

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
جامعة عبد الحميد ابن باديس مستغانم

UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

Faculté des sciences de la Nature et de la Vie

Département des sciences agronomiques



Thèse

Présenté en vue de l'obtention du Diplôme de :

DOCTORAT EN SCIENCES

Filière : Sciences Agronomiques

Spécialité : Sciences des sols et foresterie

Par :

REGAGBA Mohamed

Intitulé :

CONTRIBUTION A LA MISE EN PLACE D'UN SYSTEME
D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES (SIG) DEDIE AU SUIVI DE LA
BIODIVERSITE DE LA REGION SAHARIENNE ALGERIENNE

Soutenu le : 10 Juin 2019

Devant le jury composé de :

Président :	LOTMANI Brahim	Professeur	Université de Mostaganem
Promoteur :	REGAGBA Zineb	Professeur	Université de Tiaret
Co-Promoteur :	HADDAD Ahmed	Professeur	Université de Mostaganem
Examineurs :	BELKHODJA Moulay	Professeur	Université d'Oran1
	MEDERBAL Khalladi	Professeur	Université de Tiaret
	LARID Mohamed	Professeur	Université de Mostaganem

Année Universitaire : 2018-2019

Sommaire

Sommaire	
Remerciements	01
Abréviations	02
Résumé français	03
Résumé arabe	04
Résumé anglais	05
Liste des figures	06
Liste des tableaux	09
Introduction générale	10

PARTIE 1 : Etat de la biodiversité dans les zones arides

Introduction	15
1- Spécificités des zones arides	16
1.1- La biodiversité des zones arides	17
1.2- Zones arides et désertification globale	17
2- Les menaces pesant sur la biodiversité dans les zones arides	18
2.1- La destruction, la fragmentation et l'altération des habitats	19
2.2- L'introduction d'espèces	19
2.3- La surexploitation des espèces	20
3. Les enjeux de la conservation de la biodiversité	20
3.1- Enjeux biologiques	20
3.2- Enjeux économiques	21
3.3- Enjeux culturels	23
4- Modalités de conservation de la biodiversité	23
4.1- Conservation classique <i>in situ</i>	24
4.2- Conservation et traités internationaux	24
5- Convention cadre des Nations Unies sur la Diversité Biologique (CBD)	27
6- Biodiversité et développement durable	29
6.1- Conservation et développement	30
6.1.1- L'assistance du Système des Nations Unies	30
6.1.2- Les Réserves de la Biosphère	31
Conclusion	32

PARTIE 2 : Diagnostic écologique dédié au plan d'action pour la préservation de la biodiversité de l'Ahaggar (Algérie)

1-Méthodologie de mise en place d'un SIG (système d'informations géographiques)	33
1.1 - Présentation de l'outil SIG	33
1.2- Cheminement méthodologique général pour la mise en place du SIG	34
1.3- Démarche méthodologique spécifique au suivi de la biodiversité : intégration du suivi de la biodiversité dans une étude pluridisciplinaire à l'aide de la géomatique	42
1.3.1- Concepts de Géomatique et de suivi de la biodiversité	42
1.3.2- Hiérarchisation des niveaux d'analyse : le triptyque terrain - télédétection – SIG	44
1.3.3- Opérations techniques dédiées au renforcement de la méthodologie de suivi de la biodiversité à l'aide de la géomatique	44
1.3.4- Opérations thématiques dédiées au renforcement de la méthodologie de suivi de la biodiversité à l'aide de la géomatique	45
2- Résultats réalisés	50

2.1- Analyse globale des systèmes écologiques	50
2.1.1- Présentation de la zone d'étude	50
2.1.1.1- Notions d'ensemble sur la région de l'Ahaggar	50
2.1.1.2- Situation et délimitation du parc national de l'Ahaggar	51
2.1.2- Synthèse écologique de la région de l'Ahaggar	53
2.1.2.1. Conditions bioclimatiques	53
2.1.2.2. Géologie et géomorphologie	57
2.1.2.3. Pédologie	60
2.1.2.4. Hydrogéologie	60
2.1.2.5. Valeurs biologiques et écologiques	62
2.2- Analyse fine des systèmes écologiques	88
2.2.1- Diagnostic des gueltas et plans d'eau des sites "RAMSAR"	88
2.2.2- Diagnostic des massifs montagneux de l'Ahaggar	94
2.2.3- Diagnostic des oueds à <i>Acacia</i> sp.	98
2.3- Synthèse des résultats réalisés	105
2.3.1- Résultats des actions de Géomatique : configuration d'une station SIG	105
2.3.2- Résultats méthodologiques et thématiques	106
2.3.2.1- Résultats globaux	112
2.3.2.2- Exemple d'application de la télédétection et des SIG (Systèmes d'Informations Géographiques) pour l'étude du cas particulier du bassin versant de l'oued Afilal et l'Oued Tamanrasset	142
2.3.2.3- Adaptation de la méthode FAO (2017) au suivi de la biodiversité du PCA	159
1- Objectif	160
2- Collect Earth	160
3- SQLite et PostgreSQL	161
4- Serveur Saiku	161
5- Catégories d'affectation des terres	161
5.1- Les définitions des catégories d'affectation des terres par la FAO	164
6- Application Collect Earth sur la zone d'étude (parc culturel de l'Ahaggar)	167
6.1- Création d'une grille d'échantillonnage pour Collect Earth par ArcGIS	167
6.2- Exportation de données sur Collect Earth	169
6.3- Ajout de fichiers CSV dans Collect Earth	169
6.4- Saisie des données sur Collect Earth	171
6.5- Analyse des données avec Saiku Server	174
6.5.1- Visualisation de données	174
6.5.2- Filtrage des données	177
Conclusion	178

PARTIE 3 : Orientations générales pour la mise en place d'un plan d'action dédié à la préservation de la biodiversité de l'Ahaggar (Algérie)

Introduction	179
1 - Cheminement méthodologique	179
1.1- Descriptif et évaluation des patrimoines	180
1.1.1 – Environnement naturel et biodiversité	180
1.1.2 – Evaluation des patrimoines culturels	180
1.2- Plan d'action pour la préservation de la biodiversité	181
1.2.1 - Définition des objectifs de préservation de la biodiversité	181
1.2.2 - Les activités à prévoir dans le plan de gestion dédié à préservation de la biodiversité	181
2 – Mise en œuvre du plan d'action pour la préservation de la biodiversité	183

2.1 – Bases institutionnelles	183
2.2 – Moyens à mettre en œuvre	183
2.3- Plan d'action et mécanismes de suivi	183
2.3.1- Plan d'action	183
2.3.2- Mécanismes de suivi	183
3 – Perspectives pour la réussite du plan d'action pour la préservation de la biodiversité	184
3.1- Qualités et faiblesses du projet	184
3.2 – Perspectives	184
Conclusion générale	185
Glossaire	187
Références Bibliographiques	190
Annexes	201

Remerciements

Je remercie Allah le tout puissant de m'avoir aidé pour venir à terme de ce travail et de surmonter toutes les difficultés et de m'avoir accordé ce privilège de pour suivre le chemin de la science.

La réalisation de cette thèse n'aurait pas été possible sans l'aide de personnes que je tiens à remercier. En effet, ce travail, entrepris selon une démarche dont seul l'auteur en est responsable, n'a pu être mené à terme que grâce à l'aide d'un certain nombre de personnes qui par leurs conseils, leur critiques éclairantes et leur amabilité l'ont soutenu sans relâche. A toutes ces personnes, je leur formule mes vifs remerciements.

M'est agréable de remercier particulièrement :

Mme **MEDERBAL-REGAGBA Zineb**, Professeur à l'Université de Tiaret, qui m'a mis sur la voie du présent travail, m'a intéressé davantage aux régions arides et m'a fait l'honneur de diriger mes travaux. Son attitude m'a permis d'avoir une grande liberté de travail, qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude ;

Monsieur **HADDAD Ahmed**, Professeur à l'Université de Mostaganem, Co-encadreur qui m'a accordé sa confiance en acceptant d'encadrer ce travail ;

Monsieur **LOTMANI Brahim**, Professeur à l'Université de Mostaganem, qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury et à qui je dois une reconnaissance toute particulière ;

Mes sincères remerciements s'adressent à Monsieur **MEDERBAL Khalladi**, Professeur à l'Université de Tiaret, Monsieur **Belkhdja Mouylay**, Professeur à l'Université d'Oran Es-Sénia, et à Monsieur **LARID Mohamed**, Professeur à l'Université de Mostaganem qui me font l'honneur d'assister au jury de soutenance de ma thèse ; Sans hésitation, ils m'ont montré leur intérêt pour ma thématique de recherche et leur disponibilité à faire partie du jury.

Également, je remercie tout l'encadrement de la wilaya de Tamanrasset pour leur aide durant mes sorties sur le terrain et surtout l'office de parc culturel de l'Ahaggar, Ils m'ont apporté des éclairages nouveaux et m'ont orientée vers des pistes originales : qu'ils soient remerciés pour leur collaboration et leur gentillesse.

Je tiens à remercier vivement, Monsieur **MEGHRAOUI Mâamar**, chercheur à l'Institut National de la Recherche Forestière, Tlemcen et toute l'équipe de la station INRF de Tamanrasset m'ont apporté leur précieuse aide sur le terrain, au niveau du parc culturel de l'Ahaggar, et les collègues de la station de l'INRF de Tlemcen ;

A mes très chers Parents, **Abdallah et Oum Noun**, pour leur abnégation, leur amour sans limite, leur patience et leurs encouragements, je dis mille fois merci.

A mes très chers Frères et Sœurs qui m'ont toujours apporté leur soutien.

Ma pensée va enfin à ma femme **SAHNOUNE Mériem**, qui m'a supporté avec patience tout au long de ce travail, et à ma fille **Nassime Afnane** qui, pour réaliser ce travail, ont dû supporter mon indisponibilité ; qu'ils reçoivent ici mon grand amour.

Enfin, n'oublie pas mes amis pour leur contribution directe ou indirecte à ce travail, sans eux rien n'aurait été possible.

Mohamed

المساهمة في تنفيذ نظام (GIS) المخصص لرصد التنوع البيولوجي في المنطقة الصحراوية الجزائرية

رغم العديد من الدراسات على الجوانب المادية والحيوية للحظيرة الثقافية للأهقار ، فإنه من الصعب اتخاذ قرارات لتهيئة الحظيرة نظرا لغياب قاعدة بيانات مركزية التي يمكنها توضيح و تسهيل عمليات التهيئة و التسيير بتبيان الأماكن الأكثر تنوعا بيولوجيا و ذلك لإعطائها أولوية في الحماية. إن الحفاظ على التنوع البيولوجي ،الذي يأخذ بعين الاعتبار عدد من الخصائص المهمة للتسيير المستدام للإقليم يتطلب حماية مساكن بعض الأنواع النادرة.

بموجب الدراسة " المساهمة في تنفيذ نظام الإعلام الجغرافي (GIS) المخصص لرصد التنوع البيولوجي في المنطقة الصحراوية الجزائرية ،"نشر في منهجية لدمج البيانات متعددة المصادر في نظام الإعلام الجغرافي. عدد من الخيارات التقنية والمنهجية المعتمدة لإدخال نهج متكامل لرسم خرائط للبيئة الطبيعية الصحراوية (الحظيرة الثقافية للأهقار) مدعم بتقنية الاستشعار عن بعد. هذه السلسلة من التقنيات المتبعة تسمح بتصميم خرائط ملائمة وتتفق ومقتضيات نظام الإعلام الجغرافي ومتوافقة لاحتياجات رصد التنوع البيولوجي. النتائج المحققة تبرهن صحة النهج، و تستخلص لنا الحدود التقنية والموضوعية المتبعة. ولذلك ،فإن نظام الإعلام الجغرافي هو الأمثل لضمان نجاح رصد التنوع البيولوجي ، والتوجيه التقني لمختلف المواضيع المقترحة.

هذا الأسلوب المنهجي ، أتاح لنا تحقيق نتائج مرضية وتطبيق نظام الإعلام الجغرافي على المستوى المتوسط والكبير لرصد التنوع البيولوجي.

المفتاحية : التنوع البيولوجي ، الجيوماتيكا (نظم المعلومات الجغرافية والاستشعار عن بعد ورسم الخرائط) ، الأهقار ، الصحراء (الجزائر).

Abstract

Contribution to the implementation of a geographic information system (GIS) dedicated to monitoring the biodiversity of the Algerian Saharan region

Despite numerous studies on the physical aspects and biotic Cultural Park Ahaggar, decision making in the development of the park remained difficult due to the absence of a centralized database. This database will function Geomatics inform decisions planning and management in showing the locations potentially associated with high biodiversity and protect priority.

Preserving biodiversity, which has become an increasing important criteria of sustainable land management, demand that we protect the habitat of some rare species.

As part of the thesis «Contribution to the implementation of a geographic information system (GIS) dedicated to monitoring the biodiversity of the Algerian Saharan region," a methodology for integrating data and multi multisource in a System Geographic Information is initiated.

Choices are technical and methodological approach adopted and integrated mapping of the natural environment Sahara (Ahaggar Cultural park) assisted by remote outlined. The chain allows a methodology designed map production conforms to the requirements of a Geographic Information System and compatible to the needs of biodiversity monitoring. The results achieved validate the approach of, and raise the limits on technical and thematic face.

Therefore, to optimize the Geographic Information System (GIS) and ensure its success in monitoring biodiversity, technical guidance and themes are suggested.

This methodological approach, unless adjusted, provides us with satisfactory results and practices to comfort GIS and carry on medium and large scales to the draper potential indicators for monitoring biodiversity.

Keywords: Biodiversity, Geomatics (GIS, remote sensing, cartography), Preservation, Ahaggar, Sahara (Algeria).

Introduction générale

Les grands espaces sahariens renferment une diversité biologique et des formes de vie adaptées aux conditions écologiques arides et xériques ; cette biodiversité a attiré de nombreux botanistes et phytosociologues depuis Battandier et Trabut (1911) ; Maire (1933-1940) ; Leredde (1957) ; Quezel (1954, 1957 et 1965) ; Monod (1957) ; Ozenda (1983) ; Barry *et al.*, (1970, 1973, 1985, 1987) jusqu'à l'heure actuelle où des programmes de recherche sont initiés (Abdelkrim (1992, 2000, 2006), Benhouhou (2001) Bencheneb (2000), Bensaïd (2000), Mederbal (1983, 1992, 2009), Regagba (1999, 2012)...

Mener des investigations sur d'immenses territoires sahariens ou pré-sahariens est une entreprise très longue ; toutefois, avec l'apport des nouvelles techniques spatiales, il est tout à fait possible d'adopter une méthodologie cohérente qui permet d'étudier, et en un laps beaucoup plus court, les massifs montagneux, les vallées, les nombreuses griffes d'oueds en échancures ou en réseau anastomosés, les dépressions, les plans d'eau des gueltas qui recèlent des végétations diffuses ou contractées.

Après avoir fixé les objectifs à atteindre pour nos travaux de recherche dédiés au suivi de la biodiversité et, suite à la reconnaissance sur le terrain des grandes unités orotopographiques au niveau des massifs montagneux et les étendues sableuses sahariennes du Parc Culturel de l'Ahaggar (PCA), nous nous sommes basés sur une approche méthodologique simplifiée pour la collecte de données floristiques et paysagères en incorporant un ensemble d'indicateurs susceptibles de caractériser périodiquement l'état de la diversité biologique au niveau des sites retenus.

