de donner une vue relativement large du sujet étudié afin d'en prévoir les éventuelles extensions possibles.

Valorisation des résultats

La valorisation des résultats se fait selon deux voies principales : la publication et l'élaboration de produits d'aide à la décision. Si les équipes sont conscientes de la nécessité de cette dernière, le nombre de publications, quant à lui, demeure très insuffisant. Certaines équipes demandent à être encadrées ou accompagnées, ce qui peut favoriser et renforcer les travaux en commun et développer l'esprit de partage des informations, des expériences et des données dans un cadre déontologique rigoureux.

Une forte demande est exprimée en matière d'aide à la décision pour une meilleure évaluation des ressources, de leur localisation, de leur état et de leur dynamique en vue de leur gestion durable. Les produits fournis actuellement, représentés par différentes informations (état, localisation), vont évoluer vers plus d'opérationnalité au fur et à mesure de l'accumulation des connaissances. Néanmoins, une insuffisance demeurerait toujours par rapport à cette demande. Ce paradigme d'« aide à la décision » est certes devenu une nécessité, en tant que dimension éthique de la science ravivée par l'état de la biosphère et/ou les risques qu'elle encoure, mais son opérationnalité n'est pas aussi évidente. (Todd, 1999 ; Mathies *et al.*, 2007). L'aide à la décision en matière d'environnement correspond à la forme principale de transfert des résultats scientifiques et de communication avec, d'une part, les parties prenantes impliquées dans la décision et la mise en place de réglementations et de lois (décideurs) et, d'autre part, celles impliquées essentiellement dans l'utilisation et l'exploitation des ressources. Outre les difficultés inhérentes au niveau de connaissance, de nombreuses barrières existent et devraient être levées :

- dans le cadre de la décision, la tendance devrait mener vers une définition d'un cadre intégrant toutes les mesures et recommandations à l'échelle sous-régionale (ou régionale) et pouvant influencer l'état et la dynamique des écosystèmes arides (programme d'action national et programme d'action sous-régional pour les parcours, terres cultivées, qualité de l'eau, végétation...) ; l'intégration des approches systémiques définies à l'échelle internationale pour la protection et la gestion durable des ressources environnementales ; la mise en œuvre d'évaluations basées sur les indicateurs d'état les plus performants et les plus simples permettant la comparaison à l'échelle sous-régionale ou régionale ;

- en vue de lever les difficultés de communication, résultant de la nécessaire surcharge de l'information, caractère inhérent aux scientifiques, il s'agit de simplifier les propos, les modèles et autres produits en donnant les grandes lignes sans avoir à les exposer dans le détail. Il s'agit également, souvent, de reconnaître et d'exprimer les incertitudes, voire les échecs dans les évaluations et dans le choix des indicateurs.

Echelles spatio-temporelles

Les rapports scientifiques des observatoires laissent transparaître une hétérogénéité relativement importante dans les résultats. Dans de nombreux observatoires, certains résultats ont été, au moins dans un premier temps, fortement marqués par les travaux en cours de réalisation qui dénotent d'une certaine « spécialisation » des équipes. Certes, l'hétérogénéité s'explique par des approches différentes, mais elle provient également de situations écoclimatiques régionales, géomorphologiques, socio-économiques différentes. Cette disparité peut aussi se justifier par les préoccupations propres aux différents milieux en liaison avec divers facteurs : érosion, surpâturage, emprise agricole... Toutes ces différences se traduisent par les différentes échelles de travail :

- spatialement, la surface peut être très variable d'un observatoire à l'autre. Ceci explique la différence d'échelle dans la localisation des ressources en tant que produit d'aide à la décision dont l'utilité peut être ainsi plus ou moins grande. Une carte, par exemple, est une aide visuelle dont l'efficacité pour l'aménagement est dépendante de l'échelle qui est spécifique selon qu'elle représente par exemple la sensibilité à la désertification, les ressources pastorales ou les aptitudes des sols à l'agriculture. Quelle que soit la thématique ou la forme que prend le produit d'aide à la décision (PAD), les variables et paramètres devraient être mesurés et exprimés selon un échantillonnage représentatif en adéquation avec les problématiques étudiées et les actions proposées dans le cadre de PAD (modèle prédictif, diagnostic, définition de référence pour une restauration, actions de lutte).
- Concernant la dimension temporelle, fondamentale dans le cadre de la surveillance à long-terme, il est important de rappeler les deux échelles intimement emboîtées : celle des fluctuations interannuelles qui sont plutôt naturelles et réversibles et les tendances à long-terme conduisant aux successions irréversibles dont la désertification peut être retenue comme un exemple. Certes, la notion d'irréversibilité soulève nombre de controverses. Nous dirons que le long terme est considéré ici sur une durée approximativement de 10 à 25 ans (e.g. respectivement Rabotnov, 1974 et Floret et al., 1987), ceci pour donner simplement un ordre de grandeur d'une notion très complexe. Il est théoriquement impossible d'appréhender ces deux

échelles, fluctuation et succession, séparément. Le non-respect d'une telle règle est probablement la plus importante source de débats, souvent conflictuels, sur la désertification. L'issue de tels débats est souvent le manque de crédit accordé à certains résultats à l'échelle de l'ensemble de la communauté scientifique mondiale.

Dans le suivi temporel, il est nécessaire de respecter l'échelle de variation des variables en adaptant les mesures au rythme des fluctuations du paramètre étudié. Ainsi, le suivi de l'occupation des terres peut être valablement réalisé avec une fréquence de cinq ans, alors que la production de biomasse devrait s'effectuer tous les ans même si les protocoles peuvent être allégées au fur et à mesure de l'accumulation des connaissances.

Certaines variables, telles que l'azote dans le sol et les mécanismes y afférents (import/export), sont parfois extrêmement variables dans l'espace même très localement et exigent un nombre élevé de répétitions pour les évaluer à un instant donné. Il est alors très coûteux d'en extraire des indicateurs fonctionnels performants.

Vision transfrontalière

L'approche étant sous-régionale ou régionale, impliquant différentes équipes et donc souvent différentes approches, il convient de rappeler les difficultés à comparer les résultats et à leur accorder une signification relative. C'est là que s'impose l'harmonisation des approches dont la nécessité peut être illustrée comme suit :

- un objectif fondamental est celui de mesurer l'importance de la dégradation et la désertification dans les différents observatoires, tâche qui a été globalement remplie. Cependant, comme il ressort de nombreux écrits (e.g. Behnke & Kerven, 1994 ; Thomas *et al.*, 1994 ; Davis, 2005 ; Herrmann & Hutchinson, 2005 ; Retzer, 2006), il est nécessaire de définir des normes pouvant permettre de « parler le même langage », autrement dit d'avoir une métrique référencée par rapport au potentiel de ressources. Ceci doit d'abord et avant tout se traduire par des informations issues de techniques de mesure et/ou d'indicateurs similaires. Dans un deuxième temps, il s'agit de rechercher des métriques (classification des habitats, indices pour l'évaluation de l'état des ressources et des performances des fonctions-clés des écosystèmes) pouvant réellement contribuer à uniformiser les évaluations et à fournir des normes de comparaison.
- Harmoniser les documents scientifiques par la création d'un canevas uniforme des rapports scientifiques qui doivent refléter les activités en relation avec la problématique de désertification ou, de façon plus générale, celle de la surveillance à long terme (voir plus haut) ;

