

N° D'ORDRE : 49/2009_M/SN
RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE HOUARI BOUMÉDIÈNE

FACULTÉ DES SCIENCES BIOLOGIQUES (F.S.B.)



MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du Diplôme de : **MAGISTER**

EN SCIENCES DE LA NATURE

Specialité : **BIODIVERSITE DES ZONES ARIDES**

Par :

BELGHOUL Mohamed

THEME :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE ET LA PRESERVATION DE LA
BIODIVERSITE ACTUELLE AU NIVEAU DES ECOSYSTEMES
SAHARIENS : CAS DE SITES CHOISIS DANS L'AHAGGAR
(ALGERIE)**

Soutenu publiquement le 02/07/09 ; devant le jury composé de :

M^{me} NEDJRAOUI Dalila
M^r MEDERBAL Khalladi
M^{me} DAHMANI Malika
M^{me} KADI HANIFI Halima
M^{elle} ABDOUNE Fathia

Professeur à USTHB, Alger
Professeur à UMS, Mascara,
Professeur à USTHB, Alger
Professeur à USTHB, Alger
Maitre de conférences, USTHB, Alger

Directeur de mémoire

Présidente
Examinatrice
Examinatrice
Examinatrice

Sommaire

Introduction générale	02
CHAPITRE 01: CADRE BIOGEOPHYSIQUE DE LA ZONE D'ETUDE	
1-Présentation de la zone d'étude	
1.1- Généralités et historique de la région de l'Ahaggar :	03
1.2- Situation et délimitation du parc national de l'Ahaggar :	03
1.3- Climat et bioclimat	03
1.3.1- Les paramètres climatiques :	04
1.3.1.1- les précipitations	05
1.3.1.1.1- la pluviosité	05
1.3.1.1.2-Analyse des précipitations :	05
1.3.1.1.3 Régime pluviométrique saisonnier	06
1.3.1.2. - la température	07
1.3.1.2.1- Les températures moyennes annuelles	10
1.3.2- Synthèse climatique	12
1.3.3 Les phénomènes climatiques	13
1.3.4- Les autres phénomènes climatiques	18
Conclusion	19
1.4-Biogéographie	22
1.5-Géologie	23
1.5.2- Disposition morphologique et réseau hydrographique	23
1.5.3- Ressources en eau	26
1.5.3.4- Les inféro-flux	26
1.5.4.5- La Nappe du socle	27
1.6- Pédologie	28
1.7- Vegetation	29
1.8- Milieu socio-économique	30
Conclusion	31
	32
CHAPITRE 02 DEMARCHE METHODOLOGIQUE	
Introduction	
1- Présentation des sites d'étude	33
	34
2- Relevés des observations	36
2.1- Aménagement des véhicules	37
2.2- Habitat, flore et végétation	37
2.3- Echantillonnage	38
3- Méthodologie de mise en place d'un système d'informations géographiques	40
3.1- Cheminement méthodologique général	41
3.2- Démarche méthodologique générale adoptée	43
3.3- Expérimentation et mise en place du SIG	47
3.4- Démarche méthodologique spécifique au suivi de la biodiversité : intégration du suivi de la biodiversité dans une étude pluridisciplinaire à l'aide de la géomatique	48
3.5- Renforcement de la méthodologie de suivi de la biodiversité à l'aide de la géomatique	50
	54
CHAPITRE 03	
RESULTATS TECHNIQUES ET THEMATIQUES	
1- Résultats des actions de Géomatique : configuration d'une station SIG	55
2- Résultats thématiques.	56
2.1- Diagnostic du massif montagneux de l'Ahaggar	57
2.1.1- sites potentiels	57

AVANT-PROPOS

CE TRAVAIL S'INSCRIT PARMIS LES OBJECTIFS DU PROJET PNUD « **PRESERVATION ET UTILISATION DURABLE DE LA BIODIVERSITE DES DEUX PARCS NATIONAUX DE L'AHAGGAR ET DU TASSILI** » ; IL COMPLETE LES ETUDES PHYTOECOLOGIQUES ET CARTOGRAPHIQUES EFFECTUEES DANS CES DEUX PARCS A LA FOIS NATURELS ET CULTURELS.

AU TERME DE CE TRAVAIL, J'ADRESSE MES PLUS VIFS REMERCIEMENTS A TOUTES LES PERSONNES QUI DE PRES OU DE LOIN ONT CONTRIBUE A LA REALISATION DE CE TRAVAIL.

JE REMERCIE MR LE PROFESSEUR KHALLADI MEDERBAL POUR AVOIR ACCEPTE DE M'ENCADRER, DE M'AVOIR PROPOSE LE SUJET DU PRESENT TRAVAIL, SUIVI ET ORIENTE ; JE TIENS A LE REMERCIER POUR SES FRUCTUEUSES CRITIQUES, CORRECTIONS ET CE MALGRE SES PREOCCUPATIONS ADMINISTRATIVES ET PEDAGOGIQUES.

JE TIENS A REMERCIER MADAME NEDJRAOUI DALILA POUR AVOIR ACCEPTER DE PRESIDER LE JURY DE SOUTENANCE, ET CE MALGRE SES PREOCCUPATIONS TANT ADMINISTRATIVES QUE PEDAGOGIQUES.

Je remercie tous mes collègues du Parc national de l'Ahaggar.

A ma famille en particulier à ma mère et à mon père qui n'ont cessé de m'encourager, me conforter, me soutenir. Sans eux, ce travail n'aurait jamais pu voir le jour. Je leurs exprime ma profonde gratitude.

CONTRIBUTION A L'ETUDE ET LA PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE VEGETALE AU NIVEAU DES ECOSYSTEMES SAHARIENS : CAS DE SITES TESTS CHOISIS DANS L'AHAGGAR (ALGERIE)

ETUDIANT : BELGHOUL MOHAMED

ENCADREUR : MR LE PR.MEDERBAL KHALLADI

RESUME / ABSTRACT/ الملخص

الملخص

في إطار مشروع "صون واستعمال مستديم للتنوع الحيوي ذي العائد العالمي لحظيرتي الاقار و التاسيلي - الجزائر" تم ابتداء منهجية إدماج معطيات مختلفة المواضيع والصادر بنظام معلومات جغرافية. تم تبني اختيارات تقنية و منهجية كما تم تصميم مسعى مندمج للوسط الطبيعي بمساعدة تقنيات الاستشعار عن بعد. إن التسلسل المنهجي المنصور يسمح بإنتاج خرائط منسجم مع متطلبات نظام معلومات جغرافية وملائم لاحتياجات متابعة التنوع الحيوي . إن النتائج المنجزة تثبت صحة المنهجية الشاملة و تميط اللثام عن حدود ذات طابع تقني و موضوعاتي ستسجل بالنتيجة 'و من اجل دور امثل لنظام معلومات جغرافية يضمن نجاحه في المتابعة العلمية لتنوع الحيوي اقترحت توجيهات تقنية و موضوعاتية.

كلمات مفاتيح

ن ا ج "ن م ج" (نظام معلومات جغرافية أو نظام إعلام جغرافي)- استشعار عن بعد- تنوع حيوي- صحراء- اللثام - الجزائر

RESUME

Dans le cadre du projet « préservation et utilisation durable de la diversité biologique d'intérêt mondial dans les parcs nationaux de l'Ahaggar et du Tassili - Algérie », une méthodologie d'intégration des données plurithématiques et multisources dans un Système d'Informations Géographiques est initiée.

Des choix techniques et méthodologiques sont adoptés et une démarche de cartographie intégrée du milieu naturel assistée par télédétection est esquissée. La chaîne méthodologique conçue permet une production cartographique conforme aux exigences d'un Système d'Informations Géographiques et compatible aux besoins du suivi de la biodiversité. Les résultats réalisés valident la démarche d'ensemble et soulèvent des limites d'ordre technique ou thématique à relever.

Par conséquent, pour optimiser le Système d'Informations Géographiques (SIG) et garantir son succès dans le suivi de la biodiversité des orientations techniques et thématiques sont suggérées.

MOTS CLES

SIG (Système d'Informations Géographiques) - Télédétection - Biodiversité – Sahara – Algérie.

Abstract

This work, the Project « Preservation and durable utilization of the Biodiversity of a worldwide interest in the national parks of Ahaggar & Tassili/Algeria » focus on the conception of a methodology to integrate multithematic & multisources informations into a GIS "Geographic informations System" is initiated.

A many technical & methodological choices are adopted and a demarche of natural milieu integrated cartography remote sensing-aided mapping & GIS techniques" method is designed.

The methodological line allows a mapping production conform with GIS constraints and compatible with a wildlife monitoring. The results valid the all demarche but some technical & thematical limits may be detected.

In consequence, to optimize the Geographic Informations System successfully in wildlife (biodiversity) monitoring, options are proposed.

Key words: GIS (Geographic Informations System) – Télédétection- Biodiversité – Sahara - Algeria

**CONTRIBUTION A L'ETUDE ET LA PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE VEGETALE AU NIVEAU DES
ECOSYSTEMES SAHARIENS : CAS DE SITES TESTS CHOISIS DANS L'AHAGGAR (ALGERIE)
ETUDIANT: BELGHOUL MOHAMED ENCADREUR: MR LE PR.MEDERBAL KHALLADI**

RÉSUMÉ /SUMMARY

Introduction :

Ces grands espaces "dénudés" de forme de vie, rocailleux, sableux, hostiles, révèlent pour qui veut s'attarder bien des curiosités. Ces curiosités ont attiré de nombreux botanistes et phytosociologues depuis Battandier et Trabut (1911) ; Maire (1933-1940) ; Leredde (1957) ; Quézel (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)..

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.

1-Problématique : les facteurs qui menacent la biodiversité végétale

Les écosystèmes des régions arides, caractérisées par des variations climatiques imprévisibles dans le temps et l'espace, sont soumis à des pressions importantes. De ce fait, les systèmes de gestion de ces ressources, telles que suivis par les communautés Touaregs base sur des stratégies souples de moyens d'existence et sur des arrangements institutionnels destinés à gérer les incertitudes écologiques et saisonnières ainsi que l'environnement fragile .Les menaces sur la biodiversité dans la région de l'Ahaggar peuvent paraître relativement faibles du fait de la faible densité humaine et de l'inaccessibilité de la région. Néanmoins, de tels environnements fragiles sont particulièrement vulnérables aux facteurs externes défavorables.les principales menaces qui pèsent sur la biodiversité peuvent être expliquées par la surexploitation de la végétation en raison de la production commerciale de bois et de charbon, la collecte des plantes médicinales et fourragères et le surpâturage localisé.

2- Méthodologie :

Pour atteindre l'objectif une méthodologie d'intégration des données plurithématiques et multisources dans un Système d'Informations Géographiques est initiée.

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).

3- Résultats :

Cette méthode permet la production de cartes thématiques, selon un emboîtement paysages/biotopes/habitats, compatibles avec les Système d'Informations Géographiques. Nous avons des résultats que pour les oueds du massif montagneux à formations à Acacia de l'Ahaggar. D'amont en aval, des prospections méthodologiques ont été conduites sur le principe des variations phytocénotique ; les éléments structuraux, paysagers, floristiques étant les guides. Les oueds **Tan Tamenokalte, Tekoyet, Adarniba, In Hamertek, Igharghar, In Amguel, Mertoutek, Tin Tarabine, Tefedjek, Adjelmamr, Amazhar ouan Afella, Tamanrasset, Amded, Tin Tifinagh, Assouf Mellene**, 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. 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.

Mots clés : - Biodiversité –flore –végétation – faune - SIG (Système d'Informations Géographiques) - zones arides- Ahaggar (Algérie).

Liste des figures

- Fig.n°01 : Variations mensuelles des précipitations (mm)(Tam 30-98/93-07)
Fig.n°02 : Variations mensuelles des précipitations (mm)(Assekrem 71-97/96-07)
Fig.n°03 : Variations mensuelles et annuelles des précipitations (mm) (Tam in Amertek Tazerouk Assekrem (93-07)
Fig.n°04 : Régime saisonnier des quatre stations de référence
Fig.n°05 : Régime saisonnier de l'Assekrem (71-97/96-07)
Fig.n°06 : Régime saisonnier de Tamanrasset (30-98/93-07)
Fig.n°07 : Variations mensuelles des températures moyennes maximales (93-07)
Fig.n°08 : Variations mensuelles des températures maximales Tam (93-07/30-98)
Fig.n°09 : Variations mensuelles des températures maximales Assek (96-07/71-97)
Fig.n°10 : Variations mensuelles des températures moyennes minimales (93-07)
Fig.n°11 : Variations mensuelles des températures minimales Tam (93-07/30-98)
Fig.n°12 : Variations mensuelles des températures minimales Assek (96-07/71-97)
Fig.n°13 : Variations mensuelles des températures moyennes (93-07) des stations
Fig.n°14 : Diagramme ombrothermique de l'Assekrem
Fig.n°15 : Diagramme ombrothermique de Tamanrasset
Fig.n°16 : Diagramme ombrothermique d'In Amertek
Fig.n°17 : Diagramme ombrothermique de Tazerouk
Fig.n°18 : Diagramme de l'expression synthétique de la continentalité
Fig.n°19 : Positionnement des stations de référence sur le climagramme d'Emberger
Fig.n°20 : Rose des fréquences en % des directions de vent de Tazerouk
Fig.n°21 : Rose des fréquences en % des directions de vent d'In Amertek
Fig.n°22 : Rose des fréquences en % des directions de vent de l'Assekrem
Fig.n°23 : Rose des fréquences en % des directions de vent de Tamanrasset
Fig.n°24 : Variations mensuelles de l'évaporation en (mm)
Fig.n°25 : Variations mensuelles de la durée d'insolation
Fig.n°26 : Variations de quelques phénomènes climatiques à Tamanrasset
Fig.n°27 : Richesse floristique des principales familles rencontrées au Sahara (Quézel 1978)
Fig.n°28 : Planche explicative de la méthodologie d'échantillonnage, du relevé des observations sur les éléments structurant l'écosystème Ahaggarien.
Fig.n°29: Fonctionnement d'un système d'informations géographiques (*inspiré de Denègre & Salgé, 1996*).
Fig.n°30: Modélisation des données dans un système d'informations géographiques (*inspiré de Denègre & Salgé, 1996*).
Fig.n°31: Cheminement méthodologique pour la mise en place d'un SIG
Fig.n°32 : Niveaux de la modélisation d'une base de données (Denègre. & Salgé F., 1996)
Fig.n°33: Intégration du suivi de la biodiversité dans la gestion des PN de l'Ahaggar
Fig.n°34 : Fonctionnement du SIG dédié à la gestion des PN du l'Ahaggar

Liste des cartes

- Carte n° 01: territoire des sites tests (prioritaires) du Parc National de l'Ahaggar.
Carte n°02 : carte géologique et structurale simplifiée de l'Ahaggar et de ses marges (Dautria et al.1992)
Carte n°03 : itinéraire de la mission biodiversité