Le suivi de la biodiversité doit constituer un élément central de notre travail dont l'objectif premier est la capitalisation, l'exploitation et la diffusion des informations scientifiques disponibles ou récoltées au niveau de l'office du Parc Culturel de l'Ahaggar (PCA).

S'agissant prioritairement de l'élaboration d'un réseau de suivi sur plusieurs années, le programme est orientée vers l'acquisition répétitive de données pluri thématiques (floristiques, faunistiques, écologiques et socio économiques) et leur intégration dans un système d'informations géographiques (SIG).

Plus particulièrement, la problématique du suivi de la biodiversité est, dans un contexte institutionnel national impliquant plusieurs ministères dans les actions de développement de l'espace du Parc Culturel de l'Ahaggar (PCA) et une démarche scientifique pluridisciplinaire, la conception et la mise en œuvre d'une méthode simple pour l'intégration du suivi de la flore spontanée dans le monitoring à long terme.

Dans un souci de cohérence de la mise en forme du présent mémoire, le cheminement général suivant est adopté :

1- une approche méthodologique est adoptée conformément à la problématique et les objectifs des recherches envisagés ;

2- Dans une présentation générale de la biodiversité des zones arides, les spécificités écologiques des zones arides, tant sur le plan physique que biotique ou socio-économique, sont synthétisées et les enjeux de la biodiversité sont précisés ;

3- Pour contribuer à la mise en place d'un plan d'action pour la préservation de la biodiversité de l'Ahaggar (Algérie), la méthodologie de diagnostic du milieu est fixée tout en insistant sur l'intégration de concepts et méthodes issus de l'écologie du paysage et de la biologie des populations. Pour rendre cette synthèse opérationnelle, l'application de l'outil géomatique (télédétection, cartographie et SIG) dans la spatialisation des données sur les écosystèmes est développée.

4- Les résultats des différentes approches méthodologiques sur la flore (transects, relevés floristiques, placettes de suivi), appliquées aux différents sites échantillonnés durant les campagnes de terrain, sont présentés et discutés.

5- Pour valoriser les résultats des recherches entreprises, des orientations générales pour la mise en place d'un plan d'action dédié à la préservation de la biodiversité de l'Ahaggar (Algérie) sont proposées pour les sites étudiés.

Les sites étudiés ont été échantillonnés selon trois directions différentes mais complémentaires :

1- Au niveau des massifs de la Taessa et de la Tefedest dans l'Ahaggar (Algérie), comportant une biodiversité végétale fragilisée mais très riche, les stations d'étude ont été choisies selon des critères oro-topographiques ;

2- Autour de gueltas inscrites dans la liste des sites "RAMSAR" (gueltas d'Issakarassene et d'Affilal), des transects, en amont et en aval des plans d'eau, ont été réalisés pour diagnostiquer les communautés végétales en place ;

3- Compte tenu de la dégradation et les régressions des peuplements dominés par *Acacia* ssp. Autour des centres urbains telle que la ville de Tamanrasset, une évaluation précise des communautés végétales dominées par cette espèce a été initiée pour proposer un suivi périodique de ces communautés qui constituaient jadis, ça et là, autour des Z'Ribas et des lieux où l'homme s'activait, des peuplements luxuriants.

1- Problématique, objectifs visés

1.1- Problématique

Devant la problématique, d'une part, de gestion du patrimoine naturel et culturel de l'espace Saharien Algérien, connaissant actuellement de très graves dysfonctionnements (Le Houérou H.N., 1968, 1997 ; Mainguet M, 1995) et, d'autre part, l'absence d'une approche cohérente capable de mobiliser toutes les compétences et les ressources pour les besoins du développement, l'initiative d'entreprendre le présent travail a été prise en considération.

Pour préserver et utiliser durablement la diversité biologique du Parc Culturel de l'Ahaggar qui occupe une superficie de 528.000Km², l'analyse du milieu à un instant t_0 puis le suivi spatio-temporel des bio-indicateurs les plus pertinents sont des étapes nécessaires dans cette étude. Or, les méthodes classiques de diagnostic phytoécologique et de suivi de la biodiversité, qui sont nombreuses et diversifiées, ne permettent pas d'étudier de grands espaces dans un laps de temps raisonnable et ne répondent pas, souvent, aux attentes du praticien du terrain ; dans ce cadre, l'application des techniques de la géomatique (télédétection, cartographie numérique et SIG) est tout à fait justifiée.

En effet, le parc culturel de l'Ahaggar, occupant environ le quart de la superficie de l'Algérie, sont caractérisés par :

- J un patrimoine naturel et culturel méconnu, à **repérer** et à **explorer** ;
- J une biodiversité riche mais fragilisée et menacée, à **conserver** ;
- J des écosystèmes subissant des variations climatiques imprévisibles dans le temps et dans l'espace, à **gérer** ;
- J Et, globalement, un héritage, tant culturel que naturel, à **préserver** et transmettre pour les générations futures.

Pour ce, la gestion d'une aire protégée (le cas de l'Ahaggar), de par sa complexité et son caractère multisectoriel, fait appel à des masses importantes de données qui, pour la plupart, sont géographiquement localisées, notamment :

- J Données topographiques (cartes d'état major, anciennes cartes, croquis, Modèle Numérique de Terrain -MNT) ;
- J Données cadastrales (anciens plans de grande échelle, limites administratives, données attributives) ;
- J Images satellitaires (images satellitaires de très haute résolution spatiale, fusion de données de multi sources, spatio-cartes) ;
- J Travaux *in situ* et sorties sur le terrain (vérification, complètement, échantillonnage, validation, suivi spatio-temporel) ;

- J Cartes et données thématiques diverses (géologies, pédologie, hydrologie, vulnérabilité naturelle, aménagement du territoire, protection de la nature, communication, transport, patrimoine, archéologie) ;
- J Données et renseignements socio-économiques (civilisations et périodes, peuplements et répartitions, mode de vie, coutumes et traditions, activités) ;
- J Faune et flore (peuplements forestiers, chasse, couloirs de faune, surfaces utilisables par la faune, potentialités, sensibilité à la désertification).

Comment gérer cette masse d'informations ? Toute la finalité est de garantir :

- J Une pérennité de la donnée ;
- J Un accès facile et une consultation rapide des données aux seins des structures concernées ;
- J Une analyse spatiale et requêtes géo-référencées de grande précision ;
- J Des éditions cartographiques de bonne qualité pour les administrations concernées ;
- J Une aide à la décision et à la gestion des différentes actions d'aménagement, de sauvegarde et de protection de l'héritage naturel et culturel.

1.2- Les objectifs visés

L'objectif principal du travail préconisé concerne :

J l'intégration des données multi-sources (données images satellites, observations de terrain, autres données thématiques disponibles ou générées...) dans un système d'informations géographiques (SIG) pour déboucher sur un plan d'aménagement et de gestion des zones, écobio-logiquement différenciés, retenues comme sites prioritaires au niveau de Parc Culturel de l'Ahaggar (PCA);

Pour atteindre ce but, plusieurs activités, mettant à contribution l'outil géomatique, sont chronologiquement ciblées pour réaliser les objectifs secondaires suivants :

- J Identification des besoins en informations géographiques (cartes topographiques de base, données images satellites) ;
- J Réalisation d'une spatio-carte à l'échelle 1/500.000, montrant les grands ensembles phytogéographiques et repérant les sites prioritaires au niveau des deux parcs culturels de l'Ahaggar ;
- J Mise en place d'une méthodologie d'étude de la flore, de la végétation et du milieu ;
- J Réalisation d'une spatio-carte à l'échelle 1/200.000 sur les sites prioritaires au niveau de parc national de l'Ahaggar, montrant les principales unités homo-écologiques (cartographie

des habitats) et repérant les placettes permanentes ou/et les transects retenus pour le suivi des bioindicateurs de la biodiversité ;

) Proposition d'actions d'aménagement et de gestion.

PARTIE 1 : Etat de la biodiversité dans les zones arides

Introduction

La biodiversité est la manifestation de la complexité du vivant. Elle comprend trois niveaux : la diversité des espèces, la diversité génétique et celle des écosystèmes. Ces trois niveaux sont tous aussi importants, les uns que les autres, car la vie sur Terre dépend de leur continuité, (Solbrig, 1991; Solbrig, & Nicolis, 1991).

La diversité génétique s'illustre par les variétés de fleurs, de fruits et légumes, de races d'animaux domestiques, qu'ils soient de compagnie ou d'élevage, ainsi que des souches de microorganismes utilisées dans la production alimentaire (fromages par exemple), la fabrication de médicaments ou l'élaboration de procédés de dépollution. Elle est porteuse du potentiel évolutif des espèces qui conditionne la capacité d'adaptation des écosystèmes et du monde vivant face, notamment, au changement climatique.

Le maintien de la diversité des écosystèmes est tout aussi essentiel en raison des services qu'ils rendent pour le bon fonctionnement de la biosphère, qu'il s'agisse par exemple du cycle de l'eau (disponibilité de la ressource, capacités d'autoépuration des cours d'eau) ou de la protection des sols (protection physique contre l'érosion et préservation de leur fertilité). A ce niveau, la biodiversité s'exprime de façon dynamique : diversité des interactions qui contrôlent en partie le fonctionnement des écosystèmes, évolution permanente qui lui donne sa capacité d'adaptation et de réponse aux changements des conditions d'environnement.

C'est en 1992, à Rio (Brésil), qu'a été adoptée la Convention sur la diversité biologique. Reconnaissant le monde du vivant comme fondement du développement durable, elle fixait trois objectifs :

- 1- La conservation des diverses formes de vie ;
- 2- L'utilisation durable de ses composantes pour ne pas mettre en péril les capacités de renouvellement des milieux naturels ;
- 3- L'accès aux ressources génétiques et le partage juste des bénéfices découlant de leur utilisation.

La biodiversité est indissociable du développement durable, car l'essentiel de ce développement se fonde sur les multiples biens et services qu'elle fournit aux sociétés humaines. Aborder la question de sa gestion est ainsi affaire de préservation autant que de valorisation et ce sujet concerne des domaines aussi variés que la protection de la nature, l'industrie, l'agriculture, ou encore les politiques d'aménagement du territoire.

La biodiversité touche aussi la diversité des cultures. Elle s'exprime, par exemple, dans la diversité des terroirs, des variétés animales et végétales, ou encore des microorganismes que les sociétés humaines utilisent.

La richesse de la biodiversité Algérienne est mondialement reconnue, qu'il s'agisse de ses écosystèmes terrestres ou marins. Cette situation s'explique par la diversité des conditions écologiques du territoire Algérien.

La biodiversité des milieux arides n'intéresse pas que le biologiste. Elle constitue également une ressource importante pour les populations humaines qui vivent dans ces zones et également pour le reste de l'Humanité. Cette diversité biologique résulte de processus de sélection longs et complexes qui, au cours des millions d'années, ont abouti à définir une relation privilégiée entre des espèces et des variétés, animales et végétales, et des espaces caractérisés par des contraintes climatiques et édaphiques particulières. L'accroissement progressif et la diversification récente des activités humaines dans ces régions ont créé, depuis quelques décennies, une pression nouvelle et supplémentaire, introduisant un risque de disparition pour certaines espèces animales et végétales de ce milieu.

Les milieux arides sont des milieux fragiles, où les populations animales et végétales sont susceptibles de variations brutales, en extension et en nombre. Le rythme de développement des populations animales et végétales en milieu désertique est aléatoire, étroitement dépendant des précipitations. Des périodes de pullulation peuvent précéder localement des périodes de raréfaction extrême ou d'extinction. L'introduction de nouvelles pressions dans de tels milieux (Muzzolini, 2000, *in* Mederbal K., 2002), détermine des déséquilibres qui affectent rapidement la diversité des biocénoses. L'un des exemples les plus caractéristiques est celui de la disparition rapide de la grande faune saharienne tropicale (girafes, rhinocéros, éléphants, etc.) au cours de l'Holocène, en conjonction avec l'introduction de l'élevage bovin au Sahara central. Plusieurs auteurs pensent que les effets des changements climatiques globaux en cours durant cette époque (aridification, réchauffement, etc.) ont été accentués par la pression anthropique indirecte (élevage) et ses conséquences (accroissement démographique) sur la disponibilité de ressources alimentaires ou hydriques déjà limitées.

1- Spécificités des zones arides

Pourquoi la biodiversité est-elle menacée ? Au risque d'être réducteur, on peut avancer que les modèles de développement et processus de production et de consommation, privilégiés depuis plusieurs décennies, ont perdu de vue la relation forte, au quotidien, avec la diversité biologique, et qu'ainsi ils en ont méconnu les déterminants et négligé la protection.

Le domaine aride est resté pendant une longue période historique à l'abri des effets de la croissance économique, en raison des difficultés d'installation dues à l'isolement et à la rareté de l'eau. Les pressions anthropiques ne se sont développées que récemment, depuis le milieu du 20^{ème} siècle : démographie, urbanisation, pollution, problème de l'eau, etc.

La stratégie nationale pour la biodiversité a l'ambition de fixer un cadre cohérent et mobilisateur qui permette d'apporter une réponse à la hauteur des enjeux et des difficultés. Elle formalise l'engagement pris dans la convention pour la diversité biologique, en traduisant ses principes à l'échelle nationale. Elle se place résolument dans le cadre de la mise en œuvre de la stratégie nationale de développement durable. Elle reconnaît l'importance de poursuivre l'intégration des préoccupations liées à la sauvegarde de la biodiversité dans les politiques sectorielles. Elle compte sur un développement de la connaissance pour appuyer la dynamique qu'elle cherche à impulser auprès de tous les acteurs.

1.1- La biodiversité des zones arides

Les zones arides, semi-arides et subhumides non irriguées sont, en général, peu riches en espèces, mais abritent de nombreuses espèces indigènes, animales, végétales et microbiennes, ayant élaboré des stratégies particulières pour s'adapter aux conditions environnementales extrêmes.

Bien que la diversité tende à diminuer avec l'augmentation de l'aridité, ce n'est pas vrai pour tous les groupes taxonomiques. On recense ainsi des exceptions dans certaines familles d'oiseaux, de rongeurs et de reptiles. D'autres groupes se caractérisent par une diversité considérable dans les zones arides, notamment les cactées et les plantes succulentes.

Bien que la diversité soit fréquemment faible, le degré d'endémisme des zones arides peut être très élevé. C'est le cas dans certaines régions du nord du Mexique, du sud ouest de Madagascar et de la Somalie.

Au cours des cent dernières années écoulées, la zone aride nord-africaine a vu disparaître un certain nombre d'espèces animales importantes comme l'autruche, l'oryx, la gazelle leptocère ou d'autres devenir excessivement rares comme le guépard l'addax ou la gazelle dama (Mederbal, 2002).

1.2- Zones arides et désertification globale

Les zones arides et semi-arides couvrent 29,8% de la superficie terrestre totale de la planète et la moitié de cette surface est exploitée sous forme de pâturages ou de zones agricoles (Mederbal, 1996). Les constats faits depuis 30 ans par les scientifiques et les organisations intergouvernementales montrent que les zones sèches subissent des dégradations globalement

rassemblées sous le terme «désertification». Des chiffres récents montrent que 40% de la planète, soit 54 millions de km², sont concernés par la désertification. La désertification affecte près d'un sixième de la population mondiale, 70% de toutes les régions sèches et un quart de la superficie terrestre totale de la planète.