- Uniformiser l'usage des méthodes, techniques et classifications utilisées quand cela est possible, sinon préciser leurs références afin de permettre la définition d'une ligne de base de comparaison pour les indicateurs-clés. C'est le cas par exemple des techniques d'analyse ou des classifications de sol. Certains types de sol correspondent à des classifications qui ne sont plus utilisées, telles des versions antérieures FAO, USDA-NRCS, CPCS (ancien système français) pour l'essentiel. Un autre exemple est celui de l'évaluation de l'état de la végétation, pouvant aboutir à des résultats relativement variés selon la technique utilisée (cf. Guide végétation, Roselt/OSS CT1, 2007). Il serait ainsi très utile de retenir, comme ressource complémentaire, une des techniques les plus simples (e.g. points quadrats) dans l'ensemble des observatoires afin de disposer d'une norme commune de référence pour le couvert végétal et les paramètres qui peuvent en être extraits (biomasse, valeur pastorale, indice de diversité...).
- La désertification est un changement reconnu comme global, ce qui lui a valu l'instauration d'une convention internationale, la Convention des Nations unies de lutte contre la désertification (CCD) avec un champ d'intervention focalisé sur les régions arides et plus particulièrement africaines. Le lien de Roselt/OSS avec la CCD est ainsi tout à fait naturel dans une optique d'amélioration des connaissances et de lutte contre la désertification. Par ailleurs le caractère global du phénomène de désertification intégrant aussi bien des problèmes environnementaux que de développement, un autre lien tout aussi naturel se justifie avec les conventions internationales sur la biodiversité et sur les changements climatiques.
- Aller vers plus d'appropriation et d'intégration de la surveillance à long terme, dans un contexte de changement environnemental tant aux échelles nationale, régionale que mondiale (cf. changements globaux). Les modèles climatiques montrent que les changements climatiques vont vers plus de variations extrêmes, ce qui doit accentuer indubitablement les phénomènes actuels en zone aride (IPCC, 2007). Cela veut dire que, malgré la prise de conscience de plus en plus forte de ces mécanismes, les pays devraient, d'une part, prendre en main la surveillance à long terme en l'institutionnalisant en tant que nécessité absolue pour le pays en vue d'une gestion durable des ressources et, d'autre part, s'intégrer dans un système régional ou sous-régional qui permet une valeur ajoutée par une meilleure compréhension et une vue plus élargie, transfrontalière des phénomènes. L'organisation du réseau de surveillance à long terme, par définition, doit se libérer des contraintes d'un fonctionnement par projets se faisant par à-coups, incompatible avec sa durabilité.

Le réseau de surveillance à long terme Roselt/OSS a fonctionné depuis une dizaine d'années. Une certaine expérience a été acquise et des leçons peuvent être tirées pour en améliorer le fonctionnement et la production. La nécessité du suivi à long terme à l'échelle mondiale s'impose d'un point de vue scientifique (cf. réseau LTER). Elle s'impose également par l'importance des enjeux dans le cadre des changements environnementaux attendus (désertification, biodiversité, climat) comme en témoigne l'existence notamment des réseaux Roselt/OSS et ELTOSA (Environmental Long-Term Observatories of southern Africa). Une prise de conscience de ces changements est enregistrée, de la part des instances internationales, mais aussi et de plus en plus, de la part des gouvernements. Le prochain défi est non seulement d'améliorer les performances des observatoires Roselt/OSS existants mais, compte tenu de leur nombre insuffisant eu égard à la diversité des milieux et des problèmes, de densifier l'observation à long terme par des systèmes de stations d'observations moins lourdes. L'objectif est de créer un dispositif de surveillance hiérarchisé en systèmes locaux, nationaux (dispositifs nationaux de surveillance environnementale), sous-régionaux afin de valoriser les informations acquises à tous les niveaux et échelles en respectant le principe de subsidiarité. Le Roselt/OSS doit constituer un moteur dans cette dynamique et pour cela, il doit bénéficier des ressources nécessaires pour garantir un niveau suffisant de performance en relation avec ses objectifs.

●●● BIBLIOGRAPHIE

Abdel-Razik M., Abdel-Aziz M. & Ayyad M., 1984. Environmental gradients and species distribution in a transect at Omayed (Egypt). *J. Arid Environments*, 7, 337-352

Abdel-Razik, M., Van de Ven, G., El-Darier, S. & Hussein, H. (1987). Fruit Trees Cultivation in the North-western coastal Zone of Egypt. Center for Agrobiological Research (CABO), Wageningen, The Netherlands, CABO-verslag no. 68, 56 pp.

Abdel-Razik M., Ayyad M. & Heneidy S., 1988. Preference of grazing mammals for forage species and their nutritive value in a Mediterranean desert ecosystem (Egypt). *J. arid environ.*, 15, 297-305.

Abdel-Razik M., Fakhry A. & Abdel-Rahman A., 1991. Structural and functional attributes of the plant community in a non-saline depression of northwestern Egypt. *J. Arid Environ.*, 21, 293-305.

Aidoud A. & Touffet J., 1996. La régression de l'alfa (*Stipa tenacissima*), graminée pérenne, un indicateur de désertification des steppes algériennes. *Sécheresse*, 7, 187-193.

Aidoud A. Slimani H. Aidoud-Lounis F. & Touffet J., 1999.- Changements édaphiques le long d'un gradient d'intensité de pâturage dans une steppe d'Algérie., *Ecologia Mediterranea*, 25(2), 163-170
Aidoud et al., 1999

Aidoud A., Le Floc'h E. & Le Houérou H.N., 2006. Les steppes arides du nord de l'Afrique. *Sécheresse*, 17 (1), 19-30

Aidoud, A. & Nedjraoui D., 1992. The steppes of Alfa (*Stipa tenacissima* L.) and their utilisation by sheep. In: C.A. Thanos (ed.). *Plant-Animal interactions in mediterranean type ecosystems*. MEDECOS VI: 62-67.

Albaladejo J., Martinez-Mena M., Roldan A. & Castillo V., 1998. Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Use and Management*, 14 :1-5.

Alifriqui, M, Benchaabane, A, Jaafar, B, 1995. La réhabilitation des espaces dégradés, une entreprise globale. In : Pontanier R., M'hiri A., Aronson J., Akrimi N. & Le Floc'h E. (eds.), *L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ?* J. Libbey Eurotext. Paris, 403-417.

Ambouta, K.J.-M., 1997. Définition et caractérisation au sol des différents types de végétation contractée au Niger. In: d'Herbès, J.-M., Ambouta, K. J.-M., Peltier, R. (Eds.), *Fonctionnement et Gestion des Écosystèmes Forestiers Contractés Sahéliens*. John Libbey Eurotext, Paris, pp. 41-57.

Amiaud, J.B., Bouzille J.B. & Tournade F., 1996. Conséquences agro-écologiques de la suppression du pâturage dans les communaux du Marais Poitevin (France). *Acta Botanica Gallica* 143 (4/5): 421-430.

Aronson J., Floret C., Le Floc'h E., Ovalle C., Pontanier R., 1993.- Restoration and rehabilitation of degraded ecosystems in arid and semi-arid lands. I. A view from the south. *Restoration Ecology*, 1(1), 8-17.

Aubreville A., 1949.- *Climats, forêts, et désertification de l'Afrique tropicale*. Société des Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales, Paris, 255 p.

Ayyad M. & El kady H., 1982. Effect of protection and controlled grazing on the vegetation of Mediterranean desert ecosystem in northern Egypt. *Vegetatio*, 49,129-139.

Bakker J.P, Marrs R.H. & Pakeman R.J., 2002. Long-term vegetation dynamics: Successional patterns and processes. Introduction. *Applied Vegetation Science*, 5(1), 2-6.

Baudoux L., Kamil H. & Moulin C.H., 2005. Développement de l'agropastoralisme chez une fraction nomade fixée sur les bords du fleuve Niger au Mali. *Revue Élev. Méd. vét. Pays trop.*, 2005, 58 (1-2) : 103-110

Behnke R., Kerven C., 1994.- Redesigning for risk: tracking and buffering environmental variability in Africa's rangelands. *Natural Resources Perspectives, Overseas Development Inst.*, 8p+2tabl