Carte n°04 : carte des ensembles végétaux de la Taessa

Liste des tableaux

- Tab.n°01 : Coordonnées géographiques des stations météorologiques
- Tab.n°02 : Valeurs des moyennes mensuelles des précipitations et annuelles en (mm)
- Tab.n°03 : Valeurs des Températures moyennes maximales mensuelles et annuelles en (C°)
- Tab.n°04 : Valeurs des températures moyennes minimales mensuelles et annuelles en (C°)
- Tab.n°05 : Valeurs des températures moyennes mensuelles et annuelles (en C°)
- Tab.n°06: Régime pluviométrique des stations de référence
- Tab.n°07: Les différentes valeurs de température
- Tab.n°08 : Données des indices de continentalité des stations de référence
- Tab.n°09 : Indices climatiques des stations de référence
- Tab.n°10 : Quantité d'évaporation à l'Assekrem en mm
- Tab.n°11 : Durée d'insolation en (h)
- Tab.n°12: nombre de jours de quelques phénomènes climatiques à Tamanrasset
- Tab.n°13 : Richesse floristique de quelques montagn
- Tab.n°15: Richesse spécifique /O^d Tan-Tamenokalte (06°01'43''N-23°32'52''E, altitude 1900m)
- Tab.n°16: Richesse spécifique /O^d Tekoyet (3°10'18''N-22°41'05''E ,580m)
- Tab.n°17: Richesse spécifique /O^d Adarniba (4°05'53''N-23°11'43''E ,670m)
- Tab.n°18: Richesse spécifique /O^d In Hamertek (5°40'05''N-23°55'13'' E, 1240m)
- Tab.n°19: Richesse spécifique /O^d Igharghar (5°50'38''N-24°11'03''E ,970m)
- Tab.n°20 : Richesse spécifique /O^d In Amguel (5°13'07''N-23°41'13''E ,970m)
- Tab.n°21 : Richesse spécifique /O^d Mertoutek (5°48'08''N-24°16'03''E ,950m)
- Tab.n°22 : Richesse spécifique /O^d Tin Tarabine (5°50'38''N-24°11'03'' E,670m))
- Tab. n°23: Richesse spécifique /O^d Tafedjek (5°50'38''N-23°45'03''E ,1340m)
- Tab. n°24: Richesse spécifique /O^d Adjelmam (4°27'25''N-22°36'03''E ,720m)
- Tab. n°25: Richesse spécifique /O^d Amezhar ouan Afella (3°32'38''N-22°03'11''E ,560m)
- Tab.n°26: Richesse spécifique /O^d Tamanrasset (3°36'28''N-22°11'03''E ,600m)
- Tab.n°27: Richesse spécifique /O^d Amded (4°35'44''N-22°40'26''E ,700m).
- Tab.n°28: Richesse spécifique /O^d Tin Tifinagh (3°16'02''N-24°22'36''E ,560m).
- Tab.n°29: Richesse spécifique /O^d Assouf Mellene (3°12'16''N-24°37'46''E ,500m).

Introduction générale

Ces grands espaces "dénudés" de forme de vie, rocaillieux, sableux, hostiles, révèlent pour qui veut s'attarder bien des curiosités. Ces curiosités ont attiré de nombreux botanistes et phytosociologues depuis Battandier et Trabut (1911) ; Maire (1933-1940) ; Leredde (1957) ; Quézel (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)...

Couvrir les immenses territoires de l'Ahaggar et des Tassilis est une entreprise de longue haleine. Toutefois, de manière parcellaire, les massifs montagneux, les vallées, les nombreuses griffes d'oueds en échancrures ou en réseau anastomosés, les dépressions, les plans d'eau des gueltas recèlent des végétations diffuses ou contractées.

Dans le cadre du mémoire se rapportant au suivi de la biodiversité et, suite aux prospections des grandes unités orotopographiques au niveau des massifs montagneux ou des étendues sableuses, nous nous sommes basés sur une approche méthodologique simplifiée pour la collecte de données floristiques et paysagères en incorporant un ensemble d'indicateurs susceptibles d'entraîner de manière périodique l'état de préservation et de suivi de la diversité biologique 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 national de l'*Ahaggar* (OPNA).

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 des deux parcs 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- Pour adopter une approche méthodologique conforme aux termes de référence, la problématique et les objectifs visés sont précisés ;

Introduction générale

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 la flore 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 pallier aux limites inhérentes à ce travail, des orientations sont proposées et des perspectives sont dégagées pour optimiser à long terme le suivi de la biodiversité au niveau des sites prioritaires retenus.

Pour ces différentes applications, les sites d'étude ont été échantillonnés au niveau du massif montagneux de l'Ahaggar (Algérie), comportant une biodiversité *végétale* fragilisée mais très riche, les stations « oueds » de **Tan Tamenokalte, Tekoyet, Adarniba, In Hamertek, Igharghar, In Amguel, Mertoutek, Tin Tarabine, Tefrdjek, Adjelmamr, Amazhar ouan Afella, Tamanrasset, Amded, Tin Tifinagh, Assouf Mellene** d'étude ont été choisies selon des critères orotopographiques ;

Chapitre 01 Cadre biogeophysique de la zone d'étude

1- Présentation de la zone d'étude :

1.1- Généralités et historique de la région de l'Ahaggar :

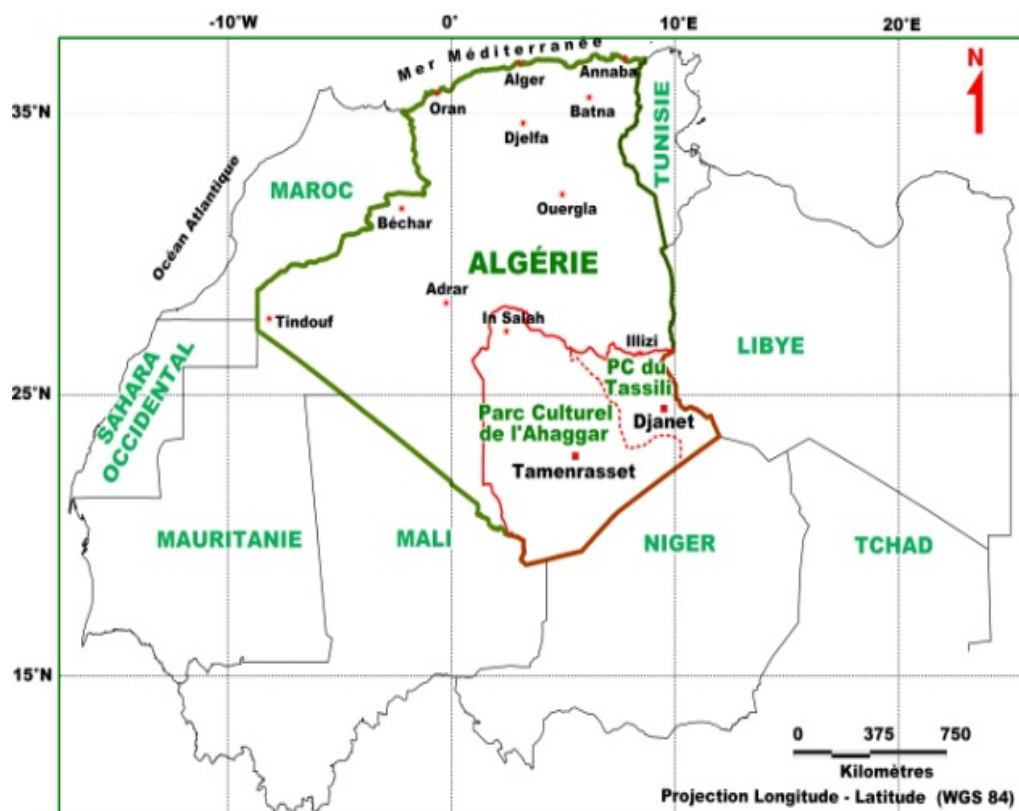
La région de l'Ahaggar renferme un patrimoine naturel et culturel qui raconte les nombreuses civilisations qui s'y sont succédés depuis la naissance de l'humanité.

En effet, on rencontre des sites archéologiques datant de 600.000 à 1.000.000 d'années, témoignages des premières manifestations humaines ou pré-humaines, et fût durant la préhistoire, une des régions à plus forte densité de population du globe terrestre. Elle fut le théâtre de l'évolution de l'homme, des brassages des migrations et d'événement marquant de lointaines civilisations venues d'orient, de la Méditerranée, et d'Asie et d'Afrique. De ce fait, il existe des dizaines de milliers de gravures et de peintures rupestres datant du Néolithique (scènes de chasse, êtres humains, éléphants, rhinocéros, girafes, etc. ... de grottes, d'abris sous roche et de gisements de surface de matériels et d'outillages lithiques. Il est également important de signaler la présence de certains sites protohistoriques et historiques dont témoignent notamment les monuments funéraires, Tumuli ou nécropoles, les inscriptions rupestres, les ksour, les palmeraies, les lieux de batailles historiques et les grands axes caravaniers et centres d'échanges économiques antiques. Notons également l'existence de nombreuses variétés de minéraux et de fossiles marins, végétaux, animaux et humains.

1.2- Situation et délimitation du parc national de l'Ahaggar :

La région de l'Ahaggar est le plus grand massif montagneux de l'extrême sud de l'Algérie et est située au cœur du plus grand désert du monde, le Sahara. De part ses 450 .000 Km² de superficie, l'Ahaggar relie le désert de Tanezrouft à l'Ouest et le Tassili des N'Ajjers à l'Est. Il s'étire des environs d'In Salah jusqu'à nos frontières avec le Mali et le Niger. Ces coordonnées géographiques sont : 23°00' de latitude Nord et 5°00' de latitude Est. L'Ahaggar se situe dans la wilaya de Tamanrasset. Le massif de l'Ahaggar a été classé en parc national, le 03 Novembre

1987 par décret n° 87 - 231. Actuellement, il est sous la tutelle du Ministère de la culture et son siège se trouve à Tamanrasset, chef lieu de la wilaya. C'est un établissement public à caractère administratif. Le parc national de l'Ahaggar est inscrit sur la liste des Nations Unies des parcs nationaux et des aires protégées et précisément dans la catégorie II «Parc national». Cette liste représente une référence internationale sur les aires protégées, utilisée largement par un millier de membres de la commission des parcs nationaux et des aires protégées de l'U.I.C.N. et par plusieurs autres utilisateurs concernés par le statut et l'avenir des aires protégées dans le monde.



Carte n°01 : territoire du Parc National de l'Ahaggar et ses abords

1.3- Climat et bioclimat :

Le climat est un des composants du milieu au même titre que le sol et la végétation. Il exerce un rôle déterminant dans la formation des sols, dans la localisation et le développement des végétaux et il agit aussi souvent sur l'expression des autres composantes. Pour connaître les caractéristiques du climat, l'étude doit reposer sur une période d'observation assez longue.

ESTIENNE et GODAR (1970) recommandent une durée de 20 ans pour l'étude des pluies. Pour SAUVAGE (1963) cette période doit s'étaler sur 30 ans. Selon DJELLOULI (1981), il faut une période d'au moins 25 à 30 ans. Pour notre étude climatique et bioclimatique, nous avons considéré les données climatiques des stations de Tamanrasset, In Amertek, Tazrouk et Assekrem (Tableau 1). Du point de vue géographique, les quatre stations se situent aux points de coordonnées représentées dans le tableau ci-dessus.

Tableau n°01 : Coordonnées géographiques des stations météorologiques

Stations	Altitude	Longitude	Latitude	période	Source
Tamanrasset Taessa	1377 m	05° 32' E	22° 47' N	93-07	ONM
In Hamertek Tefedest	1296 m	05° 38' E	23° 57' N	93-07	ONM
Tazerouk Serkout	1800 m	06° 56' E	23° 25' N	93-07	ONM
Assekrem Zones humides	2710 m	05° 38' E	23° 16' N	96-07	ONM

ONM : Office National de Météorologie

1.3.1- Les paramètres climatiques :

1.3.1.1- Les précipitations

3.1.1.1- la pluviosité :

Les précipitations sont les éléments essentiels pouvant caractériser le climat.

Malgré son irrégularité et son insuffisance, la quantité des pluies reste l'élément important et indispensable pour la vie des végétaux.

Sur le plan végétatif, la pluie est le facteur écologique le plus important (BOUDY, 1955).

3.1.1.2-Analyse des précipitations :

Pour la région de l'Ahaggar, les précipitations varie en moyenne de 20 millimètres de pluie par an en plaine pour 100 millimètres de pluie par an pour les stations d'altitude tel la station de l'Assekrem,

Pour la station de **Tamanrasset (figure n°1)** et durant la période **1930-1998**, nous observons un premier pic pour le mois de mai et un second durant les mois d'août et de septembre par contre durant la période **93-07**, nous observons un premier pic pour le mois de mars un autre pour les mois juin aout et octobre.

L'examen de **la figure n°2** des totaux pluviométriques pour **l'Assekrem** pour la période 71-97 montre l'existence de deux pics, l'un au mois de mars, et le second durant les mois d'août et de septembre, par contre durant la période 96-07 montre l'existence de deux pics, l'un au mois de juin et août, et le second au mois de septembre et octobre.

L'examen de **la figure n°3** des totaux pluviométriques des deux stations pour la période de 93-07, **In Hamertek** et **Tazerouk** montrent l'existence un pic durant les deux mois d'août et septembre pour les deux stations.

Ceci nous permet de dire du fait de la situation latitudinal des deux stations.

Elles reçoivent des pluies provenant du front polaire durant les mois de printemps et des précipitations estivales ayant pour origine les influences de la mousson soudanaise.

Ce qui donne un trait particulier pour la région, et aura une influence importante sur la germination des espèces de souche méditerranéenne et tropicale.