La rapidité de la progression de la désertification entraîne une perte de 6 millions d'hectares par an, avec des conséquences économiques et sociales fortes. La désertification, la pauvreté et l'exode environnemental se renforcent mutuellement. En 1994, la moitié des cinquante conflits armés du monde avait, notamment, pour cause des facteurs environnementaux caractéristiques des terres sèches.

En Afrique, on estime à neuf milliards de dollars les pertes annuelles liées à la désertification. La moitié des 50 millions de réfugiés environnementaux, attendus d'ici à 2010, sont originaires d'Afrique sub-saharienne. D'ici 2020, on estime que 60 millions de réfugiés auront quitté les nouvelles zones désertiques de la région du Sahel pour l'Afrique du Nord et les côtes européennes. Dans l'intervalle, durant la même période, l'exode massif des terres sèches désertifiées devrait multiplier par 3,5 la population urbaine des villes côtières du Sahel par rapport à 1996. Les ressources environnementales, donc la biodiversité, seront mises à rude épreuve (données PNUE et Ourplanet.com).

La désertification influence le climat à l'échelle mondiale. Les zones arides contribuent de manière significative à la teneur en poussière de l'atmosphère. La réduction de la couverture végétale, due au pâturage ou aux activités humaines, accroît cette contribution, entraînant une modification du mode de diffusion et d'absorption des radiations solaires dans l'atmosphère. Elle agit donc sur les changements climatiques globaux (Solbrig, van Emden, & van Oordt, 1992).

2- Les menaces pesant sur les milieux arides

Parmi les principales menaces pesant sur les milieux arides et semi-arides figurent :

- les pratiques non durables d'utilisation des sols, qui conduisent à l'appauvrissement de la diversité biologique, à l'érosion, à la pollution et à la modification de la composition et de la fertilité des sols, telles que: conversion totale d'écosystèmes naturels en zones cultivées, à l'aide de procédés d'irrigation intensive et d'intrants chimiques, alors qu'il existe des pratiques plus appropriées, tel que l'agroforesterie ou le sylvopastoralisme ;
- le surpâturage: accroissement du nombre des troupeaux ou des effectifs des troupeaux, ou de la durée de présence du troupeau dans une parcelle en relation avec l'accroissement démographique de la population humaine et les conséquences de la sédentarisation;
- le déboisement lié aux activités de défrichage et d'extension de périmètres agricoles ou à l'accès à une source de combustible;

- l'exploitation minière de métaux, de combustibles et d'eaux souterraines non planifiée et non respectueuse de l'environnement;
- l'introduction d'espèces exotiques envahissantes, animales et végétales, qui constitue une menace majeure pour les équilibres naturels;
- la surexploitation directe des espèces sauvages, qui menace certains taxons, comme les mammifères et grands oiseaux des régions désertiques (chasses « diplomatiques », braconnage, etc.), les reptiles (artisanat, commerce illégal d'exportation);
- une menace spécifique aux milieux désertiques est constituée par les impacts des véhicules hors routes sur la biodiversité ; Le nombre de véhicules circulant hors routes revêtues ou hors piste a augmenté de façon significative au cours des dernières années. Cela entraîne la destruction de la végétation et la réduction de la capacité de régénération des forêts, le compactage des sols qui rend impossible le retour de la végétation et accroît l'érosion, la création d'ornières modifiant l'écoulement naturel de l'eau et le dérangement des animaux et la destruction de leurs habitats.

2.1- La destruction, la fragmentation et l'altération des habitats

C'est actuellement la cause directe la plus importante de déclin de la diversité des espèces animales et végétales, en Algérie comme dans le reste du monde. Les pressions en cause sont liées à un grand nombre d'activités humaines : urbanisation, agriculture (intensification agricole, abandon des terres, drainage, irrigation), pêche et aquaculture, sylviculture (types d'exploitation forestière et de reboisement), construction d'infrastructures (fragmentation des espaces), aménagements touristiques, industriels, extraction de matériaux (exploitation minière, exploitation de granulats)...

L'altération des habitats constitue également un mécanisme important de perte de la biodiversité. Elle résulte, notamment, des pollutions des sols, des eaux et de l'atmosphère, qui modifient le fonctionnement des écosystèmes et peuvent entraîner le déclin de populations animales et végétales par plusieurs mécanismes : mort par empoisonnement, interruption des chaînes alimentaires, altération de la reproduction.

2.2- L'introduction d'espèces

L'introduction d'espèces étrangères, dites allogènes, est aujourd'hui considérée au niveau mondial comme la deuxième cause directe de perte de biodiversité, après la destruction des habitats. L'introduction et l'installation d'espèces nouvelles sont des phénomènes naturels. Ils ont pris néanmoins une ampleur croissante, du fait de la forte augmentation des introductions d'origine humaine, volontaires ou accidentelles, facilitée par la multiplication des voies de communication (routières, ferroviaires, aériennes, maritimes) et l'intensification des échanges. Les introductions sont beaucoup plus fréquentes et sur des distances de plus en plus grandes. Or, si des espèces

introduites peuvent dans certains cas enrichir les communautés présentes, dans d'autres cas, selon le profil de l'espèce introduite et les communautés écologiques présentes, elles peuvent donner lieu à une prolifération, avec des impacts massifs sur les espèces et les écosystèmes autochtones. On parle alors d'espèces envahissantes.

Les milieux insulaires sont les moins résistants. Leur isolement a en général permis le développement de flores et de faunes originelles, d'autant plus que les prédateurs, en particulier les grands animaux brouteurs et les carnivores, n'y étaient pas présents. Ainsi, l'introduction de bovins, chèvres ou cerfs, de même que celle des chats, des chiens et des rats ont-elles donné lieu à des dégâts écologiques mais aussi économiques considérables.

2.3- La surexploitation des espèces

L'exploitation massive de ressources biologiques sauvages (par la chasse, la pêche, la cueillette, les collections, le défrichage et l'exploitation du bois) à un rythme incompatible avec leur renouvellement a été historiquement une cause importante de perte de biodiversité, à la fois par son impact direct sur les espèces exploitées et par la perturbation des communautés écologiques auxquelles celles-ci appartiennent. Actuellement, le poids relatif de la surexploitation d'espèces tend à diminuer par rapport à d'autres facteurs tels que la destruction des habitats. Cependant, la pression de chasse représente encore, par exemple, un facteur de déclin pour certaines espèces vulnérables, en particulier d'oiseaux.

3- Les enjeux de la conservation de la biodiversité

Nous avons de multiples raisons de conserver la biodiversité, en particulier dans les milieux arides. Elles sont non seulement biologiques, mais également économiques et culturelles.

3.1- Des enjeux biologiques

1. Parce que la biodiversité témoigne d'une présence très ancienne de certaines formes vivantes dans cette zone géographique: c'est, par exemple, le cas des poissons des gueltas sahariennes qui montrent, par des espèces comme *Clarias lazera* ou *Tilapia zillii*, que cette région était reliée il y a plusieurs millions d'années aux grands systèmes fluviaux africains où ces espèces continuent d'exister. Ce sont donc des témoins d'un mode de peuplement très ancien du Sahara. L'analyse moléculaire de l'ADN de ces espèces permettrait de définir quand ces réseaux fluviaux ont cessé d'être connectés aux systèmes méga-potamiques subsahariens.

2. Parce que cette biodiversité est adaptée aux contraintes extrêmes de cet environnement naturel: que ce soit dans le monde animal ou dans le monde végétal, le milieu saharien héberge des espèces dont la présence repose sur des adaptations longuement éprouvées vis-à-vis des facteurs

d'élimination que sont les fortes chaleurs, le manque d'eau, les fortes radiations solaires. Quelques exemples pour illustrer ces adaptations:

Le caractère discontinu des formations végétales, ce qui limite les prélèvements d'eau dans le sol.

Chez les végétaux, la réduction des organes d'évaporation: réduction des feuilles, remplacement par des épines, la crassulence, etc.

Chez les animaux, des modifications physiologiques permettant d'économiser l'eau (chameau, chèvre bédouine), des épidermes imperméables (reptiles), des formes de locomotion adaptées aux grands espaces (gazelles), au sable (écailles, coussinets de poils), etc.

3.2- Des enjeux économiques

Parce qu'elle a des valeurs particulières (d'usage, d'existence, etc.): la vie et la survie des collectivités humaines sédentaires ou nomade dans l'espace saharien repose sur l'utilisation d'espèces sauvages ou domestiques propres à cet environnement. Que serait le nomade sans chameau (dromadaire), sans chèvres bédouines, sans le sloughi pour chasser. Tous ces animaux sont de purs produits du désert. Même si leur sélection a été orientée à un certain moment par l'homme, elles portaient dans leur génotype les potentialités de cette adaptation.

La valeur économique de la diversité biologique se manifeste de plusieurs façons. Il s'agit de:

- La cueillette de produits pour l'alimentation, la médecine et d'autres usages domestiques. Les cultures vivrières sauvages jouent un rôle majeur dans l'économie rurale et ce domaine concerne principalement les femmes. Les produits vivriers sauvages contiennent des éléments nutritifs importants indispensables à la santé de l'enfant;
- L'apport de fourrage pour le bétail dont dépendent de nombreux producteurs ruraux. Les espèces ligneuses aussi bien que les espèces herbacées sont capitales et elles ont toutes souffert de la sécheresse et de la surexploitation locale.
- L'approvisionnement en bois de feu et de service: bien que les espèces convenant le mieux se raréfient, les initiatives récentes en matière de gestion de ressources naturelles s'annoncent prometteuses.

Dans le monde végétal, il existe de multiples exemples de plantes adaptées aux zones arides, des euphorbiacées aux cactées. Nous nous limiterons à un exemple clé, en raison de son importance économique et culturelle, celui du palmier-dattier (*Phoenix dactylifera*).

Le Palmier-dattier, dont la présence est attestée en Algérie dès le Néolithique, par les peintures du Tassili n'Ajjer, et qui est le résultat de la sélection de l'espèce sauvage qui vivait là spontanément (comme d'autres *Phoenix* ouest africain: palmier des Canaries, du Cap-Vert, etc.).

La sélection prudente et aléatoire par l'homme, au cours des millénaires passés, a permis d'isoler plusieurs milliers de variétés adaptées aux différents sols, aux différentes températures ou humidités. L'aire phoenicicole algérienne couvre deux millions de kilomètres carrés. Huit cents cultivars ont été recensés pour une population de six à dix millions de palmiers dattiers.

La diversité génétique du palmier dattier n'est pas uniformément répartie dans ses aires de culture. Elle est importante dans les oasis traditionnelles où les agriculteurs laissent pousser des plants issus de semis. Par contre, les aires de culture intensive du palmier sont caractérisées par une réduction de la diversité phoenicicole.

La répartition des cultivars de palmier dattier à travers les zones phoenicicoles mondiales dépend directement des conditions bioclimatiques tolérées par chaque cultivar. Ainsi, les dattes du cultivar Deglet Nour collectées, en Algérie, à Tolga ou à Biskra sont de très bonne qualité alors que celles, du même cultivar, provenant du Mزاب sont généralement plus sèches et plus petites, donc de qualité nettement inférieure.

Le palmier-dattier joue un rôle majeur dans l'économie saharienne et dans la vie des habitants du Sahara. Le palmier dattier constitue l'élément fondamental de l'écosystème oasien. Il joue (1) un rôle primordial sur le plan économique, grâce à la production de la datte, fruit et sous produits (pâte, farine, sirop, vinaigre, levure, ...), la base de l'alimentation humaine et animale de ces régions ; (2) un rôle écologique en freinant l'avancée des déserts, tout en créant sous son couvert un microclimat favorable au développement de nombreuses cultures sous-jacentes (arbres fruitiers, céréales, légumes); et (3) social en assurant une stabilité des populations qui vivent dans les oasis.

Son intérêt économique est suffisant pour que, dès 1918, des Américains aient importé des djebbars de Deglet Nour de Biskra vers l'Imperial Valley et la Death Valley, en Californie et continuent de les exploiter. A titre d'indication, 4 à 6 kg de dattes Deglet Nour rapportent la même somme d'argent qu'un baril de pétrole (12 à 18 dollars). En Algérie, la production annuelle de dattes est, en moyenne, de 200.000 tonnes. Contrairement aux hydrocarbures fossiles, le palmier est une ressource naturelle renouvelable.

La maîtrise de la culture du palmier dattier a permis aux populations oasiennes d'accumuler un savoir faire exceptionnel que ce soit pour l'irrigation ou la fécondation de ces arbres qui sont devenus des acteurs omniprésents dans le mode de vie saharien : utiliser les troncs pour la charpente des maisons, le *lif* pour tresser des cordes, les feuilles pour tresser des paniers, les rachis de palmes pour coffrer les arcades des portes dans le Mزاب, sans parler de la sève ou *laqmi*...

Le palmier dattier constitue, ainsi, le pilier sur lequel repose tout le système oasien.

3.3- Des enjeux culturels

La biodiversité constitue, de fait, un patrimoine naturel pour les habitants, source de revenus et de moyens de vie. Elle constitue également un patrimoine culturel pour ces mêmes populations et elle est souvent le fondement de leur présence dans ces milieux difficiles.

A cet égard, on peut rappeler les relations mythiques reliant, dans l'imaginaire touareg, les hommes, les varans et les dromadaires. Foucauld (1951-52) mentionne que le varan du désert (*Varanus griseus*) ou *ourane* ou *aghata* « est l'objet d'un respect superstitieux de la part des nobles Kel-Ahaggar. Ils le considèrent comme de même origine qu'eux; le premier Varan, duquel descendent tous les autres, fut, disent-ils, un Touareg noble que Dieu métamorphosa en aghâta ». Selon Moussa Ag Amastane, Amenokal du Hoggar, le varan est l'oncle maternel des Touareg (Benhazera, 1908; Maravalberthoin, 1924 ; Mederbal, 2002). «Sept hommes nobles avaient tué une chamelle appartenant à Sidna Nouh (Noé). Parmi eux était un noble targui. Pour les punir, Dieu les métamorphosa, l'un en varan, l'autre en chacal, les autres en caméléon, serpent, tortue, poisson, etc. Le varan était le noble targui. La chamelle tuée durant cette altercation est allée au ciel où elle est figurée par la Grande Ours que les Touaregs nomment *Amanar*, le Guide. L'étoile polaire, "Bel Hadi", est son oeil». Ces légendes traditionnelles, fondatrices de l'identité d'un peuple et de son insertion dans un milieu naturel, illustrent bien l'importance de la biodiversité pour les populations locales de la zone aride.

Parmi les autres enjeux culturels importants, il faut mentionner la conservation des savoirs et savoir-faire traditionnels qui permettent une utilisation judicieuse et durable des ressources naturelles que ce soit l'eau, dans les techniques d'irrigation, ou la biodiversité, dans le choix de cultivars adaptés. C'est également le «choix» des modes de vie, imposé par la nature du milieu: le nomadisme, conséquence de la fragilité et du caractère aléatoire des pâturages, correspond à une gestion particulière de l'espace et de ses ressources, mais il ne signifie ni une absence d'ancrage territorial, ni un manque d'attachement culturel à ces espaces.