- Bensouiah R., 2004. Pasteurs et agro-pasteurs de la steppe algérienne. *Strates*, 11, (article en ligne <http://strates.revues.org/document478.html>).
- Berry L., Ford R.B., 1977. Recommendations for a system to monitor critical indicators in areas prone to desertification. Program for International Development, Clark University, Worcester, Ma, 66pp.
- Bertrand R., 1998. Du Sahel à la forêt tropicale : Clés de lecture des sols dans les paysages ouest-africains. Montpellier : Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement. Cirad, Montpellier, 272 p.
- Boudy P., 1950. Economie forestière Nord-africaine, I, II, III, Edition Larose, Paris.
- Bourbouze A. & Lazarev G., 1992. Typologie dynamique des systèmes pastoraux en Méditerranée. In : A. Gaston, M. Kernick & H.N. Le Houérou (eds.). Proceeding of the Fourth International Rangeland Congress, Montpellier, 22-26 April 1991, CIRAD, Montpellier, France: 729-733
- Bourbouze A., 2006. Systèmes d'élevage et production animale. *Sécheresse*, 17(1-2), 31-46.
- Bourbouze A., 2000. Pastoralisme au Maghreb : la révolution silencieuse. *Fourrages*, 161, 3-21.
- Boutonnet J.P., 1989. La spéculation ovine en Algérie, un produit clé de la céréaliculture. INRA-ENSAM Montpellier, série notes et documents n°90, 50p
- Briske, D.D., Fuhlendorf, S.D., Smeins, F.E., 2003. Vegetation dynamics on rangelands: a critique of the current paradigms. *Journal of Applied Ecology*, 40, 601-614.
- Casenave A. & Valentin C., 1988. Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration. Montpellier : ORSTOM, 220 p. multigr.
- CRBT (Centre de Recherche sur les ressources Biologiques Terrestres), 1978.- Rapport phytoécologique et pastoral sur les Hautes Plaines steppiques de la Wilaya de Saïda. CRBT, Alger, 256 p. + ann.+ cartes.
- Davis D.K., 2005. Indigenous knowledge and the desertification debate: problematising expert knowledge in North Africa. *Geoforum* 36, 509-524
- De Planhol X., 1979. Saturation et sécurité : sur l'organisation des sociétés de pasteurs nomades. In : Production pastorale et société, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 29-42.

Delabre E., 1998. Caractérisation et évolution d'écosystèmes anthropisés sahéliens : les milieux post-cultureux du sud-ouest nigérien. Thèse Doct., Univ. Paris VI.

Dembelé F., Picard N., Karembe M. & Birnbaum P., 2006. Tree vegetation patterns along a gradient of human disturbance in the Sahelian area of Mali. *J. Arid Environ.*, 64, 284-297.

Dicko M.S., Djitèye M.A. & Sangaré M., 2006. Les systèmes de production animale au Sahel. *Sécheresse*.17(1), 83-97.

Diouf, A., Lambin, D.F., 2001. Monitoring land cover changes in semi-arid regions: remote sensing data and field observations in the Ferlo, Senegal. *J. Arid Environ.* 48, 129-148.

Drent, R.H. & H.H.T. Prins, 1987. The herbivore as prisoner of its food supply. In: J. Van Andel, J.P. Bakker & R.W. Snaydon (eds). *Disturbance in grasslands*. Junk Publishers, Dordrecht: 131-147.

El Keblawey, A., 1994. Variability Among Sexual Phenotypes Types of *Thymelaea hirsuta* (L.) Endl. Populations in Egypt. Ph. D. Tanta University, Egypt .

El-Knawy , I .T., 1993. A study on the vegetation and land-use in Omayed Biosphere Reserve. M. Sc. Thesis, Alexandria University, 113 pp.

Ellenberg, H., 1974. Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. *Scr. Geobot.* 9, 1-97

Ellenberg, H., H.E. Weber, R. Dull, V. Wirth, W. Werner, & D. Paulissen. 1992. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scr. Geobot.* 18: 1-258.

FAO, 1970. Pre-investment Survey of the Northwestern Coastal Region. ESE-SF/URA 49.

Floret C. & Le Floc'h E. 1973, Production, sensibilité et évolution du milieu en Tunisie présaharienne. CEPE (Centre Et. Phytoécol. Louis Emberger), 45 pp.

Floret C. & Le Floc'h E. 1975 L'évaluation de la production des parcours et de la sensibilité de la végétation naturelle, élément de l'aménagement rationnel des zones présahariennes de la Tunisie. *Options Méditerranéennes* 26 : 51-59.

Floret C., 1971.- Recherches phytoécologiques entreprises par le CNRS sur le biome "zone aride" en Tunisie. Doc. n°57, CEPE/CNRS, Montpellier, 26 p.

- Floret C., 1981. The effects of protection on steppic vegetation in the mediterranean aride zone of southern Tunisia. *Vegetatio*, 46, 117-129.
- Floret C., LE Floc'h E. & Pontanier R. 1983. Phytomasse et production végétale en Tunisie présaharienne. *Acta Oecologica / Oecologia Plantarum*, 4 (18) : 133-152
- Floret C., Le Floc'h E., Pontanier R. & Romane F. 1978 - Modèle écologique régional en vue de la planification et de l'aménagement agro-pastoral des régions arides. Application à la région de Zougrata. *Inst. Rég. Arides - Médenine, Dir. Ress. Eau et Sols Tunis, CEPE/CNRS Montpellier et ORSTOM - Paris*, 74 p.
- Floret C., Le Floc'h E., Pontanier R., 1987.- La désertisation en Tunisie présaharienne. In: *Désert et montagne au Maghreb*, 308-326. R.O.M.M., n° 41-42.
- Floret C., Pontanier R., 1982.- L'aridité en Tunisie présaharienne: climat, sol, végétation et aménagement. Thèse Doct., Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier, 580p.
- Floret Ch., Le Floc'h E. & Pontanier R., 1992. Perturbations anthropiques et aridification en zone présaharienne. In : *L'aridité, une contrainte au développement*. Le Floc'h E., Grouzis A., Cornet A., Bille J-C. (Eds.) 449-463.
- Fresco, L.F.M., H.P.M. Van Laarhoven, M.J.J.E. Loonen & T. Moesker., 1987. Ecological modeling of short-term plant community dynamics under grazing with and without disturbance. In: J. Van Andel, J.P. Bakker & R.W. Snaydon (eds). *Disturbance in grasslands*. Junk Publishers, Dordrecht: 149-165.
- Friedel, M.H., 1991. Range condition assessment and the concept of thresholds: a viewpoint. *Journal of Range Management* 44, 422-426.
- Goosen, H. et al., 2007. Decision support for participatory wetland decision-making, *Ecol. Eng.* (in press).
- Grainger A., Smith M.S. , Squires V.R. & Glenn E.P., 2000. Desertification and climate change: the case for greater convergence. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 5: 361-377, 2000.
- Grouzis M. & Le Floc'h E. (Eds), 2003. *Un arbre au désert*. IRD Editions, Paris.
- Guevara, J.C., Estevez, O.R., Torres, E.R., 1996. Utilization of the rain-use efficiency factor for determining potential cattle production in the Mendezo plain, Argentina. *J. Arid Environ.* 33, 347-353.

Hein, L., 2006. The impacts of grazing and rainfall variability on the dynamics of a Sahelian rangeland. *J. Arid Environ.* 64, 488-504.

Heneidy and El Darier (1995). Some Ecological and socio-economic aspects of Bedouin in Mariut rangeland (based on delayed MAB Report no. 1,2, 1986).

Hiernaux P., Le Houérou H.N, 2006.- Les parcours du Sahel. *Sécheresse.* 17(1), 51-71,

Huenneke, L.F., Anderson, J.P., Remmenga, M., Schlesinger, W., 2002. Desertification alters patterns of above ground net primary production in Chihuahuan ecosystems. *Global Change Biology* 8, 247-264.

Ibrahima L.Y., 2004. Essai de présentation des tendances d'évolution du droit pastoral en Afrique de l'Ouest : Burkina-Faso, Guinée, Mali, Mauritanie, Niger, Sénégal. Etude juridique en ligne, 35, FAO, Rome. Disponible : <http://www.fao.org/Legal/prs-ol/lpo35f.pdf>

IPCC, 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. WMO/UNEP, available at: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/docs/WG1AR4_SPM_Approved_05Feb.pdf

Jauffret S. 2001. Validation et comparaison de divers indicateurs des changements à long terme dans les écosystèmes méditerranéens arides. Application au suivi de la désertification dans le Sud tunisien. Thèse Doct., Faculté des Sciences et Techniques de St Jérôme, Université d'Aix-Marseille III, Marseille, 365 pp.

Kolkwitz R. & Marsson M. (1902): Grundsätze für die Beurtheilung des Wassers nach seiner Flora und Fauna. - In: Mitt. Kgl. Prüfungsanstalt Wasserversorg. u. Abwässerbeseitigung 1: 33-72.

Lavauden L., 1927.- Les forêts du Sahara. *Rev. Eaux et forêts*, LXV (6), 265-277.

Laycock W.A., 1991.- Stable state concepts and thresholds of range condition on North American rangelands : a viewpoint. *J. Range Manage.*, 44 : 427-433.