Selon DUBIEF (1967), la station de Tamanrasset à un nombre de jours de pluie de 15 jours et celle de l'Assekrem de 31 jours pour une dénivelle de 1500 mètres ce qui laisse supposer que lorsque l'on s'élève de 100 mètres en altitude, nous avons un jour de pluie supplémentaire

Tableau 2 : Valeurs des moyennes mensuelles des précipitations et annuelles en (mm)

stations	source	périodes	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	Moy.
Tamanrasset	ONM	93-07	2,0	1,4	5,3	2,0	1,1	7,4	5,2	12,8	4,0	12,3	0,3	1,0	54,8
	ONM	30-98	2.57	1.18	2.16	2.33	6.87	5.35	4.44	8.21	7.97	3.34	1.87	2.01	48,3
In Hamertek	ONM	93-07	1,6	1,4	9,1	1,7	1,4	7,8	1,2	8,6	11,2	6,2	3,9	0,8	54,9
Tazerouk	ONM	93-07	1,6	1,5	9,0	3,2	7,4	9,9	1,9	14,3	13,9	9,8	1,1	0,5	74,1

Assekrem	ONM	96-07	5,4	6,3	1,4	1,8	4,6	22,6	10,3	35,3	25,7	15,4	0,3	3,6	132,5
	ONM	71-97	3,21	6,53	14,9	6,16	9,70	10,2	8,68	16,4	18,2	8,7	8,8	4,4	115,88

Tableau 3 : Valeurs des Températures moyennes maximales mensuelles et annuelles en (C°)

stations	source	période	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	Moy.
Tamanrasset	ONM	93-07	20,6	22,4	25,8	30,7	34,1	35,4	35,6	35,2	34,1	29,9	25,4	21,9	29,3
	ONM	30-98	19,9	22,3	25,3	29,3	32,8	35,1	34,8	34,2	32,7	29	24,7	20,9	28,4
In Amertek	ONM	93-07	18,5	20,8	24,9	30,0	34,0	35,9	36,6	36,0	34,5	29,8	24,6	20,5	28,8
Tazrouk	ONM	93-07	17,5	19,3	22,5	27,0	30,3	31,5	32,0	31,5	30,3	26,2	22,1	19,1	25,8
Assekrem	ONM	96-07	10,9	12,6	16,0	20,6	22,9	23,9	24,9	24,0	22,7	19,4	15,3	12,5	18,8
	ONM	71-97	10,5	12,3	14,7	18,8	22,2	24,2	23,8	23,3	21,6	18,5	14,6	11,8	18,0

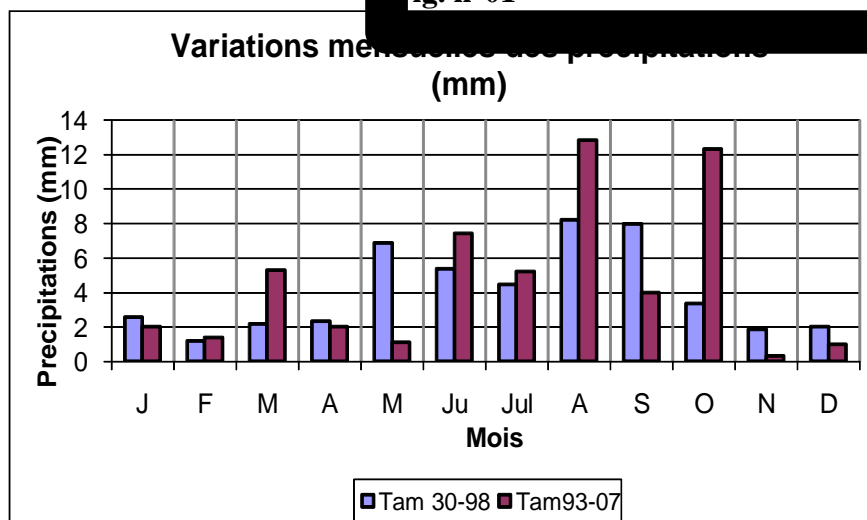
Tableau 4 : Valeurs des températures moyennes minimales mensuelles et annuelles en (C°)

stations	source	période	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	Moy.
Tamanrasset	ONM	93-07	6,9	8,0	12,3	17,1	21,6	23,6	24,0	23,9	22,5	17,9	11,8	8,3	16,5
	ONM	30-98	5,17	7,33	10,5	14,6	18,8	22,1	22,6	22,0	20,4	16,1	10,8	6,77	14,16
In Amertek	ONM	93-07	4,3	6,5	10,5	16,0	20,4	23,0	23,8	23,4	21,7	16,6	10,4	6,1	15,2
Tazrouk	ONM	93-07	1,9	3,7	7,4	12,7	16,7	18,2	18,7	18,4	17,2	12,8	7,3	3,0	11,5
Assekrem	ONM	96-07	2,5	2,9	5,7	10,6	13,4	14,6	15,7	15,0	13,6	10,6	6,4	4,1	9,6
	ONM	71-97	1,54	2,61	5,08	8,97	12,7	15,3	15,1	14,5	13	9,7	5,6	3	8,9

Tableau 5 : valeurs des températures moyennes mensuelles et annuelles (en C°):

stations	source	période	J	F	M	A	M	J	JU	A	S	O	N	D	Moyenne
Tamanrasset	ONM	93-07	13,6	15,3	19,3	24,4	28,3	29,9	30,3	29,7	28,4	24,0	18,6	14,9	23,1
In Amertek	ONM	93-07	11,6	14,0	18,1	23,3	27,7	29,9	30,9	30,0	28,3	23,5	17,7	11,8	22,2
Tazrouk	ONM	93-07	9,8	11,5	15,1	20,1	23,8	25,2	25,9	25,2	23,8	19,6	14,7	11,3	18,8
Assekrem	ONM	96-07	6,0	7,0	10,1	14,8	17,6	18,7	19,8	18,8	17,5	14,2	10,0	7,6	13,5

Fig. n°01



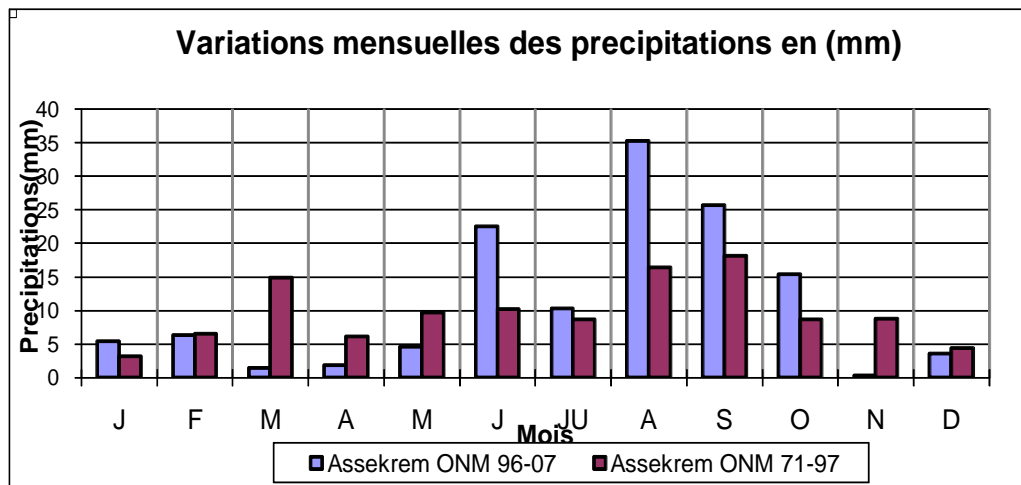


Fig. n°02 :

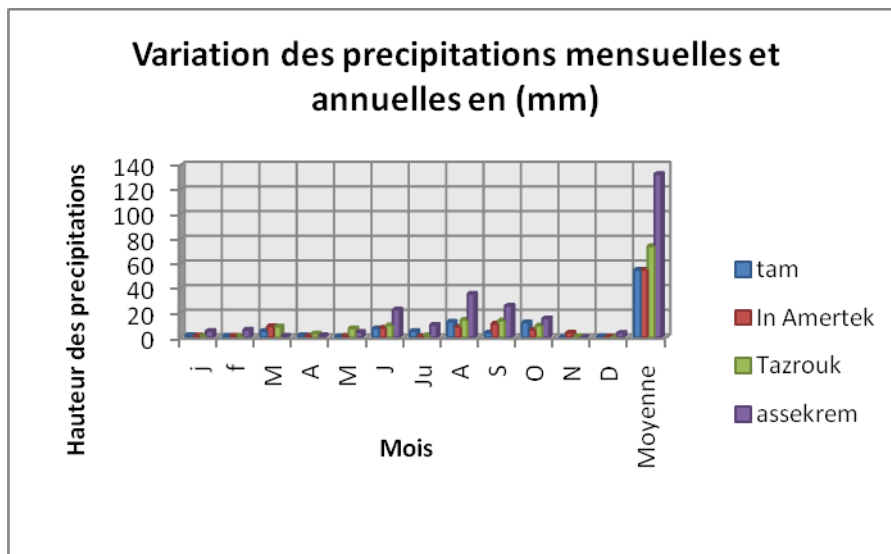


Fig. n°03

1 .3.1.1.3- Régime pluviométrique saisonnier :

Il s'agit de calculer des quantités de pluie suivant les quatre saisons SADKI (1988) et qui sont en rapport avec la croissance de la végétation (DJELLOULI ,1981).

Hiver (H) : Décembre, Janvier, Février.

Printemps (P) : Mars, Avril, Mai.

Eté €: Juin, Juillet, Août.

Automne (A) : Septembre, Octobre, Novembre.

Nous avons calculé le régime pluviométrique pour les quatre stations pendant la période (93-07) et nous avons obtenus les résultats portés sur le tableau ci-dessous :

Le tableau N°2 et les figures N°1 et N°4 montrent un régime saisonnier des pluies de type EAPH pour la station de Tamanrasset et du type EPHA pour l'Assekrem.

Les pluies importantes surviennent d'abord en été puis en automne ensuite printemps et hiver pour Tamanrasset, et durant les saisons d'automne, d'été, printemps et enfin hiver pour l'Assekrem.

Ceci montre que contrairement au régime méditerranéen, le Sahara central reçoit les précipitations durant les mois chauds.

Ceci est nettement visible sur les figures N°2 et N°3 et le tableau N°2 de la répartition mensuelle des pluies.

Tableau n°06: Régime pluviométrique des stations de référence

Stations	source	Périodes	Hiver	Printemps	Eté	Automne	Régime pluviométrique
Tamanrasset	ONM	93-07	4,4	8,4	25,4	16,6	EAPH
Taessa	ONM	30-98	4,75	11,36	18	13,18	EAPH
In Amertek	ONM	93-07	3,8	12,1	17,6	21,1	AEPH
Tefedest							
Tazerouk	ONM	93-07	3,6	19,6	26,1	24,8	EAPH
Serkout							
Assekrem	ONM	96-07	15,3	7,8	68,2	41,4	EAHP
Zones humides	ONM	71-97	14,14	30,76	35,28	13,18	EPHA

Le régime pluviométrique pour Tamanrasset et Tazerouk (Serkout) au NE est de type EAPH, la quantité maximum de pluie tombe en été (**tableau n°8, figure n°4**) plus particulièrement aux mois d'Aout, Septembre.

Au Nord, le régime pluviométrique est de type AEPH à In Hamertek (Tefedest), la quantité maximum de pluie tombe en automne (**tableau n°8, figure n°4**) avec une concentration en mois de septembre et octobre.

Au Nord, le régime pluviométrique est de type EPHA (période 71-97) à l'Assekrem, la quantité maximum de pluie tombe en été (**tableau n°8, figure n°4**) concentrée en mois de juillet et aout.

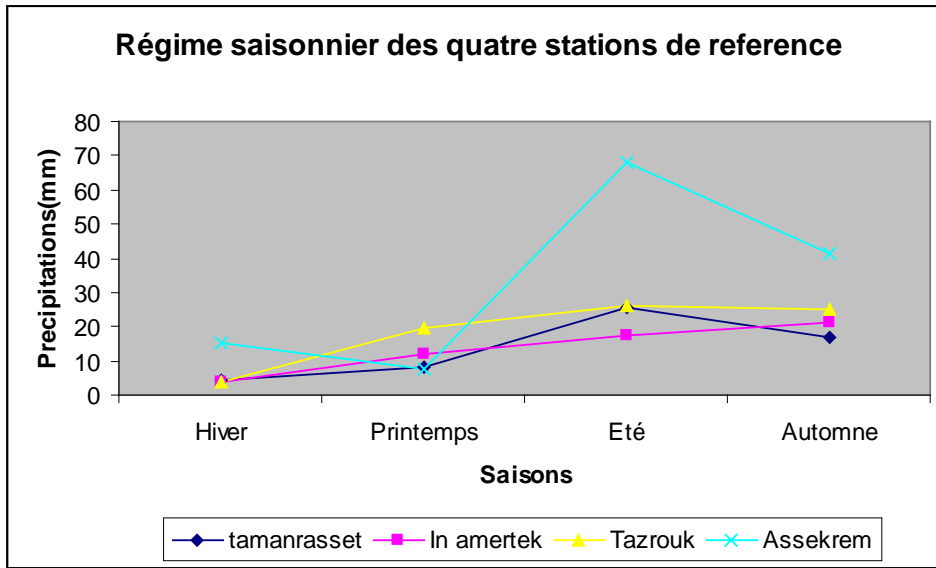


Fig n°04

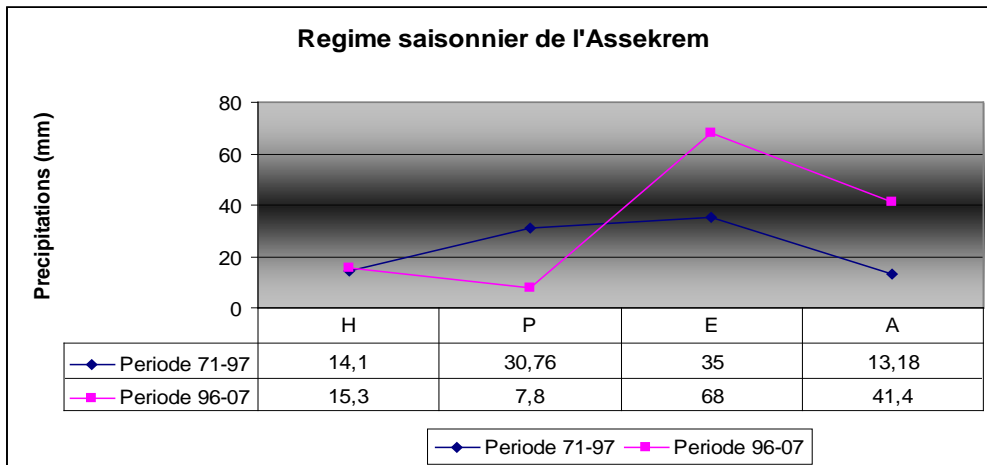


Fig. n°05

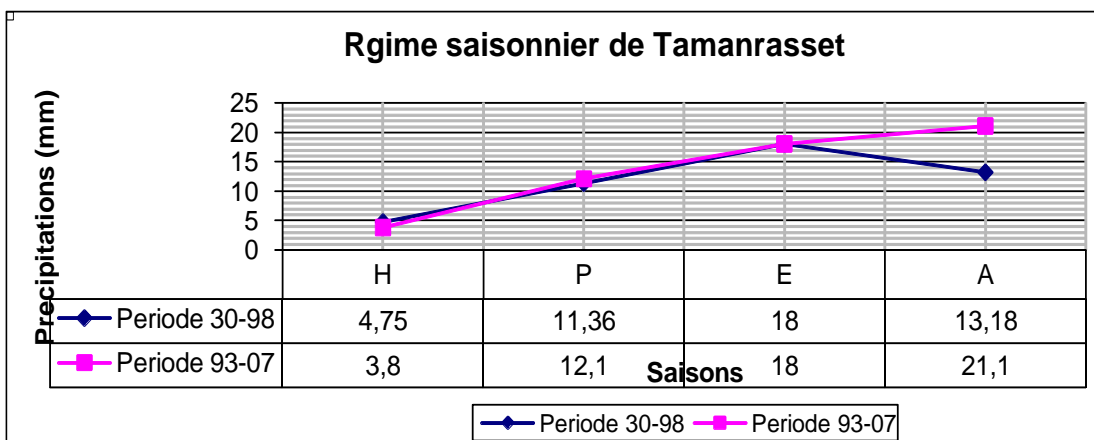


Fig. n°06

1.3.1.2- la température :

La vie des végétaux est conditionnée aussi bien par les quantités de pluie que par le régime thermique. En écologie, la connaissance de la valeur des températures extrêmes est un bon indicateur de seuils létaux, (DJELLOULI et al, 1984). Selon DJELLOULI, 1981 ; 1990 et SAUVAGE, (1963), on peut assimiler ces seuils à la moyenne des minimums du mois le plus froid (m) et à la moyenne des maximums du mois le plus chaud (M). Entre ces deux pôles se situe la vie des végétaux (FLORET et PONTANIER, 1984).