4- Modalités de la conservation de la biodiversité

La conservation de la biodiversité pose des problèmes stratégiques auxquels doit faire face le décideur: à notre époque et dans notre situation, la conservation ne peut s'envisager qu'en référence à l'environnement dont le point central est l'être humain. Il ne peut s'agir d'une protection par interdictions. Il doit s'agir d'une conservation par concertation avec les parties concernées (utilisateurs proches ou lointains, immédiats ou futurs) et cette conservation doit reposer sur une vision altruiste et équitable du rôle de cette biodiversité: une charte sera plus opérante et plus pertinente qu'un décret. La conservation de la biodiversité passe également par la diversification des activités économiques: pastoralisme et agriculture peuvent être complétés

par l'organisation d'un tourisme durable. Le milieu désertique saharien est également un gisement énergétique remarquable, car à l'épuisement des hydrocarbures il faudra substituer l'énergie solaire.

4.1- Conservation classique in situ

D'une manière générale, les milieux arides et semi-arides sont mal représentés dans les systèmes d'aires protégées. Ainsi, en 1993, seuls 0,69% des herbages tempérés de la planète étaient inclus dans ces systèmes ; Les chiffres correspondant étant de 4,47% pour les déserts chauds/semi-déserts, 4,96% pour les forêts sèches/zones boisées tropicales, et 6,35% pour les herbages/savanes tropicales.

Rappelons que la recommandation des experts, de l'UICN et du PNUE est d'accorder un statut conséquent de protection à 10% des surfaces terrestres (Green & Paine, 1997, *in* Regagba, 1999). On en est donc loin.

Les causes des réticences sont les contraintes réglementaires considérées comme des freins à l'exploitation énergétique et minière, la spoliation des droits d'usage des populations locales, mais également l'absence de dialogue, l'autoritarisme, les interdictions sans compensation, etc.

Dans ce cadre, il faut reconnaître que l'Algérie a contribué de façon notable à la protection de ses régions arides par la création depuis plus d'un quart de siècle des parcs nationaux du Tassili n'Ajjer et de l'Ahaggar (Bencharif B.E.M. & Guermas F., 1994). L'Algérie dispose, au total, de 10 parcs nationaux et 8 réserves naturelles ou intégrales. Cela représente près de 700.000 km² d'aires protégées dont 660.000 pour la seule zone aride. En pourcentage, les aires protégées sahariennes représentent 27% du territoire algérien. On est donc bien au delà des recommandations internationales. Cependant, eu égard à l'intérêt écologique et humain de régions comme le Souf, le Gourara ou la vallée de la Saoura, on peut se demander si un cadre de protection et de valorisation de ces régions ne conforterait pas le système des aires protégées actuelles, en le diversifiant.

4.2- Conservation et traités internationaux

La préoccupation des organisations intergouvernementales pour la conservation des environnements et des formes vivantes ne remonte guère qu'à 1972.

La Conférence de Stockholm (1972) reconnaît l'existence du problème et pose les premières bases de réflexion et d'intervention (H. Van Der Graaf, 1991).

1. L'homme est à la fois créature et créateur de son environnement, qui assure sa subsistance physique et lui offre la possibilité d'un développement intellectuel, moral, social et spirituel. Dans la longue et laborieuse évolution de la race humaine sur la terre, le moment est venu où, grâce aux progrès toujours plus rapides de la science et de la technique,

l'homme a acquis le pouvoir de transformer son environnement d'innombrables manières et à une échelle sans précédent. Les deux éléments de son environnement, l'élément naturel et celui qu'il a lui-même créé, sont indispensables à son bien-être et à la pleine jouissance de ses droits fondamentaux, y compris le droit à la vie même.

La Charte de la Nature, adoptée en 1982 par l'Assemblée Générale de l'ONU, rappelle l'importance de la biodiversité pour le développement des populations humaines:

(a) L'humanité fait partie de la nature et la vie dépend du fonctionnement ininterrompu des systèmes naturels qui sont la source d'énergie et de matières nutritives.

Principe 2. La viabilité génétique de la terre ne sera pas compromise; la population de chaque espèce, sauvage ou domestique, sera main tenue au moins à un niveau suffisant pour en assurer la survie; les habitats nécessaires à cette fin seront sauvegardés.

Principe 4. Les écosystèmes et les organismes, de même que les ressources terrestres, marines et atmosphériques qu'utilise l'homme, seront gérés de manière à assurer et maintenir leur productivité optimale et continue, mais sans compromettre pour autant l'intégrité des autres écosystèmes ou espèces avec lesquels ils coexistent.

Art. 20. Les activités militaires préjudiciables à la nature seront évitées.

Puis le sommet de Rio (1992) s'est terminé en adoptant 27 principes dans sa Déclaration finale. On peut les résumer par le condensé suivant:

L'homme est au centre des préoccupations (principe 1) dans le respect des générations présentes et futures (principe 3). La protection de l'environnement est partie intégrante du processus de développement (principe 4) elle est conditionnée par la lutte contre la pauvreté (principe 5) et concerne tous les pays (principe 6) selon des responsabilités communes mais différenciées (principe 7).

Depuis, ces principes ont été confortés par les conclusions du Sommet de Johannesburg (2002) :

13. L'environnement mondial demeure fragile. L'appauvrissement de la diversité biologique se poursuit, les ressources halieutiques continuent de diminuer, la désertification progresse dans les terres naguère fertiles, les effets préjudiciables du changement climatique sont déjà évidents, les catastrophes naturelles sont de plus en plus fréquentes et dévastatrices, les pays en développement de plus en plus vulnérables, et la pollution de l'air, de l'eau et du milieu marin empêche des millions d'individus d'accéder à un niveau de vie correct. (Déclaration finale, point 13)

Le chapitre 12 de l'AGENDA 21 est consacré aux milieux arides:

«Les écosystèmes fragiles sont des écosystèmes importants, avec des caractéristiques et des ressources uniques en leur genre. Ils comprennent les déserts, les terres semi-arides, les montagnes, les terrains marécageux, les petites îles et certaines régions côtières.»

Cet ouvrage, qui doit servir de guide aux actions des gouvernements durant le 21^{ème} siècle, mentionne six domaines d'activité prioritaire pour lutter contre la désertification:

A. Renforcer les connaissances de base et développer des systèmes d'information et d'observation systématique pour les zones sujettes à la sécheresse et à la désertification, y compris les aspects économiques et sociaux de ces écosystèmes

B. Lutter contre la dégradation des sols, notamment en intensifiant les activités de conservation des sols, de boisement et de reboisement

C. Développer et renforcer des programmes de développement intégré pour l'éradication de la pauvreté et l'adoption de systèmes de subsistance différents dans les zones sujettes à la désertification

D. Elaborer des programmes de lutte contre la désertification et les intégrer aux programmes nationaux de développement et la planification écologique nationale

E. Etablir des plans d'ensemble de préparation à la sécheresse et de secours en cas de sécheresse, y compris des formules d'auto-assistance, pour les zones sujettes à la sécheresse et élaborer des programmes pour les réfugiés écologiques

F. Encourager et promouvoir la participation populaire et l'éducation écologique, l'accent étant mis sur la lutte contre la désertification et la gestion des conséquences de la sécheresse

Depuis 1992, de nombreux accords intergouvernementaux permettent de définir des actions pour sauvegarder la diversité biologique en particulier dans les zones arides.

La plupart des dispositions de la Convention sur la Diversité Biologique et des décisions de la Commission Des Parties (COP) prévoient la prise en compte des biomes arides et semi-arides. En particulier, l'article 20 de la Convention sur la Diversité Biologique portant sur les ressources financières précise, dans son paragraphe 7, que les Parties : *“prennent ... en considération la situation particulière des pays en développement, notamment de ceux qui sont les plus vulnérables du point de vue de l'environnement, tels que ceux qui ont des , des zones côtières et montagneuses ”.*

La Convention de Lutte contre la Désertification (1994) vise à promouvoir des mesures efficaces par le biais de programmes locaux novateurs et de partenariats internationaux. Les pays affectés par la désertification appliquent la Convention de Lutte contre la Désertification en préparant et en mettant en œuvre des programmes d'action nationaux, sub-régionaux et régionaux.

L'Organisation du Sahara et du Sahel (OSS) est un organisme intergouvernemental agissant dans la zone aride nord africaine dans le cadre d'une coopération au départ Nord-Sud et de plus en plus Sud-Sud, associe étroitement l'action des chercheurs scientifiques à la lutte contre la désertification. L'OSS a créé le réseau ROSELT (Réseau d'Observatoires pour le Suivi Ecologique à Long Terme). Ce réseau intègre les démarches sur :

- le développement durable, en fournissant des informations sur l'environnement;
- le changement global, par des analyses fines au niveau local;
- la diversité biologique, par des observations de terrain sur les écosystèmes, les populations, les espèces végétales et animales;
- la désertification, en caractérisant ses causes et ses effets par une surveillance à long terme (activités de suivi) qui devra notamment permettre d'élaborer des indicateurs de la désertification et en étudiant les mécanismes qui conduisent à la désertification (activités de recherche).

En Algérie, l'Unité de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres (URBT) de l'Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumedienne (USTHB, Alger) et le Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions Arides (CRSTRA, Biskra) participent au réseau ROSELT. Dans ce cadre, l'Algérie dispose de deux observatoires permanents: l'Observatoire pilote des steppes des hautes plaines oranaises (Saïda) et l'Observatoire labellisé du Tassili n'Ajjer (vallée d'Ihérir).

5- Convention Cadre des Nations Unies sur la Diversité Biologique (CBD)

La Biodiversité désigne la variété au sein des organismes vivants provenant de toutes les sources y compris les écosystèmes terrestres, marins et autres écosystèmes aquatiques, et les complexes écologiques dont ils font partie. Elle désigne la diversité au sein des espèces, entre les espèces et entre les écosystèmes.

L'objectif central de la CBD est «...*la préservation de la diversité biologique et l'utilisation durable des ressources biologiques, le partage juste et équitable des avantages résultant de l'utilisation des ressources génétiques...* » (**Article 1, CBD**).

Les objectifs de CDB visent à :

- Conserver la diversité des ressources biologiques de la terre qu'elles soient terrestres ou aquatiques y compris les plantes, les animaux et les micro-organismes,
- S'assurer que les pays utilisent les ressources biologiques de manière durable dans les domaines de l'agriculture, des forêts et de la pêche,
- Promouvoir un partage juste et équitable des ressources génétiques et des avantages qui en découlent.

Dans ce cadre, l'Algérie a élaboré en 2000 sa stratégie nationale de conservation et d'utilisation durable de la diversité biologique. Partant du fait que les principaux facteurs qui contribuent à la dégradation de la biodiversité sont l'absence d'une politique cohérente de protection des ressources (faune et flore) et de suivi, d'un développement insuffisant des connaissances en matière de biodiversité et de manque de programmes de sensibilisation particulièrement dans les zones exposées aux risques d'empiétement et à la pression démographique, la stratégie préconise la mise en œuvre d'une politique concertée de protection, de conservation et de développement de la biodiversité basée sur :

- l'association et la mobilisation du plus grand nombre d'acteurs et de partenaires des secteurs publics et privés pour les amener à participer aux objectifs de protection,
- L'accroissement des connaissances relatives à la biodiversité,
- L'établissement de l'inventaire,
- Le développement de la formation, de la recherche et la mise en place d'un centre de développement des ressources biologiques chargé de fédérer les compétences existantes au niveau des agences et institutions spécialisées et des laboratoires universitaires,
- La multiplication des aires protégées, leur protection et leur aménagement,
- L'extension de la préservation par la mise en place de zones d'aménagement intégrées et de développement durable assurant la conservation sur des surfaces écologiquement représentatives.

Un programme de travail a été élaboré en coordination avec tous les secteurs concernés par la protection et la gestion des ressources naturelles.

Par ailleurs, le programme triennal (1998-2000) du Ministère de l'Agriculture, à travers l'Agence Nationale de la Conservation de la Nature (ANN), les parcs nationaux et les centres cynégétiques, comporte plusieurs projets :

- Inventaire national de la faune et de la flore,
- Finalisation d'unités de conservation et de développement de la faune et de la flore,
- Aménagement forestier et cynégétique des biotopes,
- Inventaire national des zones humides et leur repeuplement.

Des unités de coordination et de développement (UCD) ont été mises en place dans 13 zones écologiques dont 6 considérées comme prioritaires et représentatives des écosystèmes. Ces UCD assurent la coordination dans toutes les actions concernant les ressources biologiques et notamment l'inventaire de la faune et de la flore. Les universités sont mises à contribution par le biais des programmes de recherche.

D'autres projets cofinancés par le FEM sont en cours de réalisation :

- Un projet a trait à la «Conservation et gestion durable des ressources naturelles dans les zones arides en Algérie» : l'objectif principal du projet est la conservation et la mise en défens des sites

fragiles dans trois zones humides (M'sila, Naâma et Taghit). Les trois sites bénéficieront d'un statut de «réserve naturelle». Il est également question, à travers ce projet, de renforcer les capacités des ONG locales grâce à des formations et voyages d'études ; Ce projet est piloté par Monsieur BENKHEIRA Abdelkader préparant son mémoire de Magister d'écobologie, sur la même thématique, auprès du Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique du centre universitaire de Mascara ;

- Un projet relatif à la «Préservation de la biodiversité d'intérêt mondial dans les parcs nationaux du Tassili et de l'Ahaggar» : l'objectif principal du projet est de protéger des parties représentatives des écosystèmes rares et importants dans la région du Sahara central. Il faut noter que notre présent travail de recherche s'inscrit dans l'implication du Laboratoire de Recherche sur les Systèmes Biologiques et la Géomatique du centre universitaire de Mascara dans ce projet,

- Un projet centré sur la «Gestion participative des ressources phylogénétiques du palmier-dattier dans les Oasis». L'objectif de celui-ci est de lutter contre l'érosion génétique des palmiers dattiers de la région Maghreb.

6- Biodiversité et développement durable

Le milieu aride est traditionnellement une zone d'élevage, une zone de pastoralisme transhumant, avec localement des points de sédentarisation, les oasis. Cette situation, déterminée par une disponibilité temporaire des ressources végétales et de l'eau, doit être considérée avec attention, dans tout projet de développement qui prétendrait à la durabilité. Nombreux sont les exemples d'échecs d'implantation de périmètres d'agriculture intensive irriguée en milieu aride. Le développement durable des zones arides doit s'appuyer sur le succès des expériences antérieures et sur les leçons tirées des échecs récents. Il n'est pas impensable d'introduire de nouvelles spéculations, mais il convient d'en mesurer les conséquences sur le moyen et le long terme. Il est donc nécessaire de considérer les particularités des modes traditionnels de vie dans ces espaces, d'en comprendre les éléments qui en ont fait le succès et de bâtir dessus des stratégies de développement durable. Il paraît clair que le pastoralisme transhumant, avec l'utilisation temporaire et opportuniste des ressources au fur et à mesure de leur disponibilité, constitue certainement la stratégie d'exploitation durable de la biodiversité la plus appropriée. Elle permet de valoriser les espèces végétales et les associations végétales du milieu désertique. Elle permet également de valoriser les variétés animales domestiques qui ont été sélectionnées au cours des générations pour leurs qualités physiologiques et économiques (chèvres bédouines, chameaux, etc.). Elle permet enfin d'exploiter les connaissances et savoir-faire traditionnels de populations connaissant particulièrement bien ces milieux. Certes, ce n'est pas très moderne, mais moderne ne rime pas nécessairement avec durabilité.