Le Floc'h E. et Grouzis M., 2003.- Acacia Raddiana, un arbre des zones arides à usages multiples. In: M. Grouzis et E. Le Floc'h (Eds): Un arbre au désert. IRD Editions, Paris, 21-58.

Le Floc'h E., Neffati M., Chaïb M. & Pontanier R., 1995. Un essai de réhabilitation en zone aride. Le cas de Menzel Habib (Tunisie). In : Pontanier R., M'hiri A.,

Aronson J., Akrimi N. & Le Floc'h E. (eds), L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? J. Libbey Eurotext, Paris : 139-160.

Le Houérou H.N., 1959. Recherches écologiques et floristiques sur la végétation de la Tunisie méridionale. Mém. Inst. Rech. Sahariennes, Vol. 1, 281 p.

Le Houérou H.N., 1969.- La végétation de la Tunisie steppique. Ann. Inst. Natl. Agron. Tunis, 42(5), 624 p.

Le Houérou H.N., 1989. The grazing land Ecosystems of the african Sahel. Ecological Studies 75, Springer-Verlag, Berlin, 282 p.

Le Houérou H.N., 1992.- Relations entre la variabilité des précipitations et celle des productions primaire et secondaire en zone aride. In : Le Floc'h E., Grouzis A., Cornet A. & Bille J-C. (eds.), L'aridité, une contrainte au développement, pp. 198-220. ORSTOM, Paris,.Le Houérou HN., 1989. The Grazing Land Ecosystems of the African Sahel. Ecological Studies 75. Berlin. New York : Springer-Verlag, 282 pp..

Le Houérou H.N., 1995.- Bioclimatologie et Biogéographie des steppes arides du Nord de l'Afrique. Diversité biologique, développement durable et désertisation, Options méditerranéennes, sér. B : recherches et études : 1-396 p.

Le Houérou, H.N., 1984. Rain use efficiency: a unifying concept in arid-land ecology. J. Arid Environ. 7, 213-247.

Leduc C.& Loireau M., 1997. Evolution du couvert végétal et de la recharge de la nappe phréatique en zone sahélienne (Niamey, Niger). In "Sustainability of water resources under increasing uncertainty", Proceedings of the symposium of the International Association of Hydrological Sciences (IAHS), Rabat, Morocco, May 1997. AISH publ. 240, 193-200.

Loireau M. 1998 - Espaces-Ressources-Usages : Spatialisation des interactions dynamiques entre les systèmes sociaux et les systèmes écologiques au Sahel nigérien. Thèse Doct. Univ. Montpellier III - Paul Valéry, Département de Géographie. 393 p.

Loireau, M Leibovici, D and Desconnets, JC (2005) LEIS version 1.4 User Guide.

Loireau M, Sghaier M, Fétoui M, Ba M, Abdelrazik M, d'Herbès JM, Desconnets JC, Leibovici D, Debard S, Delaître E. 2007. Système d'information sur l'environnement à l'échelle locale (Siel) pour évaluer le risque de désertification : situations comparées circum-sahariennes (réseau Roselt). Sécheresse, 18 (4).

- Mabutt J.A. ,1986. Desertification Indicators. *Climate Change*, 9, 113-122.
- Mainguet M., 1994. Desertification: Natural background and human mismanagement (2d edition). Berlin : Springer Verlag, 314 p.
- Makhlouf L.,1992. Etude sédimentologie des sables dans le bassin du Zahrez Gharbi (Cas du Cordon dunaire de Djelfa). Thèse Doct. Université Pierre et Marie Curie, Paris VI, France.
- Mathieu P., 2001. Transactions informelles et marchés fonciers émergents en Afrique. In: *Politics, property and production in the West African Sahel* (T.A. Benjaminsen & C. Lund Eds). Nordiska Afrikainstitutet, pp. 22-39.
- Matthies M., Giupponi C. & Ostendorf B, 2007. Environmental decision support systems: Current issues, methods and tools. *Environmental Modelling & Software*, 22, 123-127.
- McNaughton S.J., 1983. Compensatory plant growth as a response to herbivory. *Oikos*, 40, 329-336.
- Milton S., Dean W.R.S., Du Plessis M.A. & Siegfried W.R., (1994).- A conceptual model of rangeland degradation the escalating cost of declining productivity. *Bioscience*, 44 : 71-76.
- Ndione J.A., 2002, Bilan climatique de l'Observatoire ROSELT du Ferlo (Sénégal). Rapport CLIMAT ROSELT Phase-1, 37p
- Noy-Meir, I. 1998. Effects of grazing on Mediterranean grasslands: the community level. In: *Ecological Basis of Livestock Grazing in Mediterranean Ecosystems* (Ed. V.P. Papanastasis & D. Peter). Proceedings of European Union Workshop, Thessaloniki, Greece. Commission of European Communities. p. 27-39
- ORMVAO, 1993. Projet pilote de mise en valeur des terrains de parcours de la région de Ouarzazate. Ouarzazate, Royaume du Maroc, Ministère de l'Agriculture et de la Réforme Agraire.
- Piessens K. & Hermy M, 2006. Does the heathland flora in north-western Belgium show an extinction debt? *Biological Conservation*, 132(3),382-394
- Prince, S.D., De Colstoun, E.B., Kravitz, L.L., 1998. Evidence from rain-use efficiencies does not indicate extensive Sahelian desertification. *Global Change Biology* 4, 359-374.

PROLUDRA, 1997. Atelier d'information sur la désertification et sur les activités du Proludra. Zagora, PROLUDRA.

Rabotnov T.A., 1974.- Differences between fluctuations and successions. In: Vegetation dynamics (ed. R. Knapp), 21-24. Junk, The Hague.

Reining, P.: 1978, Handbook on Desertification Indicators, Washington DC, American Association for the Advancement of Science.

Retzer V., 2006. Impacts of grazing and rainfall variability on the dynamics of a Sahelian rangeland revisited (Hein, 2006)-new insights from old data. J. Arid Environ. 67, 157-164

Richardson F.D., Hahn B.D. & Hoffman M.T., 2005. On the dynamics of grazing systems in the semi-arid succulent Karoo: The relevance of equilibrium and non-equilibrium concepts to the sustainability of semi-arid pastoral systems. Ecological Modelling, 187, 491-512.

Roselt/OSS DS1, 2004. Conception, organisation et mise en oeuvre de ROSELT/OSS, Collection. Ed. 2004, doc. OSS.

Roselt/OSS DS2, 2004. Organisation, Fonctionnement et Méthodes de ROSELT/OSS, Collection ROSELT/OSS, Edition 2001, révisée 2004.

Roselt/OSS DS3, 2004. Concepts et méthodes du Système d'Information sur l'Environnement à l'Echelle Locale (SIEL). Doc. OSS.

Roselt/OSS DS4, 2004. Indicateurs écologiques ROSELT/OSS. Une première approche méthodologique pour la surveillance de la biodiversité et des changements environnementaux. Doc. OSS.

Roselt/OSS CT1, 2007. Guide pour l'évaluation et la surveillance de la végétation. Doc. Tech. OSS (nouv. éd.).

Roselt/OSS CT2, 2005. Guide ROSELT/OSS pour l'évaluation et le suivi des pratiques d'exploitation des ressources naturelles. Doc. Tech. OSS.

Ruthenberg H., 1980. Farming Systems in the Tropics, 3rd ed., Oxford Sci. Publ., 424 pp.

SEMDENE (1975-1979). Project Systems Analysis of Mediterranean desert ecosystems of Northern Egypt, sponsored by the USA/EPA, progress reports No. 1 to 5 inclusive, University of Alexandria, Egypt.

Sghaier M., Ben Abed M.A., Fétoui M., Bennour L. & Jaouad M., 2006. Rapport scientifique: Système d'Information sur l'Environnement à l'échelle Locale (SIEL). Cas de l'observatoire de Menzel Habib et Installation Mdweb (Tunisie). Roselt/OSS, 44 p.

Shaltout, 1983. An ecological study of *Thymelaea hirsuta* in Egypt. Ph.D. Thesis, Tanta University, Egypt.