Tableau n° 07 ; Les différentes valeurs de température

Stations	M	m	t (max)	t (min)	A
Tamanrasset	35,6	6,9	30,3	13,6	16,7
In Hamertek	36,6	4,3	30,9	11,6	19,3
Tazerouk	32,0	1,9	25,9	9,8	16,1
Assekrem	24,9	2,5	19,8	6,0	13,8

Les conventions d'écriture suivantes ont été utilisées :

t = température moyenne annuelle

M = .moyenne des températures maximales du mois le plus chaud

m= moyenne des températures minimales du mois le plus froid

A = amplitude thermique moyenne annuelle, $A = t(\text{max}) - t(\text{min})$.

t (max)= température moyenne mensuelle la plus forte

t (min) = température moyenne mensuelle la plus faible

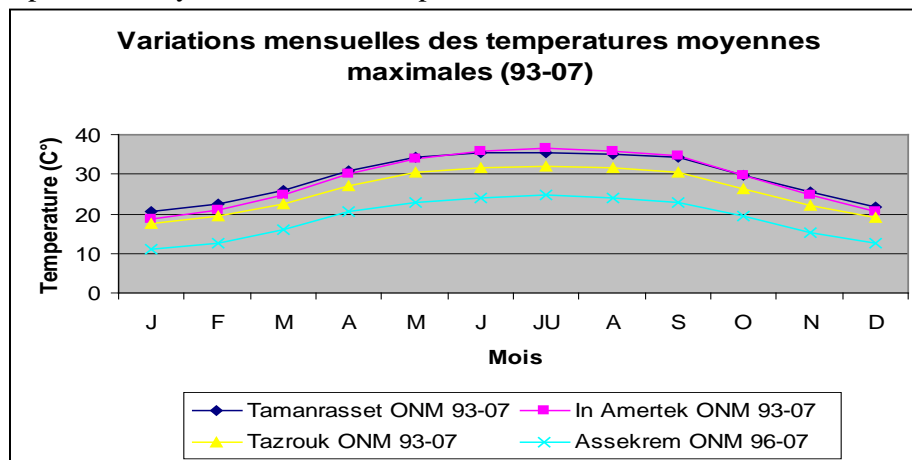


Fig. n°07

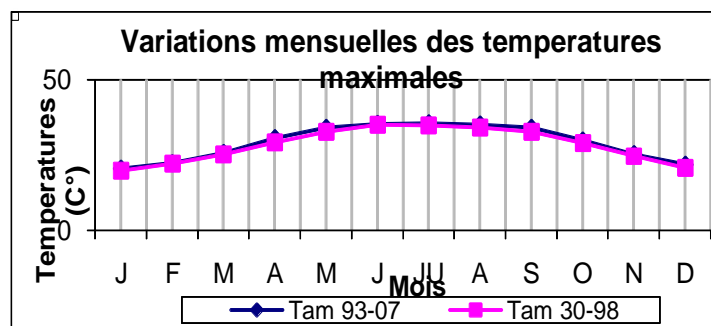


Fig n°08

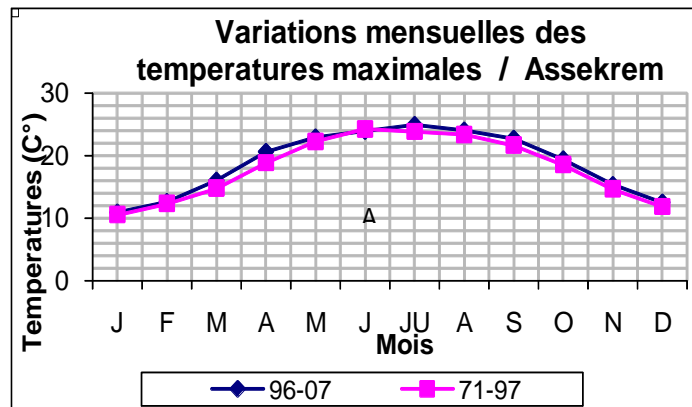


Fig. n°09

- Les mois les plus chauds de l'année sont Aout, juillet, Juin, Mai, Septembre, Avril
- Les mois plus froids de l'année sont décembre et janvier et février.

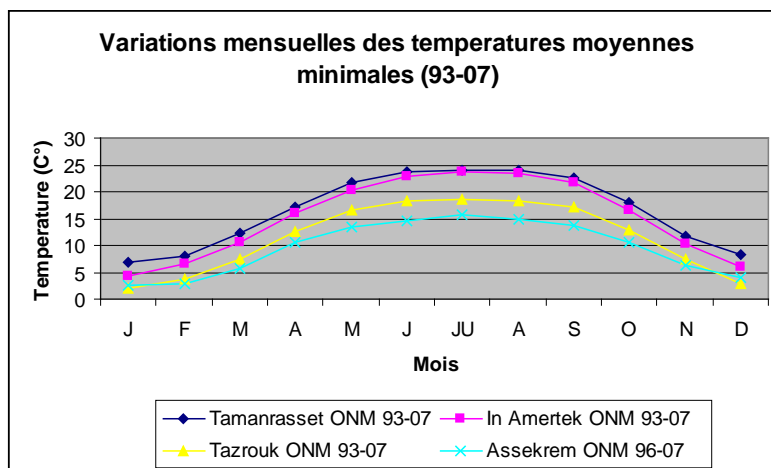


Fig. n°10

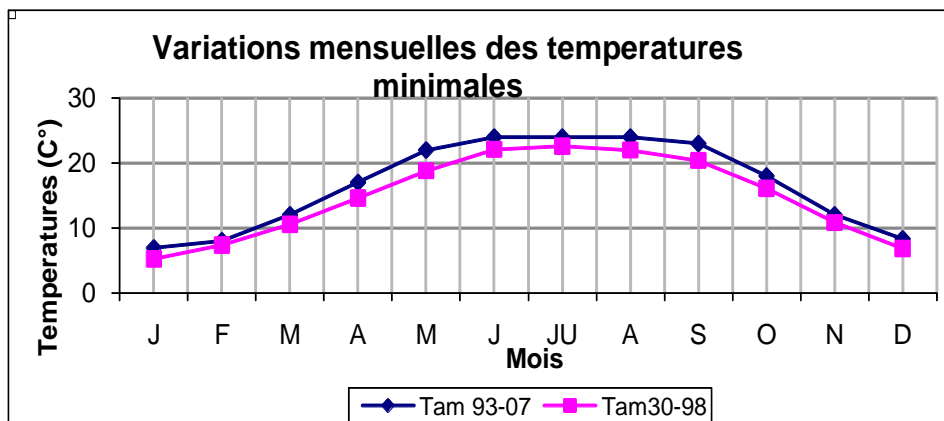


Fig. n°11

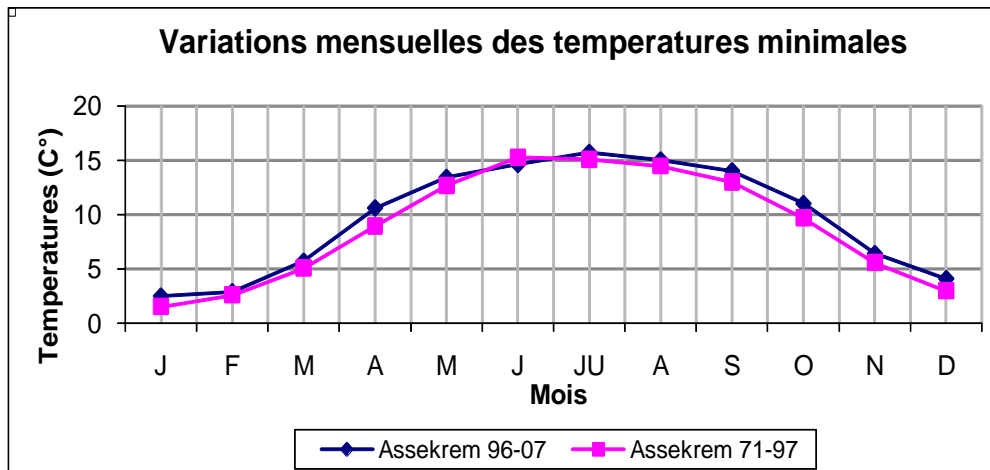


Fig. n°12

□ Les valeurs les plus élevées sont enregistrées pendant les mois de juin, juillet et août

□ Les valeurs les plus faibles sont enregistrées pendant les mois décembre, janvier et février

1.3.1.2.1- Les températures moyennes annuelles :

Les variations des totaux mensuels des températures moyennes annuelles montrent que pour les deux stations que se sont les mois d'été les plus chauds, la température moyenne avoisine les 30°C pour la station de Tamanrasset et les 20°C pour l'Assekrem et ce durant le mois de juin (figure N°11 et figure N°12).

Le tableau N°3 des températures moyennes maximale montre un maximum de 35,1 durant le mois de juin pour Tamanrasset et de 24,2 pour l'Assekrem et ce durant le même mois.

Par ailleurs, le tableau N°4 des données températures moyennes minimales donne une température de 5,17°C pour Tamanrasset durant le mois de janvier et une température minimale moyenne de 1,51°C pour l'Assekrem durant le mois de janvier.

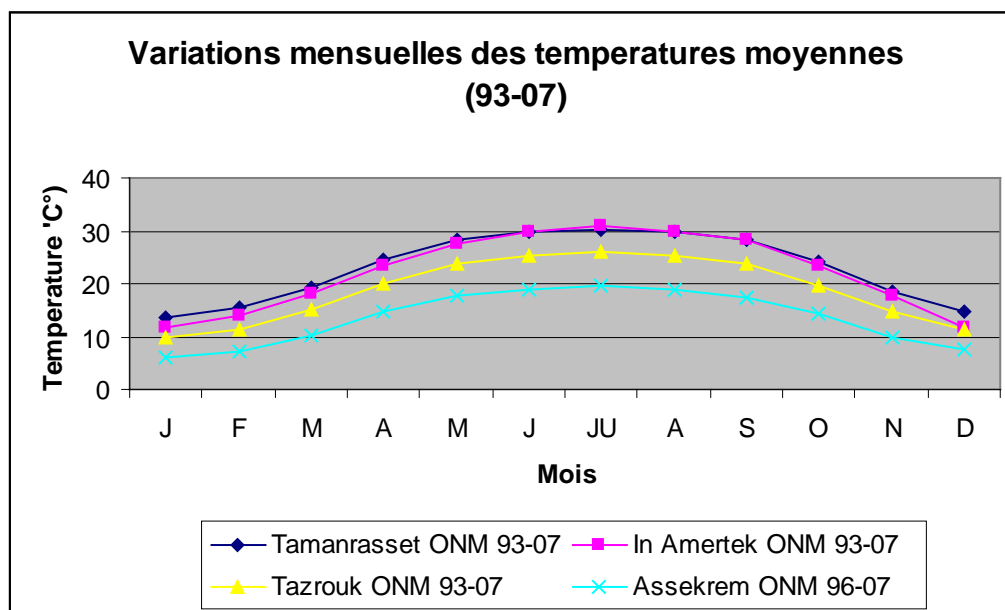


Fig. n°13

Les variations des totaux mensuels des températures moyennes annuelles montrent que pour les stations que se sont les mois d'été les plus chauds, la température moyenne avoisine les 30°C pour la station de Tamanrasset et In Amertek, les 25°C pour la station de Tazerouk et les 20°C pour l'Assekrem et ce durant le mois de juin.

Ces résultats vont servir à l'élaboration de la synthèse climatique.

1.3.2- Synthèse climatique

Du fait que les éléments climatiques n'agissent jamais indépendamment les uns des autres, certains auteurs ont essayé de combiner l'ensemble des variables climatiques et d'en tirer des expressions susceptibles de traduire au mieux et de façon globale les caractéristiques climatiques. Ainsi, plusieurs indices ont été testés dans la région méditerranéenne afin de réaliser une synthèse climatique globale. Ces formules et indices sont très nombreux; nous allons donc utiliser ceux jugés valables dans la région d'étude.

1- 3-2-1 le diagramme ombrothermique

BAGNOULS et GAUSSEN (1953) définissent un mois sec comme étant " celui où le total mensuel des précipitations exprimé en millimètres est égal ou inférieur au double de la température moyenne mensuelle exprimé en degrés centigrades".

$$P < 2T$$

Le mode de représentation graphique de ces deux paramètres (Figures 13, 14, 15,16) permet de déterminer et de localiser la période sèche.

Les figures 13, 14, 15,16 des diagrammes ombrothermique d'Emberger montrent une période sèche étalée sur toute l'année pour toutes les stations, et deux périodes nettement pluvieuses pour l'Assekrem durant les mois de mars et d'Aout-septembre (Figure 13)

1) Assekrem

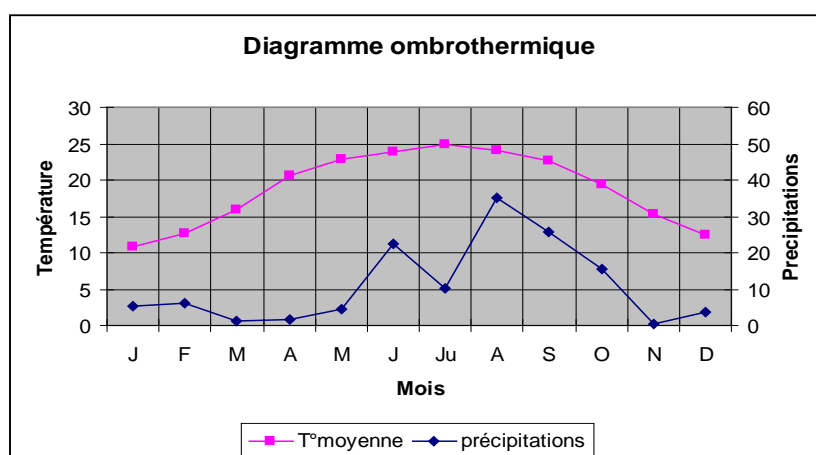


Fig. n°14 : Diagramme ombrothermique de l'Assekrem

2) Tamanrasset :

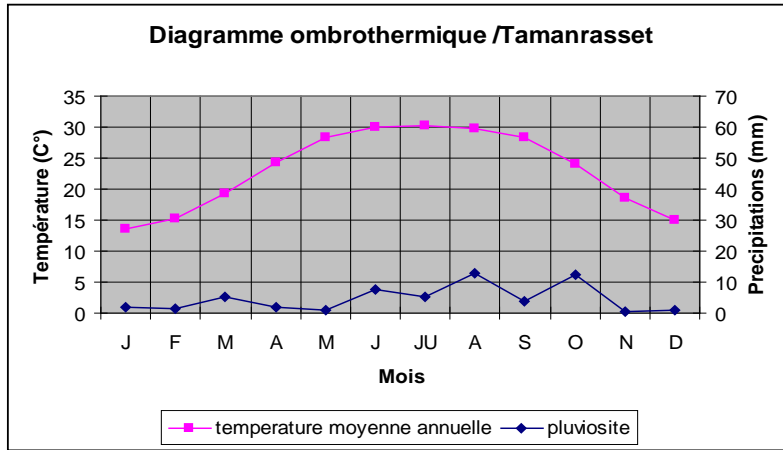


Fig n°15

3) In Hamertek

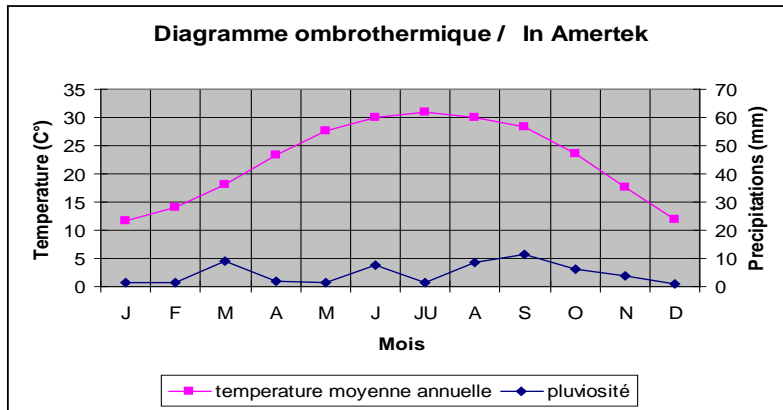


Fig. n°16

4) Tazerouk :