Il est possible de mentionner quelques pistes permettant aux chercheurs et aux populations concernées de collaborer à la recherche de solutions allant dans le sens du développement durable:

- Identifier et mettre au point des technologies adaptées à l'utilisation durable et au rétablissement des écosystèmes arides;
- Etablir des procédures adaptées à l'évaluation des impacts des politiques, projets et programmes concernant ces écosystèmes, en cours ou à l'étude, afin d'en minimiser les impacts négatifs (recherche d'indicateurs) ;
- Encourager les techniques durables d'exploitation de l'eau et d'irrigation ainsi que les pratiques agricoles compatibles avec les besoins de l'homme et la conservation de la biodiversité des écosystèmes des régions sèches ;
- Elaborer des programmes de restauration et de réhabilitation, notamment pour les écosystèmes en bordure des déserts, en s'appuyant sur l'expérience actuelle, comme celle acquise par le programme méditerranéen de l'UICN dans le domaine de la réhabilitation des forêts à *Acacia radiana* ;
- Fournir des orientations en ce qui concerne l'évaluation économique des ressources et fonctions de ces biomes, afin de contribuer à l'élaboration de mesures d'incitation rationnelles au plan économique et durables ;

Le développement de ces actions passe par:

- L'identification et diffusion des connaissances et technologies traditionnelles appropriées qui encouragent la gestion durable des écosystèmes arides ;
- La mise en place de programmes de recherche ou le renforcement de ceux qui existent dans les domaines suivants :
 - systèmes productifs adaptés aux conditions des écosystèmes arides pour soulager la pauvreté et arrêter la perte de diversité biologique ;
 - gestion et utilisation de l'eau ;
 - restauration d'écosystèmes ;
 - conservation et gestion des espèces sauvages apparentées aux espèces cultivées.

6.1- Conservation et développement

6.1.1- L'assistance du Système des Nations Unies

Afin d'organiser la conservation de la biodiversité et le développement, des aides peuvent être obtenues du système des Nations Unies. Le Fond pour l'Environnement Mondial (FEM, GEF) associe le Programme de Nations Unies pour le Développement, le Programme de Nations Unies pour l'Environnement et la Banque Mondiale. Le FEM a placé parmi ses priorités principales la

conservation et le développement des milieux arides. L'accent porte sur la conservation/utilisation durable de la biodiversité endémique dans les zones arides (notamment dans les écosystèmes de type africain et méditerranéen) et, en particulier, sur la lutte contre la dégradation des terres par l'application de méthodes d'utilisation durables et d'approches intégrées de la conservation. Les moyens utilisés sont les suivants :

- systèmes efficaces de zones de conservation ;
- introduction de systèmes durables d'utilisation des terres ;
- interventions stratégiques de remise en état des zones dégradées;
- priorité donnée à la conservation des cultures traditionnelles et des espèces animales dans leurs habitats d'origine.

6.1.2- Les Réserves de la biosphère

Le cadre conceptuel des Réserves de la biosphères (Programme l'Homme et la Biosphère de l'UNESCO) permet la conciliation des activités de conservation de la biodiversité et des activités de développement durable. La structure des réserves de biosphère est établie sur le principe du zonage. Une zone centrale est affectée à la conservation, une zone périphérique est affectée au développement. Elles sont séparées par une zone tampon permettant les expériences d'utilisation de la biodiversité et la recherche. Les réserves de biosphère conviennent particulièrement à la recherche de stratégies associant conservation, développement durable, lutte contre la pauvreté car elles associent aspects naturels, aspects sociaux et aspects culturels. Le Sud Algérien dispose, avec le parc national du Tassili, d'une telle structure depuis 1984.

Mais eu égard à la dimension et à la diversité du Sahara algérien, d'autres structures de ce type pourraient s'envisager dans différentes régions de cet espace aride comme le Hoggar, la Saoura, le Souf, le Tidikelt, etc.

Dans ces régions désertiques particulièrement dépaysantes pour le visiteur venu du monde urbain et plus particulièrement du monde urbain du Nord, l'originalité des paysages désertiques et de leur faune et flore constitue une ressource économique inépuisable si elle est bien gérée.

Le consentement à payer pour voir paysages, végétation ou animaux est à la base des activités économiques que l'on peut organiser dans les régions arides. Les réserves de biosphère constituent par définition un cadre privilégié pour développer de telles activités, impliquant la participation active des habitants de ces régions dont les connaissances et les compétences pourront être, dans ce cadre, valorisées. Les connaissances du peuple du désert sont précieuses, pour assister les visiteurs que ce soit dans le domaine de la maîtrise de l'espace, de ses pistes et de ses points d'eau, ou que ce soit pour leur capacité à interpréter les traces animales et à les suivre. Les compétences de ces populations sont tout aussi importantes pour assister le scientifique, en

particulier dans la mise en place des activités de suivi périodique des populations animales et végétales sauvages. C'est par sa participation active aux actions économiques (tous les métiers de l'écotourisme) ou aux actions de gestion que la population locale pourra être associée à la conservation de la biodiversité saharienne. C'est en fondant ses revenus sur l'utilisation usufuitière des ressources animales et végétales sauvages viables que la population deviendra le garant de la conservation de cette biodiversité qui sera la source de sa richesse et non un motif de spoliation comme le sont bien souvent les règlements répressifs des aires protégées classiques.

Conclusion

En conclusion, les enjeux de la conservation de la biodiversité en milieu désertique sont multiples. Ce sont des enjeux biologiques par la conservation de génomes originaux mais également des enjeux économiques par la valorisation de ressources naturelles. Ce sont également des enjeux humains car cette conservation a des conséquences culturelles (paysages, totems, tabous) et sociales permettant aux habitants du désert de vivre dans leur milieu d'origine et de se développer de façon durable et équitable.

La situation actuelle, particulièrement préoccupante, où se trouve le milieu aride impose de prendre rapidement des décisions permettant de conserver durablement ces richesses.

PARTIE 3 : Orientations générales pour la mise en place d'un plan d'action dédié à la préservation de la biodiversité de l'Ahaggar (Algérie)

Introduction

La préservation de la biodiversité, notamment en Algérie saharienne, constitue une priorité identifiée au niveau international.

Dans ce cadre, le suivi de la biodiversité constitue un élément central dont l'objectif premier est la capitalisation, l'exploitation et la diffusion des informations scientifiques disponibles ou récoltées au niveau du territoire du parc national de l'Ahaggar.

S'agissant prioritairement de l'élaboration d'un réseau de suivi sur plusieurs années, le programme doit être orienté vers l'acquisition répétitive de données pluri thématiques (floristiques, faunistiques, écologiques et socio économiques) et leur intégration dans un système d'informations géographiques (SIG).

A travers les résultats réalisés et présentés dans les deux parties précédentes du mémoire, des orientations générales, pour la mise en place d'un plan d'action dédié à la préservation de la biodiversité de l'Ahaggar (Algérie), sont esquissées.

Par conséquent, les fondements méthodologiques, pour la réalisation d'un « plan d'action pour la préservation de la biodiversité des PC de l'Ahaggar (Algerie) », sont présentés et discutés pour, notamment, atteindre les principaux objectifs suivants :

- sécuriser les principaux éléments de la biodiversité de l'Ahaggar ;
- équilibrer la pression et la demande sur les services écosystémiques de la région de façon durable ;
- contribuer à la reconnaissance du Sahara central comme écorégion d'intérêt mondial.

1 - Cheminement méthodologique

Pour l'établissement du plan d'action de préservation de la biodiversité du PCA, le cheminement méthodologique doit s'articuler autour des 04 principaux points suivants :

- Description et évaluation des patrimoines
- Définition des objectifs de préservation de la biodiversité
- Les opérations de préservation de la biodiversité
- Suivi et évaluation du plan d'action de préservation de la biodiversité

1.1- Descriptif et évaluation des patrimoines

1.1.1 – Environnement naturel et biodiversité

- Environnement naturel :

Le PC de l'Ahaggar est caractérisé par :

- une variabilité spatiale et temporelle des précipitations (00 à 40 mm/an) ;
- un écoulement de surface.

Ces deux phénomènes impliquent une recharge aléatoire des réserves en eau.

La plupart des ressources en eau sont regroupées dans les paysages montagneux et inter-montagneux (les aquifères alluviaux et les mares)

Le PC de l'Ahaggar est touché par une érosion hydrique et une accumulation éolienne ;

L'érosion est due essentiellement, au :

- manque de cohésion des sols
- diminution du couvert végétal
- violence des phénomènes hydro-pluviométriques

- La flore :

Le PC de l'Ahaggar est riche de quelques 300 espèces.

Les conditions naturelles permettent le maintien de représentants de la flore tropicale à côté des espèces sahariennes et de plantes plus rares à affinité méditerranéenne

- La faune :

La diminution des effectifs des grands mammifères et oiseaux de l'Ahaggar est causée par :

- les sécheresses très sévères
- le braconnage

1.1.2 – Evaluation des patrimoines culturels

Le PC de l'Ahaggar est pourvu de sites préhistoriques, qui remontent jusqu'à 150 000 ans ;

Les gravures rupestres, matériel lithique, céramiques et divers monuments funéraires sont visibles dans des sites remarquables...

) Contexte socio-économique

La population autochtone est d'origine Touareg qui se sédentarise dans les zones où les ressources hydriques sont disponibles et les sols sont fertiles ;

Deux principaux types d'usages sont en cours : l'élevage et l'agriculture ;

Le tourisme reste mal exploité en dépit des potentialités de la région

J Synthèse sur les facteurs influençant la gestion de la biodiversité

- Tendances naturelles
- Tendances directement induites par l'Homme
- Facteurs externes
- Aspects juridiques et réglementaires
- Autres contraintes de gestion

1.2- Plan d'action pour la préservation de la biodiversité

1.2.1 - Définition des objectifs de préservation de la biodiversité

- Maintenir les processus écologiques essentiels et les systèmes entretenant la vie
- Préserver la diversité biologique dont dépendent la plupart de ces processus et systèmes
- Veiller à l'utilisation durable des espèces et des écosystèmes dont sont tributaires les communautés rurales

1.2.2 - Les activités à prévoir dans le plan de gestion dédié à préservation de la biodiversité :

a- Planification

L'initiation d'un premier plan d'aménagement du PC de l'Ahaggar est en cours de préparation ; En complément à ce plan d'aménagement, le plan de gestion de la biodiversité doit être l'outil principal pour la mise en œuvre de la stratégie de conservation.

Le plan de gestion doit proposer un cadre conceptuel dans lequel seront menées les activités du projet : zonages, unités sociales et territoriales et méthodes de gestion.

Ce plan de gestion devra dans une même stratégie concilier les deux vocations premières de la zone : naturelle et socio-économique (pastoral, agricole et touristique).

b- Recherche

Dans le cadre de la gestion d'un PC, la recherche constitue un outil important.

Elle a pour fonction de permettre de « connaître pour mieux gérer »

c- Activités d'appui aux populations

- Techniques alternatives :

Compte tenu des objectifs, essentiellement, centrés sur la conservation, le développement rural doit consister à rechercher des alternatives aux actions humaines menaçant les espèces en voie de disparition.

Les principales réflexions sont menées dans le domaine socio-économique avec, notamment, des actions de réhabilitation et restauration du milieu ; Il s'agit, essentiellement, de la création de pépinières, formation des pépiniéristes et aménagement des bassins versants. Ces actions ne seront initiées qu'en concertation avec la population.

- Actions d'accompagnement

La population ne peut s'investir dans des actions de conservation que si elle perçoit une amélioration de son niveau de vie. C'est dans cette optique, que doivent se développer des actions d'accompagnement (management collaboratif).

- Stratégies de lutte contre la sécheresse

Lors des années de sécheresse, il est important de trouver des stratégies permettant de faire face aux aléas du climat et d'atténuer ainsi ses effets négatifs sur l'écosystème et le système social. Certaines activités doivent se dérouler dans ce cadre : fourniture d'aliments de substitution, ...

d- Protection et surveillance de la nature

Dans l'organisation du plan d'action, la section protection est séparée de la section animation. Son action se limite à l'application des textes législatifs.

Cependant toute infraction aux textes en vigueur doit être signalée puis discutée avec les représentants locaux.

Ce dialogue doit permettre de mieux expliquer la justification des textes et d'en promouvoir une application adaptée.

e- Gestion et développement du tourisme

Le tourisme, contrôlé et géré raisonnablement, offre l'opportunité d'un complément économique appréciable, par ses retombées propres et en favorisant le développement d'activités locales telles l'artisanat.

Il s'agit de définir un cadre qui permet des retombées dans la zone elle-même et qui soit adapté aux exigences de la réserve (écotourisme).

f- Formation

Elle doit s'articuler autour de trois axes principaux :

- La formation des cadres supérieurs en matière d'écologie, de gestion et de planification des ressources naturelles

- Le perfectionnement du personnel au moyen de stages pratiques, ateliers et de séminaires de formation, de voyage d'études et d'expériences acquises auprès de l'assistance technique

- La population doit bénéficier d'une formation sur le terrain pour la maîtrise des techniques alternatives.

D'autres appuis à la formation doivent être fournis dans les domaines de la gestion coopérative, de l'alphabétisation, du tourisme et de la santé.

2 – Mise en œuvre du plan d'action pour la préservation de la biodiversité

2.1 – Bases institutionnelles

La population et les organisations communautaires doivent être représentées et collaborer au plan d'action à tous les niveaux.

Les associations participent, elles aussi, au plan d'action en fournissant un appui technique et scientifique.

2.2 – Moyens à mettre en œuvre

Au fur et à mesure de l'avancement du projet, il est évident que la réalisation des objectifs doit passer par une consolidation certaine des moyens humains et financiers.

Tout au long du déroulement du projet, une amélioration qualitative sensible doit être apportée au personnel, tant par une meilleure définition des profils que par le processus de formation interne et externe.

L'essentiel des fonds à mettre en place doit être prévu.

Il est cependant important d'envisager la possibilité d'autofinancement des différentes activités à long terme, de façon à tendre vers une autonomie du PC.

2.3- Plan d'action et mécanismes de suivi

2.3.1- Plan d'action

Le plan doit prévoir les différentes rubriques suivantes :

- Conservation de la biodiversité
- Infrastructure hydraulique
- Développement socio-économique durable

En outre, un schéma des actions doit préciser clairement les différents échéanciers.

2.3.2- Mécanismes de suivi

La délégation d'une plus grande part de responsabilité au niveau local doit rendre nécessaire la mise en place d'un cadre rigoureux de suivi-évaluation qui porte sur trois aspects essentiels :

- L'application de la méthodologie, des moyens et le déroulement des activités en fonction des objectifs, l'impact des actions sur les objectifs

- Les résultats des activités
- La viabilité des options de gestion retenues

Par conséquent, un tableau de suivi doit accompagner obligatoirement le schéma des actions.

3 – Perspectives pour la réussite du plan d'action pour la préservation de la biodiversité

3.1- Qualités et faiblesses du projet

Les qualités essentielles du plan d'action peuvent se résumer comme suit :

- L'implication réelle de la population dans les différentes activités et sa formation
- La diminution du braconnage et des actions illégales
- La mise en place du suivi-évaluation pour permettre l'identification des divers problèmes de fonctionnement et rendre possible la recherche de solutions adaptées

Néanmoins, des faiblesses se situent surtout au niveau de la maîtrise technique en général à travers le caractère expérimental de la plupart des actions et le faible niveau technique des agents ; La mise en place d'un schéma global de formation permettra sans aucun doute de combler les lacunes techniques.