Slimani, H. 1998. La désertification de la steppe d'alfa (*Stipa tenacissima* L.) des Hautes Plaines occidentales d'Algérie : effets du pâturage sur la végétation et le sol. Thèse de Magister, Univ. Sci. Technol. Houari Boumediène, Alger. 123 p

Soyza (De) A. G., Whitford W. G., Herrick J. E., Van Zee J. W., Havstad K. M., 1998. Early warning indicators of desertification: examples of tests in the Chihuahuan Desert. *J. of Arid Environ.*, 39: 101-112

Thébaud B., 2001. Droit de communage ("Commons") et pastoralisme au Sahel: quel avenir pour les éleveurs sahéliens? In: *Politics, property and production in the West African Sahel* (T.A. Benjaminsen & C. Lund Eds). Nordiska Afrikainstitutet, pp. 163-181.

Thiault, M., 1994. Essai d'Analyse de la Situation des Parcours de Fezouata. PROLUDRA/ORMVAO, Ouarzazate.

Thomas D.F.G. & Middleton N.J., 1994. Desertification : exploding the myth. J. Wiley & Sons, 194 p.

Todd R., 1999. Environmental Measures: Developing an Environmental Decision-Support Structure. In: 1999. *Measures of Environmental Performance and Ecosystem Condition* (C. Schulze, Ed.), National Academy Press, Washington, D.C, 177-187

Turnhout E., Hisschemoller M. & Eijsackers H., 2007. Ecological indicators: Between the two fires of science and policy. *Ecological Indicators*, 7, 215-228

Van Andel, J., Van Baalen J. & Rozijn N.A.M.G., 1991. Population ecology of plant species in disturbed forest and grassland habitats. In: J. Rozema & J.A.C. Verkleij (eds.). *Ecological Responses to Environmental stresses*. Kluwer Academic Publishers, Netherland: 136-148.

Van de Ven, G. W. J. (1987). Simulation of barley production in the northwestern coastal zone of Egypt. Simulation Report CABO-TT, Wageningen, No. 12, 82pp.

Van Duivenbooden, N. (1987). Constraints and potentials of animal husbandry in the Mariut region of Egypt. Workshop: R & D planning, Land use planning for the Mariut region, Mersa Matrouh, Egypt.

Veron S.R., Paruelo J.M. & Oesterheld M., 2006. Assessing desertification. *J. Arid Environ.* 66, 751-763

Vignet-Zunz J., 1979. A propos des Bédouins: une réévaluation des rapports " nomades-sédentaires ". In : *Production pastorale et société*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 467-478.

Vignon C. & Rozis J.F., 1993. Etude énergétique dans la commune rurale de Tamgroute. Rapport n° 2, Projet de lutte contre la désertification dans la vallée du Draa, GTZ/ORMVAO, Maroc.

Visser M., 2001. Produire des semences autochtones pour réhabiliter les terres dégradées: le cas de de *stipa Lagascae* R & SCH. En Tunisie présaharienne. Thèse Doct. (PhD), Univ. Gent, 372 p.

Westoby M., Walker B.H. & Noy-Meir I., 1989. Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management*, 42, 266-274

●●● **ANNEXES**

Annexe 1

Résumé des activités d'observation, de mesure et de suivi de l'environnement dans les observatoires Rosell/OSS

Observatoires	Période	Approche	Dispositifs	Inventaires	Mesures quantitatives	Traitement données	Autres mesures.	Biodiversité (flore)	Biodiversité (faune)
El Omayed	Mesures au printemps 2003-2004.	Suiv/diactronique vs 1980, 1992/93, 96, 98, 98 à 2000, + Validation préexistantes => métadonne de données régionales.	Transect coupant les affluents milieu avec zones piétois (piétois cras) + piétois permanents. Protocoles de mesures 1m et tailles des parcelles varient en fonction des périodes et des mesures.	Listes floristiques (périennes + annuelles) k recouvert selon coefficient AD de 80 sur 16 piétois areas. annuellement à partir de 1991..	Relevés par segments interceptés le long de 2 lignes permanentes de 200 m; couvert vég. fréq. spéc.	Richesse floristique + composition systématique, biologiques + indices diversifié alpha et beta.	Mesure de phénologie, hauteur + reproductivité effort + densité + autres suiv paramètres dans 4 parcelles permanentes de 10 x 10 m .	183 espèces; 113. pérenn. + 70 ann., 41 fam. Asteracées (14 pérenn. + 7 annual), Perennées: 14 craminées, 52 herb, 32 subcraut, 18 struus.	A partir abito, 130 à 200 espèces animales ayant fonctions vitales: espèces pollinifères, détritvores, ou d'intérêt patrimonial (espèces endémiques et/ou protégées)
Menzel Khabib	Séries de mesures aux printemps 2004 et 2005	Suiv/diactronique	19 stations : 19 parcelles permanentes.	Liste floristique en présence absence ou printemps 2005	Tech. des points quadrat : lignes permanentes [20 m, 200 points de lecture) ; 3 à 5 par station en fonction de la variabilité (1) a Henchir Snoussi; fréq spéc. Contributions. Etats de surface	Matrice similitud (Coef. Jaccard) Traitement par méth. statist. ==> dendrogramme (similitud des sites), indices diversité alpha + bêta, + équilibrabilité.	Parcelles mesures densité= lignes permanentes; Pérennes (20 m2), annuelles (2 x 1 m2), Phytomasse 4 parcelles de 4m ² par station (printemps 2004), 2005 année trop sèche; production constatée comme nulle.	2003/2004 (année excédentaire); 89 esp dont 49 pérennes et 40 annuelles, 2005 (déficit pluie) : 50 esp (38 pérennes, 12 annuelles), Ensemble de l'observatoire : 171 esp.	Pos d'infraction,
H. - Bou Hedma	Séries de mesures aux printemps 2002, 2003, 2004, 2005	Méthode synchronique + Suiv/diactronique	4 zones fonctionnaire protection; 2x2 stations, 2x11 stations, 2x16 ans + terrain exploitation libre, 9 groupements; 24 transects : 2:5; 2:16, 2:19, 2:émont; 6. Zone II; expérience de scarifilage printemps 2003.	Listes floristiques en présence absence ou printemps 2004 (parcelles sur et hors transects permanents.	Tech. des points quadrat; lignes permanentes [20 m, 200 points de lecture) ; 3 à 5 par groupement; fréq. spéc. couvert vég. états de surface	Matrice similitud (Coef. Jaccard), Calcul indices de diversité Shannon-Weaver + équilibrabilité.	Parcelles de mesures de la densité végétale en relation avec lignes permanentes : Pérennes (20 m ²), annuelles (2 x 1 m ²).	Nombre d'espèces aux printemps 2004-2005; 21 : 100-37 ; 2003: 21 ; 96-48 ; 211 : 62-32 ; 21 : 69-56,	130 espèces pérennelles abitoaux (76 et 42 esp. recensées selon les inventaires), 25 mammifères, 27 reptiles (non exhaustif) ; 4 amphibiens ; poissons (en élevage), Invertébrés (agastéropodes, arachnides, crustacés, insectes), Suivi variation des populations introductes.