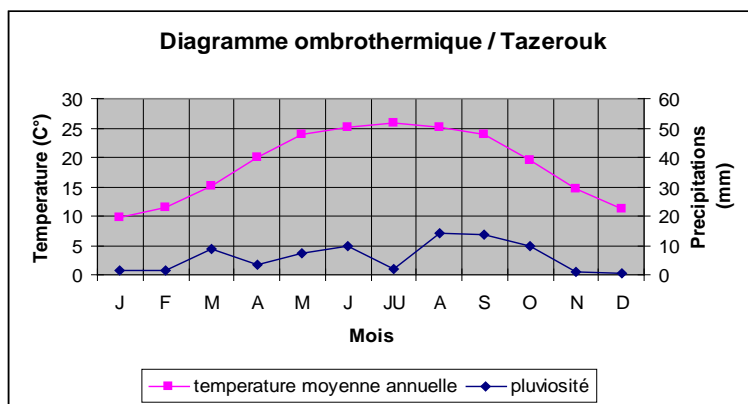


Fig. n°17

3-2-2 Expression de la continentalité pluviale et de la continentalité thermique :

La continentalité pluviale est exprimée par le coefficient (**C**), il exprime le rapport des précipitations des six mois les plus chauds (**P_H**) aux précipitations des six mois les plus froids (**P_E**) (DAGET, 1977).

$$C = P_E / P_H$$

La continentalité thermique mesure le coefficient (**K'**), il fait intervenir, l'amplitude thermique moyenne, la latitude, l'altitude.

La continentalité thermique est exprimée par le coefficient **K'**, proposé par

GORZINSKI 1920, et CONRAD et al 1946 in (DJELLOULI, 1981), puis complété par

DAGET 1977, qui font intervenir le paramètre altitudinal. Cet indice s'écrit :

$$K' = (1,7 * A / \sin(\Phi + 10 + 9h)) - 14$$

A = Amplitude thermique moyenne en degré Celsius

Φ = Latitude exprimée en degré d'arc

h = Altitude exprimée en kilomètre

K' varie de **0** à **100**

Tableau n°08 : Données des indices de continentalité des stations de référence

Stations	source	Période	A en (C°) C		K'	Altitude	Latitude
Tamanrasset	ONM	93-07	16,7	0,73	25,98	1377 m	22° 47' N
In Hamertek	ONM	93-07	19,3	0,72	32,21	1296 m	23° 57' N
Tazrouk	ONM	93-07	16,1	0,56	22,01	1800 m	23° 25' N
Assekrem	ONM	96-07	13,8	0,32	13,92	2710 m	23° 16' N

Les valeurs de **C** et **K'** permettent de classer les stations sur un diagramme de l'expression synthétique de la continentalité.

Les valeurs des deux stations sont résumées dans le **tableau n°10** et la **figure n°18**.

L'expression de la continentalité sur le diagramme montre que les stations de Tamanrasset et in Amertek, Assekrem et Tazerouk appartiennent aux climats continentaux

3-2-3 Quotient pluviothermique et climagramme d'EMBERGER

Les pluies de printemps semblent être l'effet du front polaire et ceux d'été de la mousson tropicale ce qui donnent un cachet climatique particulier pour cette station d'altitude. Les valeurs du Q2 du tableau N°11 permettent de classer la station de Tamanrasset et In Amertek (Tefedest) dans le bioclimat méditerranéen saharien chaud et celle de l'Assekrem et Tazerouk dans le bioclimat aride à variante chaude.

$$Q_2 = \frac{2000P}{(M + m)(M - m)}$$

P = moyenne annuelle des précipitations.

M = moyenne des températures maximales du mois le plus chaud.

m = moyenne des températures minimales du mois le plus froid.

L'expression $(M + m / 2)$ est la température moyenne.

$(M - m)$ est l'amplitude thermique qui intervient dans l'évapotranspiration potentielle.

3-2-4 L'indice climatique de LANG (1915):

Cet indice a été mis au point pour exprimer le degré d'aridité ou de sécheresse d'une station.

Il s'exprime comme suit $I = P/T$ ou

I représente l'indice

P représente la pluviosité moyenne annuelle en millimètres

T représente La température moyenne annuelle en degré Celsius

Sa valeur est de (2,37)-(2,47) - (3,94)- (9,81) pour Tamanrasset, In Amertek, Tazerouk, Assekrem, ce qui montre que la station de l'Assekrem est nettement plus humide que celles des autres par degré décroissant (tableau N°11).

3-2-5 L'indice climatique de DEMARTONNE (1926-1927)

C'est une variante du premier indice, et il s'écrit $I = P/T + 10$, l'auteur rajoute plus 10 au dénominateur pour mettre en évidence le rôle des températures négatives.

Cet indice est d'autant plus faible que le climat est aride.

Sa valeur est de 1,65 1,70 2,57 5,63 pour Tamanrasset, In Amertek, Tazerouk Assekrem (tableau N°09)

**Tableau N°09 Indices climatiques des stations de référence
(Tamanrasset, In Hamertek, Tazerouk, Assekrem)**

Stations	Indice de Lang	Indice de Demartone	P /10	Q ₂	Période
Tamanrasset	2,37	1,65	5,48	8 ,98	93-07
In Hamertek	2 ,47	1,70	5,49	8,31	93-07
Tazerouk	3,94	2,57	7,41	14,52	93-07
Assekrem	9,81	5,63	13,25	43,17	96-07

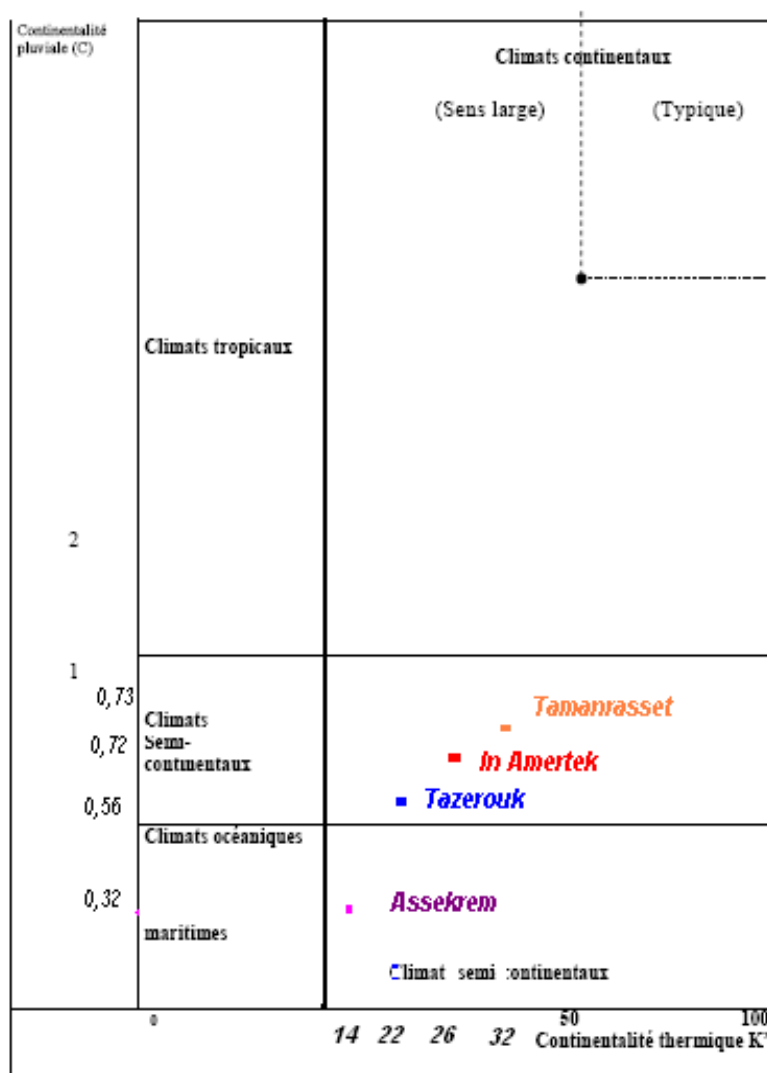


Figure n° 18 : Diagramme de l'expression synthétique de la continentalité

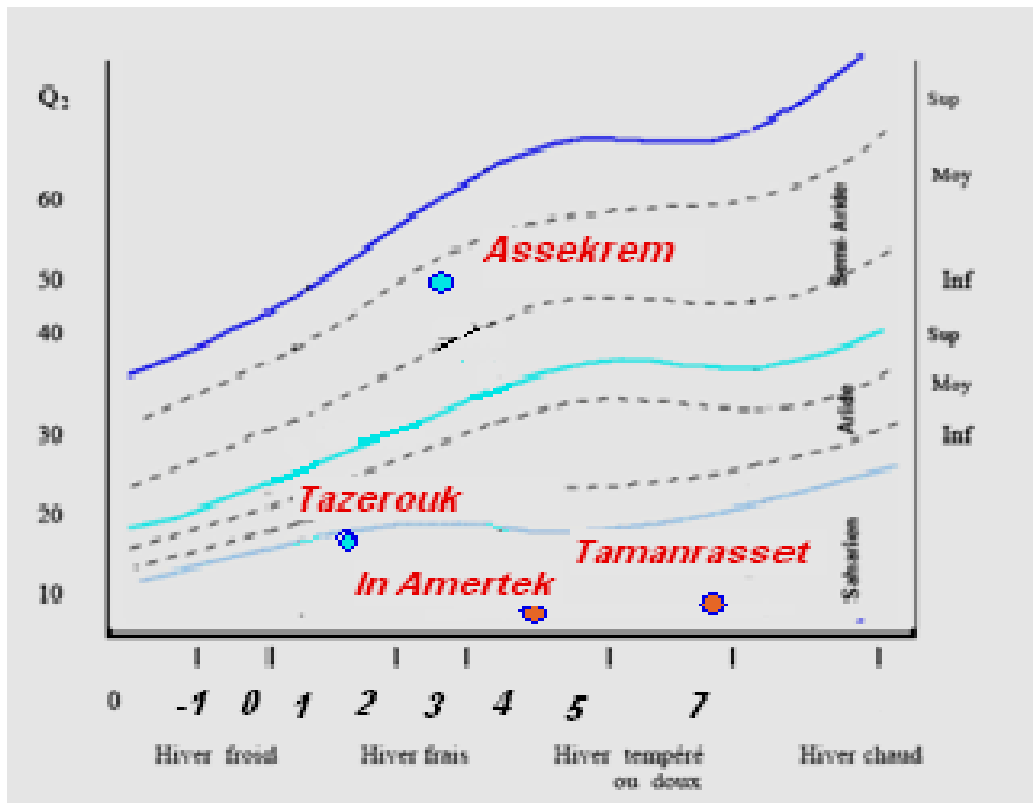


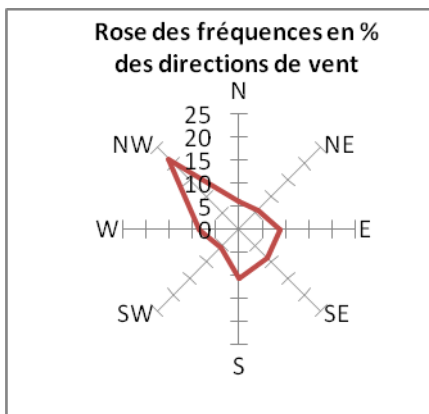
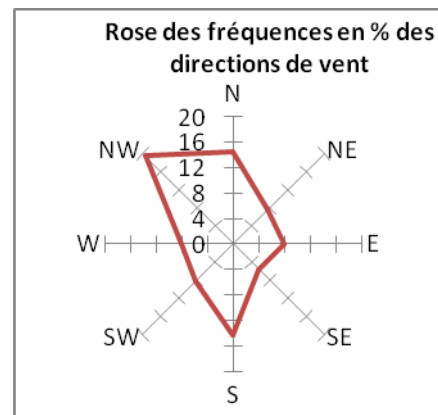
Figure n° 19: Positionnement des stations de référence sur le climagramme d'Emberger

La zone d'étude est située dans le bioclimat saharien à hiver frais à tempéré chevauchant sur le climat semi-aride (Assekrem) sous l'effet d'altitude vers le Nord ou on rencontre une phytocénose méditerranéenne.

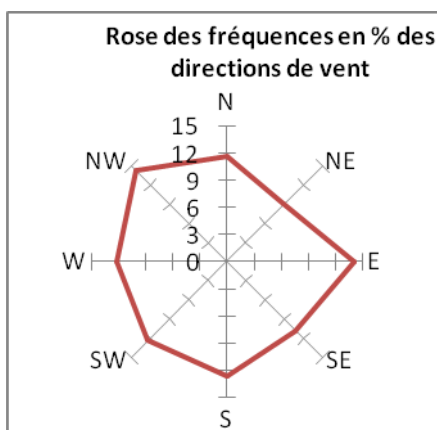
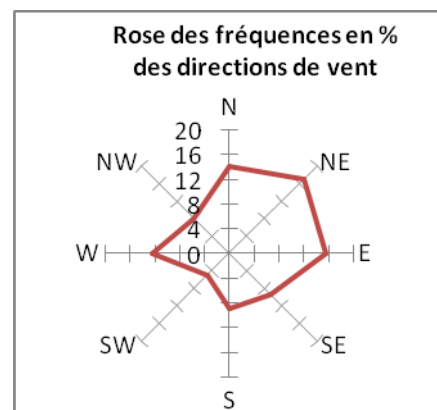
1-3-3 Les phénomènes climatiques

Les phénomènes climatiques, sont des paramètres de courte durée ou évènements persistant à caractère aléatoire. Ils peuvent être bénéfiques, comme le brouillard et la neige, comme ils peuvent être néfastes à la végétation comme le vent, l'orage, le sirocco, les tempêtes de sables. Ces derniers sont dits calamités climatiques (PERARNAUD et al,1996)

Enregistrés chaque années par l'O.N.M, ces paramètres climatiques n'ont jamais fait l'objet d'une étude approfondie néanmoins, ils peuvent accélérer ou régresser les processus de désertification. Pour notre part nous avons essayé de mettre en évidence les variations mensuelles des différents paramètres susceptibles d'exercer un effet néfaste ou bénéfique sur la végétation.

3-3-1 les vents au sol :**Figure n°20: Tazerouk****Figure n°21: In Amertek**

- Pour la station de Tazerouk le vent souffle en direction du NW en grande partie
- Pour la station d'In Amertek le vent souffle en direction du NW en grande partie, moyennement en direction Nord et en direction Sud.