3.2 – Perspectives

Afin de garantir la réussite du plan d'action, les points suivants doivent être pris en considération :

- Proposer un cadre organisationnel plus efficace basé sur la volonté et la capacité de l'organisation locale qui suppose une décentralisation de l'administration
- Tenir compte de toutes catégories d'utilisateurs de l'espace des PC, des stratégies traditionnelles dans le choix des techniques alternatives, valoriser les connaissances locales
- Remédier aux carences en matière d'encadrement technique, par une réelle politique de formation, d'éducation et de sensibilisation
- Maintenir la tendance évolutive favorable qui se dessine en matière de faune, flore et ressources en eau pour s'orienter vers une valorisation des ressources naturelles par la population locale qui en sera le gestionnaire
- Adapter la législation en vigueur dans le sens d'une meilleure définition des règles et devoirs de chacun, définir un cadre juridique propice à la reconnaissance des droits de propriété des communautés locales sur les ressources renouvelables.

Conclusion générale

Pour atteindre l'objectif de « Contribution à la mise en place d'un Système d'Informations Géographiques (SIG) dédié au suivi de la biodiversité de la région saharienne algérienne », une méthodologie d'intégration des données pluri-thématiques et multi-sources dans un Système d'Informations Géographiques est initiée.

Cette méthode permet la production de cartes thématiques, selon un emboîtement paysages/biotopes/habitats, compatibles avec les Système d'Informations Géographiques.

La démarche est proposée en insistant prioritairement sur le suivi de la biodiversité.

Les résultats réalisés valident la démarche d'ensemble et soulèvent des limites d'ordre technique ou thématique à relever. Les principales difficultés résident dans les modalités d'utilisation de la télédétection pour la spatialisation des biotopes en milieu désertique et qui restent à améliorer. Il est fortement recommandé d'acquérir dans le futur des images à résolution fine (5 - 10m), seules pouvant permettre la détection de toutes les variables écologiques recherchées.

Globalement, la méthode permet d'intégrer tous les niveaux d'analyse conformes au suivi pluridisciplinaire de la biodiversité.

Nous avons des résultats que pour les oueds des massifs montagneux, les gueltas Issakarassene et Afilal et les formations à Acacia de l'Ahaggar.

Les sites "Ramsar" (gueltas Issakarasene et Afilal) ont été échantillonnés selon des transects dans le noyau central est la guelta elle-même. D'amont en aval, des prospections méthodologiques ont été conduites sur le principe des variations phytocénotiques ; les éléments structuraux, paysagers, floristiques étant les guides.

Les sites retenus ont été échantillonnés selon une approche méthodologique basée sur des transects "parcellaires" intégrant les phytocénoses à chaque variation altitudinale ou à chaque manifestation d'un indicateur biologique (flore ou faune).

Les oueds Akiou, Ilamène, dans la Taessa ; les oueds Ahor, Agueli, Amghah, Ouhat, dans la Tefedest, sont à retenir en raison de leur structure, de leur proximité et de leur accessibilité. Ils sont potentiellement des lieux privilégiés où la diversité biologique peut être précarisée, fragilisée par les actions de l'homme à travers la pâture, la chasse ou le bois.

L'état des *Acacia* autour de la ville de Tamanrasset a été suivi en échantillonnant trois sites proches de la ville de Tamanrasset.

L'un, le plus perturbé et le plus affecté par l'homme est localisé au niveau de l'oued Tizalayine vers la source de Tahabort. Ce lieu ne semble intéresser aucune autorité si l'on se réfère à l'état de la parcelle étudiée.

Les deux autres, l'un vers le mont Ahare, sur l'oued Taghlelt, l'autre sur l'oued Imadjrourène, sur un rayon de 50km au Nord-Ouest de Tamanrasset, montrent un état satisfaisant

tant par la conservation du premier que par les capacités de régénération du second. Aux dires des conservateurs, l’empreinte territoriale est manifeste. Les habitants et les gardiens veillent. La crainte viendrait plutôt des agences touristiques en sillonnant par ci et par là les oueds sans crainte de perturbations des milieux et des phytocénoses en place.

Cette approche méthodologique, sauf révision, nous apporte des résultats satisfaisants et pratiques pour reconforter le SIG et procéder sur des échelles moyennes et grandes à draper les indicateurs potentiels pour le suivi de la biodiversité.

GLOSSAIRE

Analyse spatiale : ensemble de méthodes mathématiques et statistiques visant à préciser la nature, la qualité, la quantité attachées aux lieux et aux relations qu'ils entretiennent, en étudiant simultanément attributs et localisations (Brunet & al, 1993).

Base de données, système de gestion de base de données (SGBD) : structure de données permettant de stocker et de fournir, à la demande, des données à de multiples utilisateurs indépendants. Le SGBD est le système informatique assurant l'exploitation combinée de plusieurs bases de données (Denègre & Salgé, 1996).

Biodiversité, diversité biologique : quantité et structure de l'information contenue dans des systèmes vivants hiérarchiquement emboîtés (Blondel, 1995).

Biogéographie, zone biogéographique : la biogéographie étudie les modalités spatiales et historiques de la répartition actuelle des espèces vivantes à différentes échelles d'espace et de temps. Elle découpe le globe en régions homogènes du point de vue de l'histoire évolutive du vivant, principalement sur la base des connaissances sur la tectonique des plaques, l'histoire du climat et l'évolution passée et actuelle des écosystèmes et des espèces.

Bioindicateur : Organisme ou ensemble d'organismes très sensible à d'éventuels changements de l'écosystème et y réagissant fortement.

Biotope : Ensemble des facteurs et éléments physiques, chimiques, biologiques et climatiques constituant des ressources vitales pour un peuplement. Spatialement, le biotope est donc l'espace occupé par le peuplement exploitant ces ressources et il lui est propre (Blondel, 1995). Voir aussi habitat.

Corridor : élément linéaire du paysage, étroit et s'individualisant de son entourage (Forman & Godron, 1986).

Domaine vital : Champ spatial dont une espèce a besoin pour ses activités vitales.

Ecologie : étude des interactions entre les organismes vivants et le milieu, et des organismes vivant entre eux dans les conditions naturelles (*in* Frontier & Pichod-Viale, 1998).

Etage bioclimatique : espace considéré comme homogène selon la combinaison de critères biologiques (végétation) et climatique (précipitations, températures).

Géomatique : ensemble des techniques de traitement informatique des données géographiques (JO Français du 14/02/94, *in* Denègre & Salgé, 1996).

GPS : Global Positionning System (système de positionnement global).

Groupe fonctionnel : se dit d'un groupe d'espèces jouant un rôle clé dans l'écosystème et dont la disparition engendrerait celle d'autre espèces.

Habitat : Ensemble des facteurs et éléments physiques, chimiques, biologiques et climatiques constituant des ressources vitales pour une espèce. Spatialement, l'habitat est donc l'espace occupé par l'espèce exploitant ces ressources et il lui est propre (d'après Blondel, 1995). Voir aussi biotope et domaine vital.

Information Géographique : représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné (*in* Denègre & Salgé, 1996).

Métadonnées : pour un SIG, données attributaires associées à des données et renseignant sur leur provenance, qualité, type etc...

Migrateur, migratrice : se dit d'une espèce quittant son lieu de reproduction chaque année à la même période pour aller passer la période hivernale dans une zone géographique déterminée (ex. les hirondelles).

Mosaïque paysagère : assemblage d'éléments de paysage en interactions et qui forment une combinaison identifiable qui se répète dans l'espace. La taille moyenne des éléments détermine le grain de la mosaïque (Forman & Godron, 1986).

NDVI : Normalised Vegetation Index. Indice utilisé en télédétection afin de mieux détecter la végétation à partir d'un calcul sur les bandes du rouge (R) et du proche infra rouge (PIR) : $PIR-R / PIR+R$

Parcours : Terrains de nourrissage pour des animaux qui changent de place selon des choix et des rythmes fonction de la pousse des végétaux, de l'altitude, et de l'équilibre alimentaire des animaux (*in* Brunet, 1996). En milieu désertique, il concerne en premier lieu des ongulés domestiques et sauvages mais aussi très probablement d'autres groupes animaux (prédateurs associés ; oiseaux).

Paysage (approche biogéographique et écologique) : «Le paysage est, sur une certaine portion d'espace, le résultat de la combinaison dynamique, donc instable, d'éléments physiques, biologiques et anthropiques qui, en réagissant dialectiquement les uns sur les autres, font du paysage un ensemble unique et indissociable » (Bertrand, 1968). En écologie du paysage, un paysage est plus spécifiquement «une portion d'espace hétérogène composée d'un assemblage d'écosystèmes en interaction qui sont répétées selon une forme similaire» (Forman & Godron, 1986). «le concept de paysage est indissociable de celui d'espace : le paysage est la traduction spatiale de l'écosystème (...) ».

Pixel : cellule de base d'une image numérique (contraction de picture element).

Population : ensemble des individus d'une espèce présents sur un espace donné et connaissant des échanges de gènes réguliers par la reproduction (Blondel, 1995).

PostgreSQL : est un système de gestion de base de données relationnelle et objet (SGBDRO). C'est un outil libre disponible selon les termes d'une licence de type BSD.

Ce système est concurrent d'autres systèmes de gestion de base de données, qu'ils soient libres (comme MariaDB et Firebird), ou propriétaires comme Oracle, MySQL, Sybase, DB2, Informix et Microsoft SQL Server). Comme les projets libres Apache et Linux, PostgreSQL n'est pas contrôlé par une seule entreprise, mais est fondé sur une communauté mondiale de développeurs et d'entreprises.

Reg : milieu naturel constitué d'une surface caillouteuse dénuée de végétation. Correspond à la dégradation de la roche en place (reg autochtone) ou à des dépôts détritiques (reg allochtone). Couvre plus de 70 % du Sahara (Demangeot & Bernus, 2001).

Résolution spatiale : Plus petite aire pour laquelle on ne dispose que d'une donnée par variable étudiée (Girard & Girard, 1999). Pour une image satellitale, aire au sol correspondant à un pixel sur l'image.

SIG (Système d'Information Géographique) : système informatique de matériels, de logiciels et de processus conçu pour permettre la collecte, la gestion, la manipulation, l'analyse, la modélisation et

l'affichage de données à référence spatiale afin de résoudre des problèmes complexes d'aménagement et de gestion (*in* Denègre & Salgé, 1996).

Systemique, théorie des systèmes : un système est un ensemble de phénomènes et d'évènements interdépendants que l'on extrait du monde extérieur par une démarche intellectuelle arbitraire, en vue de traiter cet ensemble comme un tout. On considère donc qu'un ensemble est un système lorsqu'il acquiert des propriétés qui n'existent que par l'association de ses parties entre elles. La systémique est l'étude logique de tels ensembles (*in* Frontier & Pichod-Viale, 1998).

Taxonomie, groupe taxonomique : la taxonomie est la discipline scientifique qui classe les espèces vivantes. Un groupe taxonomique désigne par exemple une famille ou un genre selon l'échelon auquel on fait référence. Les oiseaux sont un groupe taxonomique (classe), tout comme l'ordre des passereaux. Le taxon est l'élément de référence (l'espèce).

Téledétection : ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci (JO Français du 11/09/80 *in* Girard & Girard, 1999).

Transect - Toposéquence : Série de relevés le long d'une ligne suivant la topographie (pente) du point le plus haut au point le plus bas ou inversement.

Trophique, niveau trophique : fait référence à un classement des organismes en fonction de leur alimentation (niveau des herbivores, des carnivores etc...).

Références bibliographiques

- Abdelguerfi A., Laouar M., 2000** – Conséquences Des Changements Sur Les Ressources Génétiques Du Maghreb. Options Méditerranéennes, Sér. A, N^o 39, 77-87.
- Abdelkrim H. 2000.** Flore et végétation du Tassili N'Ajers. Projet "Tassili – Ahaggar Alg/99/G41/A/IG/99. 33p + annexes
- Abdelkrim H. 2006.** Note méthodologique pour la mise en place d'un système de suivi de la biodiversité. Rapport scientifique. Projet PNUD 0034575 "Préservation et utilisation de la diversité biologique d'intérêt mondial dans les parcs nationaux de l'Ahaggar et du Tassili". 32p.
- Abdelkrim H., 1992.** Un joyau floristique: l'oued Idikel, oued à *Pistacia atlantica* et *Myrtus nivellei* dans le Hoggar. *Doc. Phytosoc., N.S. Vol., XIV* Camerino. pp. 211-218.
- Aidoud A., 1983** – Contribution A L'étude Des Ecosystèmes Steppiques Du Sud Oranais. Thèse 3^{ème} Cycle U.S.T.H.B. Alger. 232p.
- Alcaraz C., 1982** – La Végétation De l'Ouest Algérien. Thèse Doct. Etat, Univ. Perpignan, 415p. + Annexes.
- Aronson J. et al.- 2002** - Gestion environnementale en région méditerranéenne : références et indicateurs liés à la biodiversité végétale. *Revue d'Ecologie (Terre Vie), supplément 9* : 225-240.
- Bagnouls F., Gaussen H., 1953** – Saison Sèche Et Indice Xérothermique. *Doc. Cart. Prod. Vég. Ser. Gen. II, 1, Art. VIII, Toulouse, 47 P. 1 Carte.*
- Bagnouls F., Gaussen H., 1957** – Les Climats Biologiques Et Leur Classification, *Ann. Géog.Fr., 355* :193-220
- Bariou R., 1978** - Manuel D'utilisation De Télédétection, 2^{ème} Partie : Les Applications De La Photo-Interprétation Dans Le Domaine Des Sciences De La Terre, Pp. 129-153.
- Bariou R., Lecamus D., 1981** - Corrections Et Améliorations Des Données *Revue Photointerprétation* - 81-2 Et 81-3, 36p.
- Bariou R., Lecamus D., 1981** - Méthodes Et Problématique De L'interprétation *Revue Photointerprétation* 81-4 Et 81-5, 38p. :
- Barry J. P. Celles J. C., Dubost D., Faurel L. et Hethener P. 1970.** Essai de monographie du *Cupressus dupreziana* A. Camus, Cyprès endémique du Tassili des Ajers (Sahara central). *Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord.* T 61 Fasc. 1 et 2. pp95-169.
- Barry J.P., Celles J.C., 1973** – Le Problème Des Divisions Climatiques Et Floristiques Au Sahara Algérien (Entre 0^o Et 6^o De Longitude Est). *Nat. Monsp. Sér. Bot, 23-24* : 5-48.
- Barry P., Celles J. C. Et Faure L. 1974-** Carte Internationale Du Tapis Végétal Et Des Conditions Ecologiques, Feuille d'Alger Au 1/1000 000° + Notice *Soc. Hist. Nat. Afri. Nord. C.R.S.T.*