Observatoires	Période	Approche	Dispositifs	Inventaires	Mesures quantitatives	Traitement données	Autres mesures	Biodiversité (flore)	Biodiversité (faune)
Oued Mtd	Séries de mesures: 27/12/2004 au 02/01/2005. Modification protocole mesure états de surface en 2005.	Comparaison mesures de 2005 / valeurs moyennes calculées pour 2000-2004. Modification protocole mesure états de surface en 2005.	11 unités de vg + 85 transects (lignes) permanents. 3 transects kilométriques orientés selon critères agro-pastoraux déclassants et coupant principaux milieux piécettes permanentes 10 m ² tous les 100 m.	Relevés floristiques exhaustifs le long des transects kilométriques + hauteur moyenne et état des espèces (brouilées, dessouchées...).	Tech. des points quadrat : lignes permanentes (20m, 200 points de lecture) : 5 par formation; Ré. CSP, couvert vég., états de surface	Richesse floristique.	Mesure phytomasse 1 ou 27/12/2004 ou 02/01/2005) près des lignes permanentes, heracées + ligneux bas par métr. destruct. sur 4 piécettes (10m x 10m) : ligneux hauts par méthode semi-destructive. Acacia : état actuel régénéral., accessibilité phytomasse, Stades phénologiques de la végétation en 2004.	En 2004 (printemps), 84 espèces dont 15 espèces nouvelles dont <i>Pulicaria crapa</i> considérée comme rare; en 2003 (printemps), 72 espèces; en 2005 (Janvier), 46 esp avec mpris de thérophytes (57% du cortège floristique de 2004) Déperdition des thérophytes en 2005 (= 57% du cortège floristique de 2004);	Essentiellement Vénères; en 2002: 68 sp. oiseaux; (85% de liste potentielle). Mammifères 12 sp. dont esp. endémiques rares). Reptiles (12 dont esp. rares/menacées) Anfiboliens 14. Analyse ethnologique de l'avifaune. Suivi avifaune 2006: 3 sp. Nouvelles.
Issougl	2001 délim. Unités vég. (ahou, Aér. 1987) D3. Sagiro: correspondance vég.-unités péd-morpho.; 2004.: Invent. Phyc-écol.	Suivi diachron. 2001 et 2005; relevés phyt-écologiques (site flor. + ab-don. Avec échantill. Stratiflé.);	Transects permanents	Flore et végétation, sols	Hauteur, couvert des plantes.	Traitement par tableaux.		Liste floristique par unité, total: 71 esp. (1 esp. rare), 30 tax. 31 chroméophytes et nanophanéophytes, 4 phanéroph., 4 géophytes, 6, hémicrypto, 26 thérophytes.	Pas d'indication.
Steppes des Hautes Plaines	terrain de 2001 à 2005	Méthodes synchronique + diachronique : 2004 vs 1978; Site pilote El Boudh; 2004 vs 1993 vs 1978; Site triangle Méschria - Ben Kheill - Nadamar; 2003 vs 1980-84.	3 sites: El Boudh; 5 ensembles floristiques; Rogassa; 9 grot + facès, transect par rapport à mise en culture. Bord El May; 5 grands groupements + 16 facès. 301 relevés phytécologiques localisés sur corré.	Relevés floristiques exhaustifs	Tech. des points quadrat : lignes coupées avec une partie des relevés; couvert vég., états de surface.	Richesse floristiques, composition systématique, biologiques, chorologiques.	Environ 40 relevés phytécologiques complets avec mesure de phytomasse et lignes.	507 espèces (204 genres, 46 familles). Astérocoées 48, 6 familles ont plus de 10 genres. Coef. générique 46%. Elements méditerranéens (52 %), sahara-sindiens (23 %). Thérophytes (47.3%); Chroméophytes (28%); Hémicryptophytes (17%).	Pas d'indication.

Observatoires	Période	Approche	Dispositifs	Inventaires	Mesures quantitatives	Traitement données	Autres mesures	Biodiversité (flore)	Biodiversité (faune)
Ferla	Investigations 2000-2005 (avant suite à la phase préliminaire 1975-2000 et 2000-2002 (COT + caractérisation générale)	Suivi occupation 1 fois / 5 ans au plus	15 stations (ferla) 5 stations non identifiées dans Ferla Nord. Station 4000m²	Inventaire floristique des principales espèces	Param. Dimension (diam, hauteur), prod foliaire, régénération, état physico. Vég herbacée; 3 transects (lignes perm. 50m/100points), prod. Herbacée (9 éch)	Evolution floristique des esp. vég selon coat. Braun-Blanquet; Phytomasse; Evolution valeur fourragère de la végétation.	Evolution coordonnée des esp. vég selon coat. Braun-Blanquet; Phytomasse; Evolution valeur fourragère de la végétation.	40 espèces végétales recensées (2019) dont 1/3 de phanéropytes.	33 esp. de vertébrés sur les 57 délé recensées. Oiseaux (33 esp.), mammifères, reptiles et Amphibiens.
Ribeira Seca	oct-nov-2005	Observations et mesures sur érosion dans parcelle de 1 ha (Codiim) cotés chaque événement suivants.	Parcelles 5x5m selon gradient d'altitude	Inventaire floristique (28 relevés outils) et faunistique.	Evolution floristique des esp. vég selon coat. Braun-Blanquet; Phytomasse; Evolution valeur fourragère de la végétation.	méthode phytosociologique pour la détermination des groupements.	Phytomasse sur parcelles 5x5m pour évaluation fourragères (indices de qualité 0-10). Etats de surface.	40 espèces végétales recensées (2019) dont 1/3 de phanéropytes.	33 esp. de vertébrés sur les 57 délé recensées. Oiseaux (33 esp.), mammifères, reptiles et Amphibiens.
Torod-Tonkand-Damantou	Pas d'indication	Suivi hydrologie, occupation du sol (surfaces des différentes unités) et végétation	Relevés phyto.	Relevés floristiques selon mélt. Braun-Blanquet	Abondance-domin. des espèces. Densité des souches /tiges des ligneux par classe de circonférence, production de bois exploitables.	Indices de diversité des communautés; corrélation-régression; analyse multivariées.	Indicateurs sur état de surface (croûtes d'algues)	73 espèces relevées en site protégé.	Pas d'indication.
Bourem	Végétation (2002-2005);	enclavement (mapes), classem, mesure de flux par piège à sable)	Enclavement (5 unités, zone E-W), végétation occupation (4 points géoréférencés de vérification), suivi, vég et milieu (27 sites en 3 groupes A, B, R); vég. herbacée; transect de 100m, évaluation par m² au couvert /sol; vég. ligneuse; groupe de sites B (Bamba)	Inventaire floristique (vég. herbacée, vég. ligneuse)	4 lignes permanentes par site (50m / 200m sur transect de 1000m). Technique points-quadrats (fréquences spécifiques); biomasse (directe ou à travers la densité 12 parcelles par transect). Densité des ligneux par cl. circonf., de régénération, intensité de coupe.			Rich. Flor: 52 esp. Recensées avec 61% herbacées dont 16 proscées, 24 prorbées, 16 esp. ligneuses (foules). Sous-troucais dont 4 du genre Acacia.	Pas d'indication.

Annexe 2

Résumé des activités de suivi socio-économique dans les observatoires ROSEI/OSS

Observatoire	Echantillonnage	Usages des terres	Pratiques d'élevage (national/international)	Sédentarisation	Chargel	Charge sur parcours	Alimentation du bétail
El Omayed	415 ménages représentant 6 tribus. Questionnaires + rencontres avec chefs de familles. Données de 1997.	Elevage : arboriculture (olive, figuier) ; cultures pluviales (orge).	Elevage extensif : ovins + caprins + ânes pour le transport.	Pression pluviale en augmentation suite à réduction des terrains de parcours.	1985 : troupeaux : 43 têtes d'ovins et 118 têtes de caprins.	Augmentation de la pression sur les parcours => dégradation des parcours.	La culture de l'orge en sec utilise occasionnellement comme complément alimentaire pour les ovins et caprins (paille et grains).
Menzal Hobbs	309 ménages, 008 variables, Questionnaires	Elevage agricole pluviale, arboriculture	Elevage ovins/caprins. Niveau élevé de sédentarisation. Déplacements troupeaux plus faibles.	Sédentarisation importante progressive dès le début du XIXe siècle.	Troupeaux = 28 ovins + 10 caprins (fait pour la famille). Camelins et bovins rares. Poulets + lapins dans < 1/4 des exploitations.	Charge moyenne = 1,2 têtes par ha et 0,75 tête par ha dans les années transitoires). Charge 6 fois trop élevée.	Complémentation alimentaire si nécessaire.
H. - Bou Hedra	4/8 à côtés d'exploitation sur 2058. Questionnaires. Début juillet à septembre 2004.	67% d'agriculteurs ; 23% d'agriculteurs (olive, arboriculture) ; 5% d'éleveurs.	Elevage ovins/caprins. 18% d'éleveurs transhumants	Années 60 : privatisation meilleures terres de parcours + mise en valeur pour arboriculture => mouvement de sédentarisation accentué. 85% des troupeaux fréquentent les mêmes parcours.	Troupeaux = 16 ovins + 10 caprins. Camelins (2) et bovins rares (Elevage de 0,1 à 4 têtes). Elevage de poulets. 31% des ménages possèdent les mêmes troupeaux.	Variable	Complémentation alimentaire = 90% : aliments concentrés + sous-produits des cultures annuelles
Oued N'yd	26 exploitations / 145 éleveurs : 011 classes éleveurs : 011 ; 012 ; 018 ; 013 ; 017. Questionnaires + recensement troupeaux + entretiens avec personnes ressources. Janvier 2005.	4 éleveurs, agriculteurs/cultivateurs dont importance relative dépend de la situation géomorphologique.	2 systèmes : nomade + sédentaire (plusieurs pratiques dictées par capacité d'investissement + disponibilité main d'œuvre familiale).	Sédentarisation progressive : 16 exploitations bovins nomades. Problèmes de rattachement de troupeaux sédentaires nomades.	Troupeau total de 14 cheptail : 196 ovines+428 ovins ; bovins caprins ; bovins réfrigérables.	Variable	Besoins en élevage pastoral sédentaire couverts par : production fourragère + 24,16% + ovins = 13,55% + porcs.
Issougi	Ech. Préliminaire : 5770 éleveurs. 10 agriculteurs de plaine. 6 de montagne. 10 agriculteurs du Sahel. Par enquêtes 2004-05.	Agriculture ; agro-pastoralisme ; élevage transhumant ; prélèvement bois et cultures.	Elevage sédentaire ovins + bovins. Semi-sédentaire et Extensif transhumant (livraison sur plateau - entrée en montagne ; déplacement sur parcours locaux : Bt, Saous, Talléler...)	Sédentarisation progressive depuis 50 ans.	Elev.séd. 0,1 man 15-10 têtes /foyer; élev. 1/2 séd. Ovines 160 têtes/foyer; transhumant: nos/éleveur 160 ov. 140 cap.	Charge en augmentation suite à l'emprise agricole. Pratique de l'agral en montagne (mise au repos)	Fourrage sur parcours. Fourrage cultivé, aïnes.
Steppes des Hautes Plaines	50 éleveurs à partir 1000 tonnes par autorité locales. Enquêtes auprès éleveurs.	Elevage ovins dominant + caprins, culture pluviale (orge).	Mode de conduite : Sédentaire extensif (n=20) ; Semi-nomade transhumant (n=2) ; Semi-nomade (n=200)	Mouvement important de sédentarisation = 86% de la population en dur (contre 14% vivant semi tenté)	Elevage ovins : Effectif total 9260 têtes, 185,2 têtes par éleveur	Charge animale 3 à 4 fois plus élevée que la charge d'équilibre.	Complémentation alimentaire = 0,3 % des besoins alimentaires ; concentrés de commerce + produits et sous-produits de céréaliculture (chaumes, paille, grain).