**Figure n°22: Assekrem****Figure n°23: Tamanrasset**

- Pour la station de l'Assekrem le vent souffle en direction Est et NW en grande partie et moyennement en directions N, SW, S, SE.
- Pour la station de Tamanrasset le vent en grande partie souffle en direction NE, E et Nord, encore moins en direction Ouest (W)

A cet effet, la zone d'étude se trouve confrontée à deux types d'influence des vents dominants : une dominance NW-NE, due à l'influence des vents tropicaux.

3-3-2 Les autres facteurs climatiques :

Nous avons fait de données étudié que les autres facteurs climatiques de la station de Tamanrasset

Les orages (Ora)

Les orages ont souvent inquiété la population par leurs brutalités et leurs soudainetés. Ils se produisent plus particulièrement pendant les mois les plus chauds de l'année. La fréquence maximale est enregistrée aux mois d'août et septembre, cette fréquence augmente en allant de plus en plus vers le Nord.

• Le sirocco (Sir)

Il s'agit de vent chaud desséchant, toutefois, il contribue à l'augmentation du phénomène d'évapotranspiration, il apparaît pendant les mois les plus chauds de l'année, en effet, il est très fréquent pendant l'été.

• Les tempêtes de sables (T Sa)

La fréquence des tempêtes de sable est en relation directe avec l'importance des vents qui parcourent la zone steppique au cours de l'année.

Selon DUBIEF (1959-1963), un vent de sable est un vent turbulent de force quelconque soufflant au dessus d'une surface de quelques kilomètres carrés au moins, transportant des particules de sable en nombre et d'un diamètre tels qu'elles causent une gêne pour la vue d'un observateur debout et muni de lunettes de sable. Ce phénomène est très fréquent pendant la saison la plus chaude, en particulier aux mois de juillet et août.

• La neige et le brouillard (Sir, Bro)

Pendant l'hiver, d'une année exceptionnellement très humide, le brouillard et la neige apparaissent. Malgré leur faible fréquence, ces deux paramètres sont très bénéfiques, car ils peuvent augmenter le bilan hydrique de l'année considérée.

Les cumuls du nombre de jour par mois de la dernière décennie des phénomènes climatiques considérés, sont représentés dans les tableaux (10 et 11) et sur les figures (13 et 14) Ces graphes donnent une vue globale sur la répartition mensuelle de ces phénomènes.

Les signes conventionnels

- Les orages (Ora)
- Le sirocco (Sir)
- Les tempêtes de sables (T Sa)
- La neige (Sir)
- Le brouillard (Bro)

Tableau n°10 : Quantité d'évaporation à l'Assekrem en mm

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Somme
Assekrem	24,5	26,7	36,0	42,3	44,9	44,4	48,1	43,7	35,3	31,4	27,0	27,3	431,5
Tamanrasset	19,7	21,5	27,9	33,9	37,7	38,7	40,6	37,6	33,9	28,4	21,0	18,4	359,3

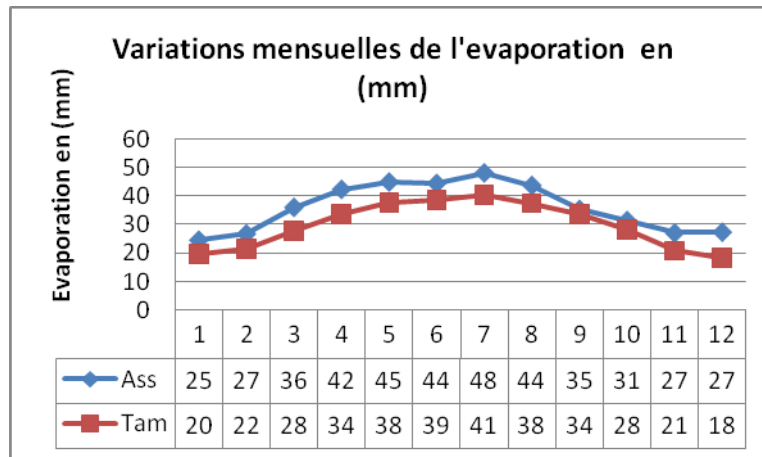


Figure n°24

L'évaporation est plus intense à l'Assekrem qu'à Tamanrasset en ayant le pic au mois de juillet

Tableau n°11 : Durée d'insolation en (h)

Station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Somme
Assekrem	282	281	304	302	293	251	286	263	224	273	280	279	3318
Tamanrasset	281	270	288	292	293	264	306	295	253	280	276	270	3367

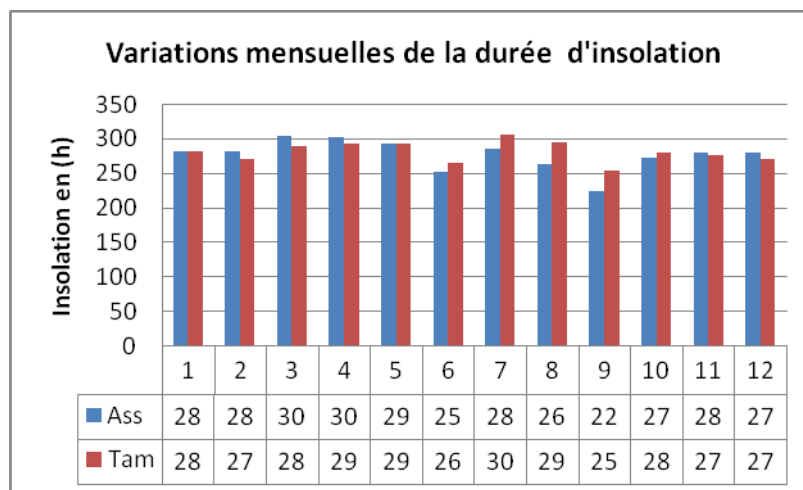


Figure n°25

La durée d'insolation est presque la même pour les deux stations (Tamanrasset et Assekrem) avec une sensible différence dans les mois d'été et le mois de septembre

Tableau n°12 : nombre de jours de quelques phénomènes climatiques à Tamanrasset

Nombre de jours de brume de sable à Tamanrasset													
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Somme
jours	0,6	0,6	1,5	1,7	2,1	4,5	4,2	4,2	1,9	0,1	0,0	0,3	22

Nombre de jours de chasse sable à Tamanrasset													
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Somme
Jours	0,5	1,5	3,0	2,6	2,4	2,7	2,7	1,6	1,2	0,9	0,3	0,5	20

Nombre de jours de pluie à Tamanrasset													
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Somme
jours	0,4	0,5	0,8	0,8	1,8	2,4	1,7	2,6	2,6	1,6	0,4	0,7	16

Nombre de jours d'orage à Tamanrasset													
Mois	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Somme
jours	0,1	0,1	0,3	0,6	1,6	3,0	1,8	3,5	2,4	0,8	0,2	0,2	15

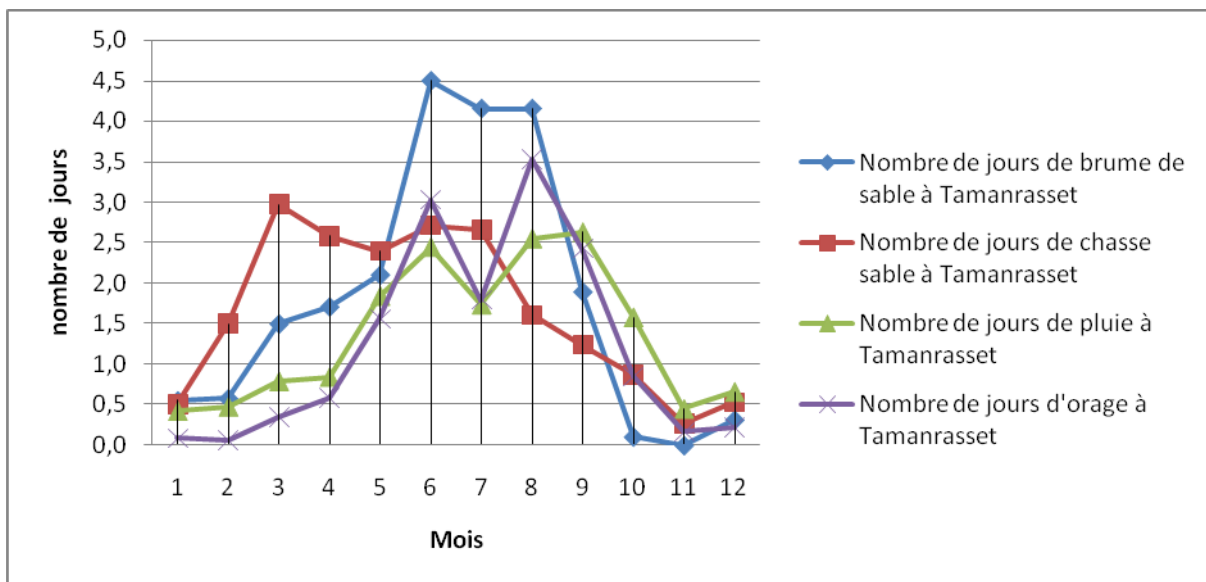


Fig. n° 26 : Variations de quelques phénomènes climatiques à Tamanrasset

Conclusion :

L'appréhension de l'environnement atmosphérique en écologie quantitative requiert la prise en compte d'un volume important de données climatiques à différentes échelles, enregistrées de façons régulière, uniforme et permanente. D'où la nécessité de renforcer les réseaux météorologiques par l'installation de stations traditionnelles, chose qui a été longuement proposée par le peu chercheurs ayant travaillé dans ces zones.

Selon l'étude climatique abordée, la zone d'étude est sous climat de type méditerranéen **saharien (erémique saharien)** ou désertique et subdésertique accentué (**erémique supérieur tropical**), soumise au bioclimat saharien à hiver tempéré « aride à semi aride », avec des pluies moyennes annuelles comprise entre 132,5mm et 54,8mm, concentrées au printemps et en été, la saison sèche s'étale sur les douze mois de l'année.(voire diagrammes ombrothermique)

Au sens de **Gaussen**, la période sèche s'étale sur toute l'année et, compte tenu du nombre de jours biologiquement secs (**359**), c'est à dire le nombre de jours où la plante ne dispose

d'aucune ressource en eau provenant des précipitations, la région peut être inscrite dans le climat désertique.

Barry et al, (1972 à 1987) proposent une classification montrant à la fois le caractère saharien et désertique tel que conçu par **Gaussen et Bagnouls (1953 et 1957)**. Il s'agit de l'étage bioclimatique érémiqe méditerranéen pour lequel la végétation est une steppe désertique

Les capacités de stockage d'eau par le sol (réserves utiles totale) et les capacités de captation de cette eau par la végétation (profondeur d'enracinement) jouent un rôle fondamental (CHOISNEL et al, 1984 ; KADI-HANIFI-ACHOUR, 1998, POUGET, 1980) surtout dans ces zones arides et semi-arides.

Il est indispensable, vue les conditions climatiques actuelles, d'axer nos études climatiques sur des études plus fondamentales telles que l'étude du bilan hydrique et du bilan énergétique car ces études peuvent apporter une contribution importante aux études écoclimatiques.

Le climat dans la région de l'Ahaggar est de type **désertique** caractérisé par d'extrêmes variations et instabilités météorologiques. Les précipitations annuelles variant entre 20mm et 100mm, avec d'importantes fluctuations à travers les années et les saisons. En effet, les précipitations peuvent être absentes durant plusieurs années dans certains points géographiques et parfois très soudaines provoquant ainsi des inondations. A une altitude de plus de 2.400m, la pluie est relativement fréquente en toute saison et la neige a été enregistrée exceptionnellement au niveau des sommets les plus élevés. La température annuelle, enregistrée à une altitude de 1.100m, est en moyenne de l'ordre de 20°C. Néanmoins, la température absolue peut varier entre -7°C et 50°C selon l'altitude et la saison. L'humidité relative mensuelle moyenne dans la ville de Tamanrasset est de 17% à 13:00 heures en juillet et de 21% au même moment en décembre. Les vents dominants sont de direction Nord-Est.

Si nous considérons les précipitations moyennes annuelles, il semble qu'elles n'ont aucune portée. "Elles sont si rares et si irrégulières que les moyennes n'ont aucune signification" (**Barry et al, 1972-1973**). La rythmicité de la pluviosité est anarchique et la pluviosité aléatoire (**Emberger, 1971**). Pour **Daget et al, 1992**, ce climat n'est pas tellement désertique par la rareté des précipitations que par leur faiblesse

1-4-BIOGEOGRAPHIE :

La zone d'étude appartient à la région saharienne, au domaine saharien central, et au secteur Sahara méridional (MAIRE, 1926).

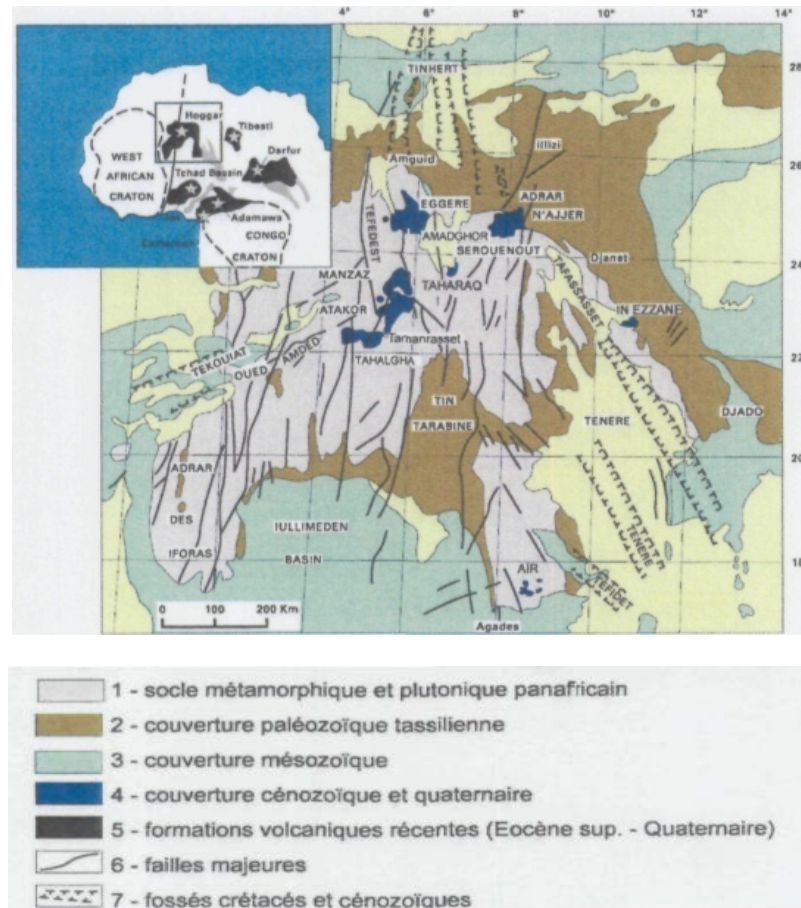
En considérant l'aspect floristique, QUEZEL et SANTA (1962 et 1963) ont distingué d'autres subdivisions qu'ils ont appelé « sous secteur ». Ainsi un seul sous secteur a été distingué dans qui est le sous secteur des hautes montagnes sahariennes (Hoggar-Tassili).