- Baudat J.- 2003** – Systèmes d'informations localisés pour l'aménagement des parcours de l'oued Mird (Maroc) - Rapport scientifique de l'observatoire ROSELT/OSS - DREF Rabat - 162 p 42p.
- Belkhodja M., Bidai Y., 2004** – Réponse Des Graines d'Atriplex Halimus A La Salinité Au Stade De La Germination. Sécheresse ; 15(4) : 331-335.
- Ben Salem M (1996)**- Le Sahel de Bizerte : cartographie de l'occupation du sol
- Bencharif B.E.M. & Guermas F., 1994.** Gestion et aménagement des aires protégées en région saharienne. Cas des parcs nationaux du Tassili n'Ajjer et de l'Ahaggar. In: Kabala M.D. & Le Berre M., Conservation et développement en Afrique soudano-sahélienne, UNESCO-MAB, Paris, pp. 219-234.
- Bensaïd S. 2000.** Végétation du parc national de l'Ahaggar (Algérie). Projet "Tassili – Ahaggar Alg/99/G41/A/1G/99. 34p + annexes
- Benseddik B., Mederbal K., 1996** - Variations Climatiques Et Incidences Sur Les Composantes Du Rendement Des Céréales Dans L'ouest Algérien. Perspectives D'amélioration. Congrès International Ecodev96 « Evaluation Des Méthodes D'approche De L'écodéveloppement Des Zones Arides Et Semi-Arides », Adrar 13-16 Novembre 1996, 15p.
- Benzecri J.P Et Al., 1973** – L'analyse Des Données (T1 : Taxonomie Et T2 : Analyse Des Correspondances). Paris, Ed, Dunod, 2 Vol., 675p.
- Bertrand G.- 1968** - Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. - Rev. de Géogr. des Pyrénées et du Sud Ouest, **39 (3)** : pp 249-272.
- Bisson J., Callot Y., 1990** – Les Hommes Et La Sécheresse Autour Du Grand Erg Occidental : Nord-Ouest Du Sahara Algérien. Sécheresse, 2 : 124-133.
- Blondel J.- 1995** - Biogéographie, approche écologique et évolutive - Masson- 297 p.
- Bonn F., Rochon G., 1992**, Précis de télédétection, Volume 1, Principes et méthodes
- Boualem A., Mederbal K., 2006** - Mécanismes De L'érosion Hydrique Au Niveau Des Barrages (Ouest Algérie). 3^{ème} Conférence Sur Les Ressources En Eau Dans Le Bassin Méditerranéens - Watmed 3, 1-3 Novembre 2006, Université Libanaise, Tripoli, Liban, Pp 189-199.
- Boualem A., Mederbal K., Ghali M., 2007** - Comprehension And Mechanism Of Water Erosion On The Level Of The Dams Of The Wilaya Of Mascara (Western Of Algeria) And Proposals Of The Models Of Installation. Egyptian Journal Of Applied Sciences, Vol. 22, N°(11b), November 2007, Egypt.
- Boudjema M., Chouieb M., Lotmani B., Aribi M., Mederbal K., Slimani H., 1998** - Valorisation Des Ressources Phytogénétiques. Etude Expérimentale De La Germination De La Graine d'Arganier (*Argania Spinosa L.*). Séminaire Sur Les Zones Arides, Avril 1998, Centre De Recherche Scientifique Et Technique Sur Les Zones Arides, Biskra, Algérie, 6p.
- Boulahouat N., 1993** - Etude Méthodologique Sur La Télédétection Des Sols En Milieu Aride, Région De Djelfa, Algérie. I.N.R.A, Laboratoire De Télédétection, Montpellier, France, 24p.

- Braun-Banquet J., 1951** – Phytosociologie Appliquée. Comm. S.G.M.A. N°116.
- Brunet R. & Ferras R. &Théry H.-1993**-Les mots de la géographie, dictionnaire critique, 3^{ème} ed.- Montpellier/Paris - GIP RECLUS, La Documentation Française - 520 p.
- Burel F. & Baudry J.- 2001** - Ecologie du paysage, concepts, méthodes et applications. 2^{ème} édition – Tec & Doc ed. - 349 p.
- Callot Y., 1987** – Géomorphologie Et Paléoenvironnement De l'Atlas Saharien Au Grand Erg Occidental. Mém. Sc. Terre. Univ. P Et M. Curie, Paris, 412 P.
- Caloz R. & Collet C., 2001.** Précis de télédétection. Traitement numérique d'images de télédétection. Vol. (3), Presses de l'université du Québec, p. 386.
- Caloz R. & Pointet A., 2003.** Analyse comparative de la classification contextuelle et du maximum de vraisemblance : synthèse et cas d'étude. Télédétection, Vol. (3), n°2-3-4, p. 311-322.
- Candillier L., Tellier I. & Torre F., 2004.** Tuareg : Classification non supervisée contextualisée. Actes de la Sixième Conférence d'Apprentissage (CAp'2004), Montpellier, p. 159-174.
- CCD, 1994.** CONVENTION DES NATIONS UNIES SUR LA LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION DANS LES PAYS GRAVEMENT TOUCHES PAR LA SECHERESSE ET/OU LA DESERTIFICATION, EN PARTICULIER EN AFRIQUE. Texte final de la Convention, A/AC.241/27, 12 septembre 1994
- CDB, 1992.** Texte de la Convention sur la Diversité Biologique, 33pp
- Chambon P., 1991** - Concepts Et Fonctionnalités Des Systèmes D'informations Géographiques. Cours Du GTDA, 13 Décembre 1991, 19 P.
- Clark r.N., King T.V.V., Ager C., & Swayze G.A., 1995.** Initial vegetation species and senescence/stress mapping in the San Luis Calley, Colorado using imaging spectrometer data. In proceedings, Summitville Forum '95, H.H. Posey, J.A. Pendelton, and D. Van Zyl (Ed)., Colorado Geological Survey Special Publication 38, p. 64-69. Couverture des Sols (Land-Use and Land-Cover Change : LUCC) ; Revue
- Collet, C., 1992:** Système D'information Géographique En Mode Image. Collection Gérer L'environnement, Vol. 7, Presses Polytechniques Et Universitaires Romandes, 186 P.
- Daget P. Et Al., 1974** - Vocabulaire D'écologie Hachette, Paris, 273p.
- Daget P., 1977** - Le Bioclimat Méditerranéen : Analyse Des Formes Climatiques Par Le Système D'emberger, Vegetatio, Vol 34 (2), 87-103.
- Daget P., 1977** - Le Bioclimat Méditerranéen: Caractères Généraux, Modes De Caractérisation. Vegetatio, Vol.34 (1) 1-20.
- Daget P., 1980** – Sur Les Types Biologiques En Tant Que Stratégie Adaptative. (Cas Des Thérophytes). In : Recherches D'écologie Théorique, Les Stratégies Adaptatives. Ed. Maloine, 89-114.

- Daget P., Godron M., 1982** – Analyse Fréquentielle De L'écologie. Ed. Masson. 143 P.
- Dangermond J., 1982:** Les Systèmes D'information Géographique - Classification Des Eléments Des Logiciels Utilisés Habituellement Dans Les Sig -. Bul. C.F.C, N°96, Colorado, Pp. 7-17.
- De Martonne E., 1926** – L'indice D'aridité. Bull. Assoc. Géogr. Fr., 8p
- Debinski d. M., Kindscher K. & Jakubauskas M. E., 1999.** A remote sensing and GIS based model of habitats and biodiversity in the Greater Yellowstone Ecosystem. International Journal of Remote Sensing (20), p. 3281–3291.
- Denègre . & Salgé F.-1996** - Les SIG - Que sais-je n°3122 - PUF -128 p.
- Didier, M., 1990** - Utilité Et Valeur De L'information Géographique. Ed. Economica, 255 P.
- Djebaili S., 1978** – Recherches Phytosociologiques Et Phytoécologiques Sur La Végétation Des Hautes Plaines Steppiques Et De l'Atlas Saharien. Thèse, Dct, Univ. Montpellier, 229 P Et Ann.
- Djebaili S., 1984** – La Steppe Algérienne, Phytosociologie Et Ecologie, O.P.U, Alger,127P..
- Djebaili S., Aidoud F., Khelifi H., 1982** – Groupes Ecologiques Edaphiques Dans Les Formations Steppiques Du Sud-Oranais. Biocénose, 1 : 8-59.
- Djellouli Y., Djebaili S., 1984** – Synthèse Sur Les Relations Flore-Climat En Zone Aride : Cas De La Wilaya De Saida. Bull.Soc. Bot. Fr, 131, Actual. Bot. (2/ 3/ 4) : 249-264.
- Dubief J., 1959** – Le Climat Du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sah. Alger, 1, 312 P.
- Dubief J., 1963** – Le Climat Du Sahara. Mém. Inst. Rech. Sah. Alger, 2 Tomes, 590 P.
- Dubucq M., 1989** : Reconnaissance Des Sols Par Télédétection Et De Leur Comportement Par Rapport À L'érosion Dans Le LAURAGAIS, Thèse De Doctorat, Université Paul SABATIER, Toulouse III, 242P.
- Duvigneaud P., 1980-** La Synthèse Ecologique (2^{ème} Edition) Doin, 380 P.
- Elachi C. & Van zyi J., 2006.** Introduction to the physics and techniques of remote sensing. John Wiley & Sons, Hobonken, New Jersey, p. 559. Electronique CYBERGEO, n° 180, 6p.
- Emberger L., 1955-** Une Classification Biogéographique Des Climats. Revue Tr. Lab. Bot. Géol. Zool., Fac. Sc. Montpellier, N° 7 3-43
- Emberger L., 1966** – Réflexions Sur Le Spectre Biologique De Raunkiaer. Mém. Soc. Bot. Fr., 56-85.
- Emberger L., 1971** - Travaux De Botanique Et D'écologie. Masson Et Cie, Paris, 520 P.
- Escadafal R. & Huete A.R.- 1991-** Improvement in remote sensing of low vegetation cover in and region by correcting vegetation indice for soil "noise", C.R. Acad. Sc. Paris, pp. 1385-1391.

- Escadafal R., 1989** - Caractérisation De La Surface Des Sols Arides Par Observation De Terrain Et Par Télédétection. Applications : Exemple De La Région De Tataouine (Tunisie). Etudes Et Thèses, ORSTOM, Paris, 317 P.
- Ferreira L., Yoshioka H., Huete A., Sano E., 2004**, Seasonal landscape and spectral vegetation index dynamics in the Brazilian Cerrado: An analysis within the Large-Scale Biosphere-Atmosphere Experiment in Amazonia(LBA), *Remote Sensing of Environment*, 87(4), 534-550.
- Forman R.T.T. & Godron M.-1986**- Landscape ecology - J. Wiley, New York. 619 p.
- Foucault A. & Raoult J-F-1988**- Dictionnaire de géologie, 3ed - Paris - Masson - 352 p.
- Frontier S. & Pichod-Viale D.- 1998** - Ecosystèmes, structure, fonctionnement, évolution. 2eme édition. - Dunod - 447 p.
- Gao J.,1999**. A comparative study on spatial and spectral resolutions of satellite data in mapping mangrove forest. *International Journal of Remote Sensing* (20), p. 2823–2833.
- Gausson H., 1963** – Ecologie Et Phytogéographie. Abbayes : 952-972.
- Gharzouli R., 1977** - Essai De Détermination De Gradients Altitudinaux Pluviométriques Et Thermiques En Zone Aride : Applications Bioclimatiques. Mém. D. E. S. Univ. Alger, 31 P.
- Girard M.C. & Girard CM., 1999**. Traitement des données de télédétection. DUNOD, Paris, p. 529.
- Girard MC & Girard CM., 1999** - Traitement des données de télédétection - Dunod - 527 p.
- Godron M., 1984** - Abrégé D'écologie De La Végétation Terrestre. Ed. Masson, 197 P.
- Gondard H., 2006** - Gestion des ressources naturelles - Mémoire de Master en Management des Systèmes d'Information et Applications Géographiques- ENSG, Paris, France – 48p.
- Gounot M., 1969** – Méthode D'étude Quantitative De La Végétation. Ed. Mass. Cie Paris. 314p.
- Graaf, H. van der, 1991**. Le Document de la Conférence de Stockholm, p. 311-343. In: La vérification des accords sur le désarmement et la limitation des armements : moyens, méthodes et pratiques, Nations Unies ISBN : 92-9045-053-3. 406 p.
- Green, M.J.B. & J. Paine. 1997**. State of The World's protected areas at the end of the twentieth century. World Conservation Monitoring Centre. Cambridge, UK. 29 p.
- Guinochet M., 1951** – Contribution A L'étude Phytosociologique Du Sud Tunisien. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, Alger, 42 : 131-153.
- Guinochet M., 1973** – Phytosociologie Collection D'écologie 1. Ed. Masson Et Cie. Paris VI. 217p.
- Haddouche I., 1998** - Cartographie Pédopaysagique De Synthèse Par Télédétection (Image Landsat TM). Cas De La Région De Ghassoul (El Bayadh). Thèse De Magistère. Institut National d'Agronomie (INA). Alger. 143 P.

- Haddouche I., Mederbal K., Saidi S., 2007** - Space Analysis And The Detection Of The Changes For The Follow-Up Of The Components Sand-Vegetation In The Area Of Mecheria, Algeria. Revue SFPT N°185 (2007-1), France ISSN 1768-9791.
- Haddouche I., Mederbal K., Saidi S., Benhanifia K., 2006.** Caractérisation D'une Région Steppique Par Télédétection. Cas De La Région De Mécheria (Algérie). 1^{er} Séminaire International Sur La Désertification Et La Désertisation .Tiaret, 12-14 Juin 2006.
- Haines-Young R. & Green D.R. & Cousins S.H.- 1993** - Landscape ecology and GIS - Taylor & Francis ed. - 288 p.
- Haines-Young R. & Green D.R. & Cousins S.H.- 1993** - Landscape ecology and GIS - Taylor & Francis ed. - 288 p.
- Halitim A., 1988.** Sols Des Régions Arides d'Algérie. O.P.U., Alger, 384 P.
- Hamimed A., Mederbal K. Et Khaldi A., 2001** - Utilisation Des Données Satellitaires TM De Landsat Pour Le Suivi De L'état Hydrique D'un Couvert Végétal Dans Les Conditions Semi Arides En Algérie. Revue Télédétection, Vol 2, N°1, P29-38, GB Science Publisher, France.
- Hamimed A., Mederbal K. Et Lansari A., 2002** - Utilisation De La Télédétection Et Des Systèmes D'information Géographiques Pour La Cartographie De L'évapotranspiration Et Le Suivi De L'état Hydrique D'un Couvert Végétal. Deuxième Séminaire National Sur Les Ressources En Eau, 21-22 Avril 2002, Centre Universitaire De Mascara, 10p.
- Houborg R. and Boegh E., 2008.** Mapping leaf chlorophyll and leaf index using inverse and forward canopy reflectance modelling and SPOT reflectance data. Remote Sensing of Environment (112), p. 186-202. Ilicis En El Mediterraneo Occidental. Not. Fitosoc ; 19 (2) : 71-98.
- Khader M., Mederbal K., Chouieb M., Regagba Z., 2006** - Diagnostic Phytoécologique Des Ecosystèmes Steppiques A L'aide De La Géomatique: Cas De La Région De Djelfa (Algérie). Rencontres Méditerranéennes D'écologie, 7 – 9 Novembre 2006, Université De Béjaïa, Algérie, 10p.
- Kimes D.S., Holben b.N., Tucker C.J. & Newcomb W.W., 1984.** Optimal directional view angles for remotesensing mission. International Journal of Remote Sensing (5), p. 887-908. l'Université du Québec/AUPELF.
- Lacaze B., 1975** - Le Traitement De Données Multispectrales Acquisées Par L'élédétection. Thèse Docteur-Ingénieur, USTL, Montpellier 150 P.
- Le Berre M., 1989.** Dynamique de l'occupation de l'espace saharien par les vertébrés aquatiques et terrestres. Thèse Doc. Es Sci., Univ. Lyon 1, 2 vol., 414 pp., 304 pp.
- Le Berre M., 1990.** Faune du Sahara 2 Mammifères. Lechevalier & Chabaud, Paris, 360 pp.
- Le Berre M., 1998.** Zones arides et désertification. CD-Rom, UNESCO-MAB, BMZ, Institut du Sahel, OSS.
- Le Houérou H.N.- 1968** - La désertification du Sahara septentrional et des steppes limitrophes - Annales Algériennes de Géographie, 3 (6) : pp. 57-94.