Observatoire	Echantillonnage	Usages des terres:	Pratiques d'élevage (extensif/intensif)	Sédentarisation	Chapital	Charge sur parcours	Alimentation du bétail
Faïro (Ouakhoth)	183 localités, 2004-2005, questionnaire; organisation, historique, inventaire, foncier.	Agric. 63%; élevage 21%; comm/artisanat 8% autres	Transhumance, essentl ovins (23% des élevés), aménage favorable, distance variable (quelques km à plusieurs centaines). Accès aux terres sous conditions. Aire d'élevement puis-forages (68%), mares temp. 31%.	Pas de tendance remarquée	Com. Ouakhoth: 36228 bov., 95629 ov., 44963 cap., 6000 équidés.	3,5 UBT/km ² Charge équilibrée + amix transhumants + cornelles (surcharge). Par ha: 0,6 bov., 2,3 petit rumin., 1 terme problème alimentation bétail.	Complémentations: sous-produits agric. (68%) en majorité local, produit de cueillette (28%), 81% en saison sèche
Ribelia Saca	1703 personnes enquêtées, 2005; questionnaire (échantill. aléatoire et exhaustif selon importance de la population)	Agriculture, élevage	Élevage familial sédentaire d'importance réduite.	Population sédentaire en majorité	Essentiellement porcins, caprins et volaille.	pas d'indication	Sous produits agricoles + végétation naturelles
Tarodi-Tondkondla-Dandiantou	Informations biogéographie (Collat, 1975)	Agriculture pluviale, élevage	Élevage extensif. Troupes: corailés aux Peuls en saison de pluie; "grande transhumance"; déplacement sur plateaux; et Dallol ("petite" transh.).	Pas de tendance remarquée	Bovins, ovins et caprins.	pas d'indication	pas d'indication
Bourem	2 villages Arma et Songho respect. Bamba Te et Karmachoy + zone nomade autour d'un puit pastoral (Incankori. Enquête sur les fonciers agricole, pastoral, hydraulique, forestier)	Pastoral: terres et puits soumis au droit coutumier; agricole;	Élevage extensif	Pas de tendance indiquée	14900 t., 5300 UBT dont 1/3 bovins, 1/3 ovins, caprins, 1/3 cornelle et équidés.	Charge excessive signalée mais non évaluée, essentiellement en bordure de fleuve.	pas d'indication

Observatoire	Pratiques agricoles	Production / superficie	Statut terres et Mode d'appropriation	Autres exploitation (bois, plantes médicinales...)	Tendances (changement d'usage)	Revenus et sources	monnaie
E' Omayed	Dominance de l'arboriculture irriguée (figuiers, oliviers) = 4/5 des terres cultivées) + céréalière en sec	Récoltes céréales environ 1 fois les 5 ans: 2-5 q/ha de grains; 3,5-5 q/ha de paille, 2,4 parcelles/évalant, moy 5,37 ha/parcelle	Accès à la propriété foncière conditionnée par le développement de l'arboriculture irriguée	82 espèces (22 annuelles + 40 pérennes) = 52% du total des espèces (usage domestique ou économique); fourrage, combustible, médicinales, ornementation, autres	Cheptel total en baisse, extension de l'arboriculture (4/5 des terres cultivées) extension rapide défriment des bonnes terres céréalières qui elles-mêmes au défriment des meilleures terres de parcours (problématique majeure; alimentation en eau). Cas particulier: tourterais sur littoral.	Pas d'indication	1 livre égyptienne (LE) = 0,13 €
Menzel Habb	Agriculture pluviale = 73%; Cultures annuelles = 52% des exploitations depuis 1 siècle; irriguée: 52, 20 ha; récentes (10 ans) = 1%, Arboriculture (olivier = 52%) = 40% de la surface des exploitations	Rend céréales: 3,2 q/ha, Olives (kg/orange) par année: sécher: 2; moy: 29; humides: 52, 20 ha; réexploitation en 2-3 parcelles = 70% des exploitations = 20 ha.	Privatisation des terres collectives à partir des années 70 (parcelles); Privatisation = 75% des terres. Mode d'appropriation = héritage (77%)	Recours aux plantes médicinales courantes.	Revenu agricole, dépeçes, puis piémons (1° ouv, Hydraul.) puis parcours; perte des meilleurs parcours	Revenu annuel moyen /ménage: 3891 Df, Blevage (37%), agric. en sec (13%); en irrigué = 3%; entro-agric. (49%); commerce, chantiers, orkanat, aides et subventions de l'Etat.	1 Dinar tunisien Df = 0,6 €
H. - Bou Hechma	Agriculture pluviale dominante = 75% du nb des exploitations. Céréalière (blé + orge) dans parcelles dispersées. Arboriculture (amandier) = 45% des terres privées pour chacune des deux cultures. Culture irriguée (petits pois, fèves) = 1%.	Production arboricole Arboriculture = 72% autoconsommation + 19% commerce, 18% > 20 ha en 2-3 parcelles en moyenne	Terres familiales = 14 ha, 7 ayants droit; terres collectives = 120 ha, 41 ayants droit; terres privées = 538, ces exploitations = 5-20 ha; Mode d'appropriation: 97% par héritage	Le prélèvement de bois pour besoins domestiques, encore important malgré la réglementation et l'introduction du gaz butane	Declin de la transhumance lié à l'extension des cultures (handicap aux déplacements) et de la mécanisation (tracteurs et combineuses); => declin de l'élevage camélin (persistance de 1 à 2 têtes dans quelques UE).	Revenu annuel moyen par ménage: 3430 Df; agric. 1283 Df, élev. 1038 Df, Entro-agric. 1828 Df. Coef de variation = 83% à 115%.	Df
Oued Mird	L'agriculture pouvant être irriguée est viticole, à partir le henné et quelques formes d'arboriculture.	pas d'indication	Parcours collectifs dépendant de la tribu locale; accès des étrangers à la mise en culture impossible. Cependant, transformation des rapports et règles d'usage intra- et inter-ethnique.	Prélèvement du bois pour utilisation domestique; 1 = 0,5 kg de matériel ligneux/holton/1 ouv = 160 tonnes/ann.	Tend. intensification élevage; développement élevage sédent. past. -> fermier promadés: 22 en 1999; 16 en 2004). Declin sur parcours caprins (47%), ovins (-30%) et surcou camélin; apparition bovins et races ovines D'mran et Dr'ba (plus sédentaire); renforcement complémentarion.	Marges bétail, élevage sédent (Df/UE/ouj); 313 (ovins) et 300 (caprins). Marges agric. D'r'ha: 10,30 pour henné -2,356 et -2278 Df/ha pour le blé tendre et l'orge;	1 Dirham marocain (DM) = 0,09 €