1-5-GEOLOGIE :

La nature géologique du Parc national de l'Ahaggar est fort complexe et réuni plusieurs millions d'années d'histoire mouvementée. Deux traits essentiels donnent sa particularité, un socle précambrien vieux de plus de 600 millions d'années et une couverture qui s'est déposé à partir du Paléozoïque.

Le massif de l'Ahaggar était avant l'ère primaire une immense pédiplaine monotone formée de schistes cristallins reliés à la plaque panafricaine. Ce territoire correspond à une énorme boutonnière de socle qui comporte deux séries géologiques, le Suggarien et le Pharusien. C'est au Paléozoïque que cette région est sujette à des transgressions et des régressions marines. Au Cambro-Ordovicien (500-600 millions d'années) le plateau commence à se déposer et sera ainsi envahi par une mer très peu profonde. Le niveau des eaux remonte graduellement à l'Ordovicien (420 millions d'années) avec la fonte des glaciers. Des mouvements de transgression et de régression marines vont s'observer au cours du Dévonien, puis au Carbonifère tout l'actuel Sahara sera immergé ; ceci va favoriser la formation des Tassilis externes avec leurs grès supérieurs. A la fin du Carbonifère la mer se retire et un climat de type tropical humide va s'installer dans la région. Depuis les formations marines ne seront plus observées jusqu'à la vaste transgression méso-crétacé, il y a 90 millions d'années. Toutes les formations qui se sont déposées entre ces deux phases marines sont continentales, d'où l'existence du continental intercalaire avec son faciès gréseux à stratifications entrecroisées. Au cours du Mésozoïque l'Ahaggar va connaître d'autres transgressions marines ; la dernière va s'observer il y a 40 millions d'années avec la mer qui se retire définitivement. Au début de l'ère tertiaire, il y a 60 millions d'années, les terres immergées sont recouvertes d'une forêt équatoriale dans la région d'In Ghar, dans la plaine du Tidikelt. Dès la fin de l'ère tertiaire l'Ahaggar se surélève et ses mouvements tectoniques vont favoriser les activités volcaniques. Des pitons basaltiques se retrouvent dans toute la région de l'Atakor, formant les reliefs les plus hauts à l'exemple du Tahat avec ses 2918 mètres d'altitude et l'Assekrem avec ses 2778 mètres. Les granites recouvrent alors de vastes étendues de l'Ahaggar central. Au cours du quaternaire enfin, de vastes ensembles dunaires vont se mettre en place dans le Tanezrouft et le Ténéré.

La région du Tadmaït-Tidikelt est un immense dépôt de sédiments de tous les âges (du primaire au quaternaire). Les formations rencontrées dans cette zone sont à prédominance carbonatée avec des calcaires, marnes, dolomies, argiles, grès, gypse, sables éoliens et alluvions sablonneux et argileux.



Carte n°02 géologique et structurale simplifiée de l'Ahaggar et de ses marges (Dautria et al.1992)

L'Ahaggar est constitué par des terrains cristallins et cristallophylliens souvent très métamorphisés. Ces terrains sont représentés par des roches de nature pétrographique et génétique très variée :

- métamorphique : micaschistes, gneiss, granito gneiss, migmatites
- éruptives : granités, granodiorites, gabbros ;
- Volcaniques : rhyolites, dacites, laves basiques.

Ces terrains cristallins et cristallophylliens du Précambrien (>500Ma) ont été recouvert par endroits, à la fin du Tertiaire et au Quaternaire, par des roches volcaniques qui appartiennent à 5 centres principaux, dont l'Atakor, dans la partie centrale du massif et la *Tahalgha Tessatafet* à l'ouest de Tamanrasset.

A la périphérie du massif de l'Ahaggar, des terrains sédimentaires, essentiellement gréseux et conglomératiques, d'âge Paléozoïque à Méso-Cénozoïque, constituent les reliefs périphériques, discontinus des Tassilis.

L'impact de la Fracturation.

Les formations géologiques de l'Ahaggar sont très fracturées. Une multitude de failles de différentes générations, ont abouti à un réseau de fractures où se distinguent deux grandes familles :

- l'une de direction subméridienne, représentée par des accidents silicifiés et indurés qui apparaissent sous forme de lignes de crêtes,

- l'autre, oblique, marquée par des sillons topographiques soulignés par les oueds.

La rencontre de ces 2 éléments structuraux donne lieu à des « seuils topographiques » naturels favorables à l'accumulation des eaux souterraines.

1-5-2 Disposition morphologique et réseau hydrographique

Le massif du Hoggar offre une disposition en trois zones morphologiques plus ou moins concentriques, qui épousent presque exactement les zones climatiques. On distingue :

- un noyau central élevé : l'*Atakor*, d'altitude moyenne 2000 m. C'est la partie la plus arrosée qui est génératrice des crues d'oueds,
- une auréole de basses plaines, presque sans pluies ;
- des reliefs périphériques, très développés au Nord et au Nord-est, et peu apparents au Sud : les *Tassilis*.

Du fait de cette disposition, le ruissellement des précipitations se fait de façon radiale sur tout le pourtour du massif. Le ruissellement qui résulte provoque des crues qui se répandent sur les alluvions où leur infiltration permet de recharger des nappes filiformes appelées « inféroflux ».

1.5.3' Ressources en eau

L'eau est le facteur écologique limitant par excellence dans l'Ahaggar. Sa rareté associée aux fortes températures et aux vents chauds et secs continuels se traduit par des conditions de vie difficiles aussi bien pour la faune sauvage que pour l'homme et son bétail. L'Ahaggar est de fait situé dans le plus grand des déserts et le plus extrême, le Sahara. Mais contrairement aux autres régions de ce Sahara, l'Ahaggar bénéficie d'un régime de pluies quelque peu favorable faisant que l'eau est une ressource, certes limitée, mais disponible en différents endroits.

1.5.3.1 - Réserves en eau

Les ressources hydriques de la wilaya de Tamanrasset sont contenues dans :

- ◆ les formations du Sahara central, avec les grès du Continental intercalaire (nappe Albiennaise) localisé au nord dans le Tadmaït-Tidikelt (avec 253 hm³) et à l'ouest dans le Tanezrouft, et avec le complexe terminal constitué de dépôts marins et lagunaires du Crétacé supérieur et l'Eocène dans la partie la plus au nord de la wilaya ;
- ◆ la nature cristalline et cristallophyllienne de l'Ahaggar ne permet pas l'existence de nappes phréatiques, l'eau est alors puisée dans les nappes d'inféroflux alimentées exclusivement par les crues, comme à Tamanrasset, Abalessa et Idèles, et dans les couches d'altération du socle ancien (granite, gneiss, schistes) captées par des forages peu profonds (dans l'Ahaggar central on estime à 5 hm³ les quantités d'eau dans l'inféroflux) ;
- ◆ les formations gréseuses des Tassilis constituent de grands réservoirs paléozoïques d'eau fossile non renouvelable localisés au sud-est dans le bassin du Tafassasset et au sud-sud-ouest dans le bassin de Tin Seririne, dans les Tassilis Ouan Ahaggar.

1-5-3-2 Oueds

Les oueds, appelés *Ighaharen* (singulier = *aghahar*) en Tamachek, sont le plus souvent à sec. Il s'agit en fait maintenant beaucoup plus de canaux de drainage des eaux de pluies superficielles. Les dimensions en longueur et en largeur des lits d'oueds sont très variables ; on observe souvent dans les grands oueds des largeurs dépassant plusieurs centaines de mètres.

Le régime de ces oueds est très variable dans le temps du fait du caractère très irrégulier des précipitations et de l'évapotranspiration intense. Les oueds présentent des débits importants quelques heures seulement après la chute des pluies, ce qui se traduit par des crues importantes. Bien qu'elles ne durent que quelques jours, voire quelques heures seulement, ces crues sont dévastatrices et emportent tout sur leur passage (la presse nationale rapporte souvent des catastrophes touchant les populations nomades surprises par des crues subites de ce genre).

L'Ahaggar est drainé par un important réseau hydrographique formant un chevelu dense. Les écoulements superficiels sont marqués par un réseau hydrographique fossile très dense drainant des bassins et des sous-bassins. Il est pratiquement impossible de dénombrer tous les oueds avec leurs affluents primaires ou secondaires (voire au-delà). On ne peut que citer quelques-uns parmi les plus importants, tels les oueds Tamanrasset, Sersouf, Tafessset, Tin Tarabine, Enki, Iharhar, et bien d'autres encore. Les oueds de l'Ahaggar prennent naissance dans les parties élevées du massif de l'Atakor, à l'exception du Tafassasset qui prend naissance dans l'erg Tihodaïne. Les écoulements permanents sont exceptionnels ; on en voit par exemple à Tagmart, l'Afilal, Issakarassene.

1-5-3-3 Retenues d'eau

La région de l'Ahaggar abrite un complexe de retenues d'eau, *Iguelmamene* (singulier *aguelmame*) ou *Gueltas*. L'eau est retenue dans des "marmites de géants" creusées dans la roche. Dans la gueltas d'Imeleaoulaoune, l'eau arrive par une cascade (dénivelé de 70 mètres) creusée dans un gneiss relativement sain emprunté par l'oued Takech Chrouet ; ce tracé est nouveau, il est le résultat d'un soulèvement du socle qui s'est produit il y a 5 millions d'années. Comme pour les oueds de la région, le nombre d'Iguelmamene ou gueltas est très élevé. On peut citer parmi les plus importantes Issakarassene (*), Imeleaoulaoune (*), Afilal (*), Tamekrest (*), Timesserouadjene (*), et In Ziza. On remarquera que les gueltas les plus importantes (marquées du signe *) se trouvent dans le massif de l'Atakor, qui reçoit les quantités de pluies les plus importantes de la région. De nombreuses autres retenues permanentes, semi-permanentes, et d'autres plus ou moins éphémères se retrouvent éparpillées dans toute la région.

1-5-3-4 Les inféro-flux

Les seules ressources en eau importantes sont constituées par les inféroflux d'oueds : il s'agit d'un écoulement souterrain des eaux à l'intérieur des terrasses alluviales, le long des oueds.

L'importance des inféroflux dépend de l'épaisseur et de la granulométrie des dépôts alluviaux dans les vallées mais aussi de la fréquence des crues

Malheureusement, l'introduction, il y a une trentaine d'années, de motopompes dans cette région et la surexploitation qui s'en suivit, a fini par épuiser ces maigres ressources en eau. Les relevés piézométriques effectués durant la période 1972-1984, montrent une baisse régulière du niveau dans toutes les nappes d'inféroflux :

Le mode d'alimentation des inféroflux est régi par les écoulements (crues) d'oueds

1-5-3-5 La Nappe du socle

Les formations métamorphiques du socle ne sont pas aquifères à l'état sain, mais ce socle est fissuré et altéré. Ces fissurations et altération permettent parfois d'espérer la constitution de réservoirs souterrains. Mais les perméabilités sont médiocres et aucun forage n'a donné un débit satisfaisant. Néanmoins on peut espérer l'existence de ces ressources en n'importe quel point.

1-6- PEDOLOGIE :

Compte tenu des variables climatiques, précipitations rares et irrégulières accentuées par des écarts de températures élevés et les vents, nous ne pouvons évoquer la pédogenèse et, en conséquences, parler de sols véritablement constitués.

De nombreux auteurs (SAVORNIN, 1934 ; KILLIAN, 1934, 1954 ; MAIRE, 1940 ; ; LEREDDE, 1957, OZENDA, 1983...) reconnaissent divers types d'accumulation édaphiques liés aux vents et à l'eau.

Nous distinguons :

- **Les sols d'ablation** : Sous l'effet abrasif du vent, les particules arrachées sont transportées. Il ne reste sur place que la roche dure formant des plateaux immenses et fréquents au Tassili N'Ajjer : Les hamadas et les regs. Milieu franchement minéral et hostile, ces deux types géomorphologiques constituent des substrats défavorables à la végétation.

- **Les sols salins** : contrairement à la zone steppique ou au Sahara septentrional, les sols salins chlorurés ont une importance relativement réduite (OZENDA, 1983). La concentration en ions chlorures n'est pas une menace et, pour un territoire comme le au Tassili N'Ajjer, elle ne présente aucune acuité (LEREDDE, 1957).

-**Les "sols de sable" » (dunes et nebkhas)** : transportés, remaniés, déposés par le vent, les amas de sable constituent des sols éoliens d'accumulation. La taille, la superficie et la stabilité de ces accumulations permettent de différencier les Ergs des Nebkhas. Les ergs entourant le plateau du Tassili, Admer au Sud, Essouane au Nord, par exemple, sont de vastes étendues d'une hauteur de 100m dépourvus de végétation.

-**Les Nebkhas**, dunes de petites tailles, parfois mobiles, permettent l'installation du "drinn" (*Aristida pungens*) souvent en peuplements purs. Celles dont l'existence est liée aux arbustes de *Tamarix* sp montrent des accumulations de matières organiques et, parfois, une prémisses de pédogenèse.

- **Les sols alluviaux** : Les sols alluviaux portent une flore riche, variée et des paysages végétaux particuliers. En effet, les alluvions remplissent les lits des oueds, les zones d'épandage (Maâders) et les dépressions. D'amont en aval, les dépôts alluviaux sont des galets et des graviers avec un ensablement présent. Viennent ensuite les dépôts franchement sableux et, enfin, dans les dépressions et les zones d'épandage, aux sables s'ajoutent les argiles.

La présence de végétation permanente dans les oueds sahariens semble être liée, d'une part au taux d'humidité élevé dans le sol et, d'autre part, à une teneur en concentration saline faible. Ces deux variables sont le « le résultat des lessivages successifs par les pluies d'orage et une mobilité plus grande de l'eau d'imprégnation » (MAIRE, 1940 ; LEREDDE, 1957). Cette approche peut être retenue de la même manière pour les piémonts de dunes à *Aristida pungens* et pour les Nebkhas à *Tamarix sp.*

1-7- VEGETATION :

Les conditions environnementales ont favorisé la mise en place d'une flore riche de plus de 300 espèces dont des représentants de la flore tropicale à côté d'espèces sahariennes et de plantes plus rares à affinité méditerranéenne.

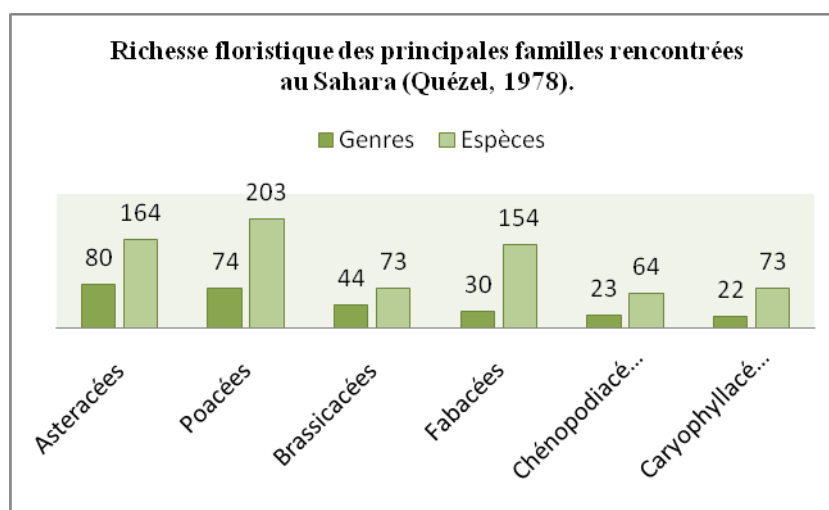
Sur le plan végétation, l'écosystème saharien se caractérise essentiellement par : les groupements sahariens proprement dits qui comprennent plus de 20 espèces arborescentes dont le cyprès du Tassili, le peuplier de l'Euphrate, le figuier à feuilles de saule, *Ficus ingens*, *Acacia raddiana*, *Acacia albida*, *Balanites aegyptiaca*, *Salvadora persica*, *Maerua crassifolia*, *Pistacia atlantica* (Pistachier de l'Atlas), *Olea laperrini* (Olivier de l'Ahaggar) et autres. Il faut ajouter à cela les espèces arbustives telles que les *Calligonum*, le *Rétam*, le *Leptadenia* et différentes autres espèces.