- Le Houérou H.N.- 1997** - Climate, flora and fauna changes in the Sahara over the past 500 million years? in *J. of arid environments* 37 : 619-647.
- Le Houerou H.N., 1968** – La Désertisation Du Sahara Septentrional Et Des Steppes Limitrophes. *Ann. Algér. De Géog.* 6 : 2-27.
- Le Houerou H.N., 1969** - La Végétation De La Tunisie Steppique (Avec Références Aux Végétations Analogues d'Algérie, De Libye Et Du Maroc), *Annales Inst. Nat. Agro.* 42, 5 , Tunis, 624p.
- Lemee G., 1978** - Précis D'écologie Végétale. Masson Et Cie, Paris, 285 P.
- Long G., 1975** - Diagnostic Phyto-Ecologique Et Aménagement Du Territoire. Tome 1: Principes Généraux Et Méthodes. Masson Et Cie, Paris, 256 P. Tome 2. Applications Du Diagnostic Phytoécologique. Masson Et Cie, Paris, 232 P.
- Lucas k. L., Carter G. A., 2008.** The use of hyperspectral remote sensing to assess vascular plant species richness Horn Island, Mississippi. *Remote Sensing of Environment* (112), p. 3908-3915.
- Mainquet M - 1995** - L'homme et la sécheresse - Masson « géographie » - 335 p.
- Maire R., 1926-** Carte Phytogéographique De l'Algérie Et De La Tunisie., Gouv. Gén. De l'Algérie, 78p, Carte H.T.
- Maire R., 1933-1940.** Etude de la flore et de la végétation du Sahara central. *Mém soc. Hist. Nat. Afrique Nord.* N°3 2Vol.. 433p + annexes.
- Maire R., 1952-1987** – Flore De l'Afrique Du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyréaique Et Sahara), Paris : Ed. Le Chevalier, 16 Vol.
- Maniere R., Chamignon C., 1986-** Cartographie De L'occupation Des Terres En Zone Aride Par Télédétection Spatiale. Exemple D'application Sur Les Hauts Plateaux Sud Oranais : Mécheria Au 1/200000. *Ecol. Médit.*, XII, 1 Et 2, 159-185, 1 Carte H.T.
- Maniere R., Courboules J., Celles J.C., Chamignon C., Bouznoune A., Melzi S., Djebaili S., Kermad M., 1989** - Inventaire Des Ressources Naturelles Renouvelables En Zone Aride Méditerranéenne : Evaluation De L'apport Des Données A Moyenne Résolution Spatiale (LANDSAT MSS). Ed. Tech., *Revue Photointerprétation*, 1989 3-4, 3, Paris, 17-30.
- MEA, Millenium Ecosystem Assessment - 2005** - Rapport de synthèse de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. www.millenumassessment.org
- Mederbal K. Et Regagba Z., 1999** - Apport De La Télédétection Aérospatiale A L'étude Et L'aménagement Du Milieu Naturel. Premières Journées d'Etudes « Agriculture De Montagne », 13-14 Mai 1997, Centre Universitaire De Mascara, 10p.
- Mederbal K., 1980** - Les Données LANDSAT Et La Phytoécologie. Application A La Région De Djelfa (Algérie). DEA, Université Aix-Marseille, 100p.

Mederbal K., 1983 - La Télédétection Aérospatiale Et La Phytoécologie. Application A Deux Régions Naturelles D'algerie: Le Littoral (Mostaganem) Et L'atlas Saharien (Djelfa). Thèse 3^{ème} Cycle, Université D'aix-Marseille Iii, 178p.

Mederbal K., 1989 - Rapport De La Première Phase Du Projet "Schéma Directeur D'aménagement De La Wilaya D'el Bayadh", Centre National Des Techniques Spatiales, Arzew, 120p, 9 Cartes H.T.

Mederbal K., 1990 - Etude Des Milieux Agricoles Et Steppiques A L'aide De L'outil Télédétection. Séminaire Franco-Algérien De La Télédétection, 17-18 Mai 1990, Institut National De La Recherche Agronomique d'Algérie, Alger, 16p.

Mederbal K., 1991 - Diagnostic Ecologique Et Evolution Spatio-Temporelle Des Nappes Alfatières A L'aide De L'imagerie Satellitaire : Cas Des Régions D'el Bayadh Et Djelfa (Algérie). Séminaire 26-27 Février 1991, Institut De Technologie Agricole, Mostaganem, 12p.

Mederbal K., 1992 - Compréhension Des Mécanismes De Transformation Du Tapis Végétal: Approches Phytoécologiques Par Télédétection Aérospatiale Et Analyse Dendroécologique De Pinus Halepensis Mill., Dans L'ouest Algérien. Thèse D'état Es-Sciences, Université D'aix-Marseille Iii, 229p.

Mederbal K., 1996 - Recherches Ecologiques Sur Les Zones Arides Et Semi-Arides: La Cartographie Ecologique, Une Base Nécessaire Pour L'écodéveloppement. Congrès International Ecodev96 « Evaluation Des Méthodes D'approche De L'écodéveloppement Des Zones Arides Et Semi-Arides », Adrar 13-16 Novembre 1996, 10p.

Mederbal K., 1997 - Réponse Du Pin D'alep (Pinus Halepensis Mill.) Aux Changements Climatiques Dans La Région Nord Ouest Algérienne. Colloque Maghrébin « Biologie Végétale Et Environnement », 28-29 Octobre 1997, Université De Annaba, 12p.

Mederbal K., 1997 - Utilisation Des SIG Et De La Télédétection Pour La Prévention Des Risques D'incendies. Séminaire International Sur l'Utilisation De l'Outil Spatial Pour La Prévention Des Risques Majeurs, 5-6 Mai 1997, CNTS d'Arzew, 10p.

Mederbal K., 2002 - évaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires a l'évaluation et la réduction des risques menaçant la diversité biologique en Algérie: cas du surpâturage, du défrichement et de la désertification. Rapport d'expertise, actes de l'atelier du PNUD sur le thème " évaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires a l'évaluation et la réduction des risques menaçant la diversité biologique en Algérie", Alger 9-10 décembre 2002, 40p.

Mederbal K., Khaldi A., Regagba Z., Hamimed A., 1999 - Intégration Des Données Multisources Dans Un SIG Pour L'aménagement Des Systèmes Ecologiques De l'Atlas Saharien Méridional : Cas Du Bassin Versant Et Des Terres Irrigables Du Barrage De Brézina (El Bayadh). Séminaire International Du CNIG "Al_SIG'99", 15-18 Novembre 1999, Ecole Militaire Polytechnique De Bordj El Bahri, Alger, 12p.

Meliani A., Belabid L., Tir Touil A., Mederbal K., Bensoltane A., 2007 - Ecobiological Interest Of *Psoudomonas fluorescens* In The Area Of Mascara (Western Of Algeria) And Proposals Of The Models Of Installation. Egyptian Journal Of Applied Sciences, Vol. 22, N°(10b), October 2007, Egypt.

- Merzouk A., 1992.** Utilisation De La Télédétection Spatiale Dans L'étude Et L'inventaire Des Sols En Zone Semi-Aride. Geo-Observateur, MARISY, 1992, Rabat –Maroc, 43-50.
- Missoumi A., Mederbal K. Et Benabdeli K., 2002** - Apport Des Systèmes D'information Géographiques Dans La Prévention Des Et La Lutte Contre Les Incendies De Forêt: Cas De La Forêt De Kounteidat, Algérie. Revue Forêt Méditerranéenne, T. XXIII, N°1, Juin 2002, France.
- Monod Th., 1957.** Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique. Publication du CSA N°24, Londres.147p.
- Muzzolini A., 2000.** Livestock in Saharan Rock Art, pp. 87-110. in: Blench R.M. & MacDonald K.C., The origin and development of African Livestock: archaeology, genetics, linguistics and ethnography. UCL Press, London, 546 pp.
- Oindo B. O., Skidmore A. K. and De Salvo P., 2003.** Mapping habitat and biological diversity in the Massai Mara ecosystem. International Journal of Remote Sensing (24), p. 1053–1069.
- ONU, 1982.** Charte Mondiale de la Nature, 48^{ème} séance plénière, 28 octobre 1982,
- ONU, 1992. AGENDA 21. Chapitre 12 : GESTION DES ECOSYSTEMES FRAGILES : LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION ET LA SECHERESSE. RAPPORT DE LA CONFERENCE DES NATIONS UNIES SUR L'ENVIRONNEMENT ET LE DEVELOPPEMENT (Rio de Janeiro, 3-14 juin 1992).** Distr. GENERALE A/CONF.151 /26 (Vol. II), 13 août 1992, FRANÇAIS.
- ONU, 2002.** Rapport du Sommet Mondial pour le Développement Durable.
- Ozenda P., 1977** – Flore Du Sahara, 2^{ème} Ed., Cnrs, Paris, 622 P.
- Ozenda P., 1982-** Les Végétaux Dans La Biosphère, Doin, Paris, 432p.
- Ozenda P., 2000** – Les Végétaux : Organisation Et Diversité Biologique, 2^{ème} Ed Dunod, 516 P.
- Pagès J.M -1984** - Application de la notion de niveau de perception à l'étude des peuplements d'oiseaux palustres méditerranéens- Rev Ecol (Terre & Vie), 39, 297-336
- Paquin C., 1971** - Contribution A L'étude De La Pluviométrie Annuelle En Algérie. Thèse De Doctorat 3eme Cycle, Faculte Paris, 52 P.
- Podaire A. 2003-** Informations sur le projet Changement d'Utilisation
- Pornon H., 1991** - Les Systèmes D'information Géographique: Mise En Œuvre Et Applications. Ed. Hermès, 158 P.
- Pouget M., 1980** – Les Relations Sol-Végétation Dans Les Steppes Sud-Algéroises. Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille Iii, 555p.
- Quezel P. et Santa S. 1962-63.** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. T. 1 et T. 2 Ed. CNRS 1170p.

- Quézel P. Et Santa S., 1962** – Nouvelle Flore De l'Algérie Et Des Régions Désertiques Méridionales. Ed. CNRS. Paris. 2 Vol. 1170p.
- Quezel P., 1965** – La Végétation Du Sahara Du Tchad A La Mauritanie. Masson, Paris, 333 P.
- Quézel P., 1983** – Flore Et Végétation De l'Afrique Du Nord, Leur Signification En Fonction De L'origine, De L'évolution Et Des Migrations Des Flores Et Structure De Végétation Passées-Bothalia, 14. Pp : 411-461.
- Quezel P., 1995** – La Flore Du Bassin Méditerranéen : Origine, Mise En Place, Endémisme. *Ecologia Mediterranea* Xxi (1/2) : 19-39.
- Quézel P., Barbéro M, Benabid A. & Rivas-Martinez S.- 1995** - Les structures de végétation arborées à Acacia sur le revers méridional de l'Anti-Atlas et dans la vallée inférieure du Draa (Maroc), in *Phytoecologia*, **25 (2)**, pp 279-304.
- Quezel P., Barbero M., 1993** – Variations Climatiques Au Sahara Et En Afrique Sèche Depuis Le Pliocène : Enseignement De La Flore Et De La Végétation Actuelles. *Bull. Ecol.* 24 (2/3/4) : 191-202.
- Ramade F., 1982**– *Eléments D'écologie, Ecologie Appliquée.* Mc Graw-Hill, Paris 452 P.
- Raunkiaer C., 1904** – Biological Types With Refrence To The Adaptation Of Plants To Survive The Unfavourable Season, In *Raunkiaer*, 1934, 1-2
- Raunkiaer C., 1934** – *The Life Forms Of Plants And Statistical Plant. Geography.* Claderonpress. Oxford. 632p.
- Regagba Z., 1999** - Mise Au Point D'une Méthode D'étude Et D'aménagement Des Systèmes Ecologiques De L'atlas Saharien Méridional : Cas Du Bassin Versant Et Des Terres Irrigables Du Barrage De Brézina (El Bayadh). Mémoire Magister, Université Djilali Liabès, Sidi Bel Abbés, 107 P.
- Regagba Z., Benabdeli K., Mederbal K., Belkhodja M., 2006** - Contribution Of The Spatial Remote Sensing And Geographical Information In The Mnagement And Planning Of The Natural Habitat: Application In Algeria. *Egyptian Journal Of Applied Sciences*, Vol. 21, N°(11),November 2006, Egypt.
- Richard J.F.- 1975** - Paysages, écosystèmes, environnement : une approche géographique, in *l'Espace Géographique*, T. IV, n°2, pp.81-92
- Richard J.F.- 1989** - *Le paysage, un nouveau langage pour l'étude des milieux tropicaux* - ORSTOM éd. - 210 p.
- Richards J.A.- 1993** - *Remote sensing digital image analysis, an introduction.* 2th ed - Springer Verlag - 340 p..
- Roselt- 2002** - Rapport scientifique de l'observatoire ROSELT/OSS de l'oued Mird - DREF Rabat - 162 p.
- Rouet, P., 1991**- *Les Données Dans Les Systèmes D'information Géographique.* Ed. Hermès, 278 P.

- Rougerie G. & Beroutchachvili- 1991** - Géosystème et paysages, bilan et méthodes. Armand Colin - 302 p. Sociales de Tunis, 238 p.
- Seltzer P., 1946** – Le Climat De L'algérie. Carbonel. Alger, 219 P.
- Slatyer R.O., 1977-** Les Changements Dynamiques Dans Les Ecosystèmes Terrestres: Modalités, Techniques D'étude Et Application A L'aménagement Notes Techniques Du MAB UNESCO, Paris, 4, 10-36.
- Solbrig O.T., 1991.** From genes to ecosystems : a research agenda for biodiversity.
- Solbrig, O.T. & Nicolis, G. (éds). 1991.** Perspectives on biological complexity. Paris, UISB.
- Solbrig, O.T.; van Emden, H.M. & van Oordt, P.G.W.J.; 1992.** Biodiversity and Global Change. International Union of Biological Sciences (IUBS). Monograph No. 8. Paris. ISBN 92-9046-0799.
- Stewart P., 1969** – Quotient Pluviothermique Et Dégradation Biosphérique. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 59, 23-36.
- Stewart P., 1975** – Un Nouveau Climagramme Pour L'algérie Et Son Application Au Barrage Vert. Bull. Soc. Hist. Nat. Afr. Nord, 65, 12, 239-245.
- Thenkabail P. S., Hall J., LIN T., Ashton M. S., Hais D. & Enclona E. A., 2003.** Detecting floristic structure and pattern across topographic and moisture gradients in a mixed species Central African forest using IKONOS and Landsat-7 ETM+ images. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation (4), p. 255–270.
- Whitford W.G. -2002-** Ecology of desert systems - Academic Press - 343 p.
- WRI, IUCN, UNEP - 2003** - Stratégie mondiale de la biodiversité. French edition, published by the Bureau des Ressources génétiques et le comité français de l'IUCN.