Observatoire	Pratiques agricoles	Production / Superficie	Statut terres et Mode d'appropriation	Autres exploitations (bois, plantes médicinales...)	Tendances (aménagement d'usage)	Revenus et sources	monnaie
Issougi	Travail en pierre (Oued Daddi); arbricail, céréals, herbe (fourrage pour ovins).	232 ha au total, 76% des exploitations; < 0.5 ha.	terre "Issougi" collective-exploitee en usufruit, terrasse "Igron" ou "Assif" de statut Meik (privé familial).	Prélevement bois-énergie et artisanat (250 personnes chargées de la cueillette)	Recours à l'agriculture par les éleveurs transhumants. Accélération de sédimentation depuis 1980, élevage semi-sédentaire. Emprise agricole dans les parcours d'hiver et utilisation eau pour agric.	Diversification des revenus en période climatique défavorable (commerce, transport, guide touristique...)	1 Dirham marocain (DH) = 0.09 €
Seppes des Hautes Plaines	Culture pluviale, céréalicultrice (les 2/3 en orge)	Céréales: ensoleillement < 2 q/ha. Assole facile détreinée aux cultures = 1/6 ha /Myre= 3.3 ha/éleveurs; Parcelles de 11 à 40 ha en moyenne.	Statut juridique des types de parcours = type archi tribal. Exploitation libre si co n'envoie pas sur terres de cultures.	peu important: ligneux, pl. médicinales, fourrages.	Élevage pastoral en régression. Activité pastorale < 1/4 des actifs de la steppe (ensoleillement de 1998); > 3/4 lycornis (agriculteurs) en 1996.	Essentiel: Élevage, commerce de l'eau et de l'aliment du bétail (complém. pour éleveurs 100 en 2001) et recyclage d'anciens éleveurs).	1 Dinar algérien (DA) = 0.01 €
Felo (Ouedhelli)	Cult. Mucile: 36% ml; 33% arachide + niébé, pois; 32% des parcelles (barb 66% <bars), rotation cult jamaïs (53%), toujours (18%)	Rend moyen par ha (1992-2001): Arachide 5.9 q, ml 4.9 q; Niébé 5.9 q, fables (la Basse des rians) < temps < 1ha (24%), 1-3ha rotation cult jamaïs (53%), toujours (18%)	part 32% défrichage 19% autres terres, herbage...)	Bois (Balanites Nierm...), cimeantation hum / arime. (Acacia abido, A. raddiana, Balanites, Jujube, Babobab ...)	Pas de tendances notables	150000000 FCFA/ an par capta. Activité la plus rentable: agricole (44%) puis élevage (38%) + émirgent + autres	100 F. CFA = 0.12 €
Ribera Seca	Cultures céréalières sur versants et plateaux (moy 7 ha Zone 1) et irriguées en fond de vallées (moy 0.24 ha zone 2)	Cult. pluviales; essentiellement maïs, niébé, haricot; cult irriguée: arachide, banane, arachide, canne à sucre. Cult pluviale: moy de 1.0 ha par parcelle; cult irriguée: 0.2-0.5 ha par parcelle.	Parcelles privées	Bois-énergie: 300 à 600 kg/ an/ foyer	Pas de tendances indiquées	Par d'indication	1 Escudo (EscV) = 0.006 €
Tercel-Tercilando-Darclantau	Agriculture pluviale essentiellement arborée. Cultures irriguées ou détreinée en période sèche.	Par d'indication	pas d'indication	Exploitation du bois-énergie y compris destiné à la vente.	Par d'indication	Par d'indication	100 F. CFA = 0.12 €
Bouren	Par d'indication	Par d'indication	Etude détaillée de foncier.	Bois-énergie essentiellement: surexploitation des ligneux proches du fleuve. Curs de sel pour le cheptel; gestion par conventions locales, conflits signalés.	Par d'indication	Par d'indication	100 F. CFA = 0.12 €

●●● PARTENAIRES DU RÉSEAU Roselt/OSS

Maître de l'ouvrage : OSS



Observatoire du Sahara et du Sahel

Assisté par :

- un Comité de pilotage
- un Comité scientifique et technique

Partenaires régionaux



Partenaires financiers

France



DDC/ Suisse



Italie



Partenaires associés



IGAD



CILSS



UMA



UNESCO



UE



GTZ



CeSia

Pays africains impliqués

Algérie : Centre de recherche scientifique et technique sur les régions arides (CRSTRA, Biskra), Alger,

Cap Vert : Instituto Nacional de Investigaçao E Desenvolvimento Agrario (INIDA) - Praia

Egypte : Department of botany, faculty of science, University of Alexandria

Ethiopie : Pastoral Unit-Ministry of Agriculture - Addis Abeba

Kenya : Ministry of Water Resources Development and Management - Nairobi

Mali : Institut d'economie rurale (IER)- Bamako

Maroc : Division de recherche et d'expérimentations forestières (DREF) - Rabat

Mauritanie : Direction de l'environnement et de l'aménagement rural (DEAR) - Nouakchott

Niger : Ministère de l'hydraulique, de l'environnement, et de la Lutte contre la désertification - Niamey

Sénégal : Centre de suivi écologique (CSE) - Dakar

Tunisie : Institut des régions arides (IRA) - Médenine

Extension en cours :

Ouganda : Ministry of Water lands and Environment, Kampala

Tchad : Ministère de l'Environnement et de l'Eau - N'djamena

Burkina Faso : Institut de l'environnement et des recherches agricoles (INERA) - Ouagadougou.

Libye : Libyan Center for Remote Sensing and Space Science (LCRSSS) - Tripoli

Le Réseau d'observatoires de surveillance écologique à long terme (Roselt) de l'OSS rassemble une grappe d'observatoires, répartis sur le pourtour circum-saharien, qui ont, en dénominateur commun, la désertification comme préoccupation majeure. Le réseau s'est mis au défi d'améliorer les connaissances sur ce phénomène qui influence la biodiversité et les changements climatiques.

Tant au nord qu'au sud du Sahara, on a mis en place, au cours des dix dernières années, des protocoles de collecte et de traitement des données, anciennes et actuelles, pour évaluer les tendances d'évolution des systèmes écologiques et socio-économiques des observatoires. Dans cette région où la pluviométrie est en baisse, de façon chronique au Sahel et de plus en plus marquée en Afrique du Nord, l'accroissement des populations humaines et la modification des usages des terres, due à une saturation des parcours ou leur réaffectation à la céréaliculture, ont des effets néfastes sur l'environnement. L'ensablement et l'avancée des dunes sont une menace pour les zones de cultures irriguées notamment. La biodiversité est également touchée, de nombreuses espèces étant en danger d'extinction en raison des activités humaines.

Au sud du Sahara, le déclin des ressources naturelles entraîne souvent la migration des populations vers des zones où les conditions climatiques et de vie sont plus propices. L'exil forcé est, au contraire, moins marqué au nord du Sahara où la tendance est plutôt à la sédentarisation, souvent encouragée par les Etats.

Cet ouvrage, découlant des rapports scientifiques des observatoires du réseau Roselt/OSS, passe en revue également les systèmes de gestion de données et les produits d'aide à la décision élaborés, et relève les difficultés liées à la surveillance environnementale en Afrique du Nord et de l'Ouest.

RÉALISÉ AVEC LE SOUTIEN DE :



DDC - SUISSE

ISBN : 978-9973-856-33-3

Observatoire du Sahara et du Sahel

Boulevard du Leader Yasser Arafat - BP 31 - 1080 Tunis, Tunisie - Tél. : (216) 71 206 633 - Fax : (216) 71 206 636

E-mail : boc@oss.org.tn - URL : www.oss-online.org