Les groupements sahariens se différencient par la nature des milieux qu'ils occupent ; les hamadas, les regs, les ergs et les oueds sont des types géomorphologiques auxquels est liée une végétation caractéristique. On peut, notamment citer :

- les sols ensablés et les ergs, qui sont dominés par le Drin en association avec l'*Ephédra*, le *Rétam*, le Genêt saharien, le *Calligonum* ;
- les substrats argileux, caillouteux, et les regs qui sont occupés par des groupements pauvres en espèces notamment par le Remt ;
- les sols rocheux et les hamadas qui comportent les groupements à Remt et la fagonie. Sur cette même formation géomorphologique et notamment sur les pentes et les falaises on trouve une forte proportion d'espèces rares ou endémiques.
- les dépressions fermées de zones sahariennes et les daïas qui contiennent le jujubier ;
- les vallées et les lits d'oueds qui sont occupés par les formations à *Acacia raddiana* qui trouvent leur plein épanouissement au Sahara central. En plus de l'*Acacia raddiana* on retrouve également *Acacia seyal*, *A. scorpioides* lorsqu'il y a une alimentation en eau. Au niveau des alluvions sableuses on trouve une formation à *Tamarix articulata*, *T. gallica*, *T. pauciovulata*, *Zizyphus lotus* et *Z. mauritanicus* (assez rare).

Tableau n°13 : Richesse floristique de quelques montagnes du Sahara central (P.Ozenda, 2004).

Territoire saharien	Superficie approximative (km ²)	Nombre d'espèces
Sahara central (Maire, 1933)	1 000 000	480
Hoggar (Quézel, 1954)	150 000	350
Tassili N'Ajjer (Leredde, 1957)	200 000	340
Tibesti (Maire et Monod, 1950)	200 000	350
Tibesti (Quézel, 1960)	150 000	568
Aïr (De Mire et Gillet, 1956)		430

**Fig. n° 27 : Richesse floristique des principales familles rencontrées au Sahara (Quézel 1978)**

Dans les eaux fraîches non polluées des zones humides, la mousse aquatique est à l'origine des barrages de travertin, de chutes d'eaux et de mares. Dans ces conditions, des espèces fluviales vivent comme *Typha* spp., *Juncus* spp., *Phragmites* spp., *Adiantum* et une végétation aquatique comme *Chara* spp., *Myriophyllum* spp. et *Potamogeton* spp. D'autres espèces de lits de rivières comprennent les *Trianthema pentandra*, *Silene kiliana*, *Lupinus pilosus* et *Convolvulus fatmensis*. Les arbres et les arbustes plus larges comme le Tamarix se trouvent dans les canaux des rivières desséchées des vallées.

1-8- Milieu socio-économique

La zone protégée occupe des parties relativement grandes de la région administrative au sein de laquelle est située, elle représente 68% de la wilaya de Tamanrasset. Zones très peu habitées, avec 204.348 habitants à Tamanrasset avec un taux de croissance de 4.18%. Les taux de croissance élevés enregistrés, bien au-dessus de la moyenne nationale de 2.15%, sont principalement dus à l'émigration d'un grand nombre de la population du Nord, attirée par de nouvelles opportunités d'emploi au sein de l'administration locale élargie. Près de 150.000 personnes, environ 85% de la population des deux wilayas, résident au sein de la zone protégée. Plus de 90% sont concentrés dans les zones urbaines et dans les centres

administratifs plus petits, où l'eau et les services de base sont disponibles. De ce fait, la densité moyenne de la population de 0.36/km², enregistrée pour la wilaya, tombe presque à zéro dans les zones situées hors des centres urbains. Cette vaste étendue est peu habitée par les Touaregs nomades dont le nombre est estimé selon le recensement de 2007 à 19.805 soit 9.8% de l'ensemble de la population. Le nombre de nomades aurait augmenté au cours de la dernière décennie du fait du retour à un style de vie ancestral d'anciens employés du secteur de tourisme ou d'entreprises publiques restructurées ou dissoutes dans le cadre du programme d'ajustement structurel en Algérie.

La population active totale de la wilaya est estimée à 57 980 habitants mais il n'existe pas de statistiques officielles relatives à l'emploi et, seules des estimations indirectes sont possibles, basées sur les recettes fiscales et les données des wilayas disponibles auprès de la chambre de commerce. L'administration publique représente de loin la plus importante source d'emploi à l'exception des services de sécurité lesquels fournissent 39% des emplois. Les activités commerciales telles que le commerce, l'artisanat et les services de base associés aux centres urbains occupent environ 26% de la main d'œuvre. Le tourisme, autrefois une source importante de revenu, a été gravement touché par une l'instabilité des années 90 et a commencé, tout récemment, à enregistrer une reprise, fournissant quelques centaines d'emplois. L'industrie et l'exploitation minière sont pratiquement inexistantes au sein des zones protégées. L'agriculture est limitée à environ 11.000ha, avec moins d'un tiers de terre cultivable disponible, représentant environ 15% des terres utilisées. Environ 6% de la main d'œuvre est engagé dans l'économie informelle, notamment dans le commerce avec le Mali et le Niger, les travaux de construction et l'exploitation de ressources naturelles (par exemple la production du bois à feu et du charbon, l'exportation de l'armoïse de Judée...).

Les 14% restant de la main d'œuvre active pratique une forme très répandue de pastoralisme, constituant la principale activité économique dans les zones d'intérêt pour la conservation. Les estimations officielles(en 2007) de bétail pour la wilaya fait état de 80 955 caprins, 81 098 ovins et 79 984 camelins. Toutefois, ces statistiques sont loin d'être précises étant donné les difficultés à obtenir des informations au sujet des communautés nomades et la réticence de longue date des communautés pastorales à révéler de telles informations. Par exemple, le Kel Ahaggar, la confédération Touareg basée dans la wilaya de Tamanrasset, possède apparemment 70.000 à 80.000 autres chameaux, qui sont presque de manière permanente maintenus au sein des pâturages les plus riches des plaines de Tamesna, au Niger et d'Adghagh des Ifoughas, au Mali. De même, les Kel Ajjer de la wilaya d'Illizi ont des liens économiques forts dans toute la région du Sahara central et, des mouvements réguliers de population ont été notés à partir du Tassili vers l'Air-Ténéré, le Niger et le Fezzan, en Libye. Le système pastoral des Touaregs est fortement spécialisé avec des hommes essentiellement impliqués dans l'élevage des chameaux, alors que les femmes sont généralement responsables de l'élevage des chèvres, moutons et ânes, des travaux de tannerie et de maroquinerie, de la production du beurre et du fromage. Les modèles très souples de mouvement pastoral permettent aux Touaregs, de répondre aux fluctuations des précipitations et de dépister ainsi le développement de plantes. De ce fait, les ménages ou les "tentes" peuvent se regrouper autour de ressources principales telles que les étangs ou de riches pâturages localisés mais se

dissoudre dans de plus petites unités ou même de simples "tentes" pour exploiter de manière plus intensive les ressources distribuées. A des moments de stress environnemental, quelques ménages continuent de dépendre en grande partie du lait de chameaux, une ancienne pratique qui procure une indépendance par rapport à l'eau sur des périodes relativement longues.

Dans de telles conditions extrêmes, la diversification est également importante et des jardins domestiques irrigués sont créés. Le phénomène de transhumance annuel vers des pâturages plus productifs, très souvent vers le Sud et le Sud- Est de la frontière algérienne, constitue un événement important qui figure dans le calendrier d'un grand nombre de pasteurs. Ces expéditions complètent l'économie pastorale par le commerce avec les marchés avoisinants de Libye, du Niger et du Mali en permettant le remplacement de chameaux plus faibles par des animaux, qui ont passé une ou plusieurs saisons dans ces pâturages plus riche.

Conclusion

Les formations géologiques actuelles, les différents dépôts, ainsi que la texture du sol favorisent le développement des faciès de la steppe désertique ou (savane dégradée). Si ce n'est pas l'action combinée du facteur anthropique et de l'aridité du climat, qui intervient à différents stades de leur développement, entraînant l'apparition d'autres faciès de dégradation.

L'étude du sol, sa répartition dans les paysages et son évolution ne peut être conduite qu'en fonction des autres éléments du milieu (RUELLAN, 1971), on peut retenir :

- le climat actuel
- le relief actuel
- la nature, l'occupation et l'utilisation actuelle du sol, c'est à dire la végétation, le pâturage, et les mises en valeur, ces derniers, objectifs de notre travail.

CHAPITRE 02 DEMARCHE METHODOLOGIQUE

Introduction :

Le point de départ de cette étude fut le guépard et la chaîne trophique dont il constitue le maillon principal. Pour la compréhension de son écosystème et son fonctionnement (ses proies et surtout la production primaire qui maintient et entretient l'équilibre de l'écosystème saharien), nous avons travaillé en collaboration avec Wachter *et al.* (2005) sur la méthode des méga-transects après l'avoir adapté aux zones sahariennes.

Il avait été envisagé que l'inventaire allait principalement être une reconnaissance des zones importantes des sites d'étude pour le suivi du guépard, que l'homme est contraint de perturber sous l'effet des conditions climatiques.

En se basant à la fois sur notre expérience de terrain, sur les travaux préliminaires basés sur la méthode de transects (Quézel, 1954), de méga-Transect et les observations relatives à la faune en Algérie, publiées antérieurement (*cf. Kowalski & Rzebik-Kowalska 1991, Hamdine et al. 2003*). Nous avons aussi planifié l'utilisation de transects systématiques dans des habitats montagneux faiblement accidentés, en bordure de systèmes dunaires, situés dans les sites étudiés.

1- Présentation des sites d'étude

Au sein du Parc National de l'Ahaggar, des sites potentiels (oueds géo référencés du massif montagneux de l'Ahaggar, voir **Tab. n°14**) pour le suivi de la biodiversité ont été choisis.

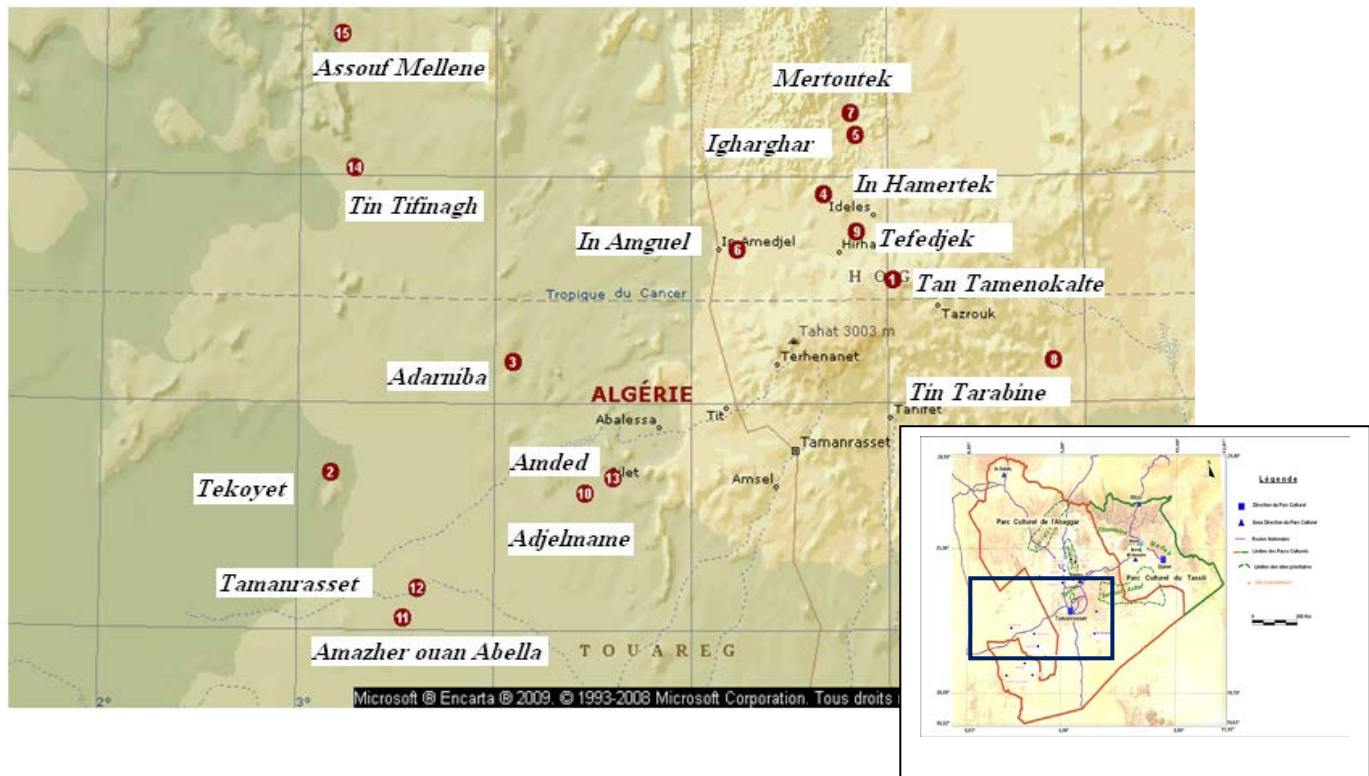
L'équilibre biologique au Sahara est singulièrement fragile. Ces oueds d'altitude avec leurs points d'eau constituent des zones refuges, autour desquels se maintient la vie. Ces zones permettent la concentration des derniers témoins reliques vivants d'une flore et d'une faune autrefois luxuriante dont plusieurs espèces inféodées au milieu aquatique ont su développer diverses formes d'adaptation. Ceci leur a permis de survivre tout au long d'un processus d'aridification graduel de l'actuel Sahara.

Ces zones naturels ou artificiels sont composés par les biotopes suivants :

- Les plateaux : occupant de vastes superficies surtout les Tassilis,
- Les vallées, les canyons des tassilis, et des montagnes rocheuses
- Les oasis, milieux complexes à fortes activités humaines
- Les formations sableuses (ergs, dunes, plaines sableuses)
- Les regs : vastes étendues couvertes de cailloux et de graviers
- Les chaînes de montagnes : Tefedest, Serkout, Immidir, Taessa
- Les formations para forestières à Acacias,
- Les écosystèmes humides : constitués de sources, de gueltas et de plans d'eau libre
- Les centres de vie : lieux où l'activité humaine est intense : agglomérations humaines, parcs, jardins, zones et périmètres de mise en valeur, campements

Tableau n°14: sites échantillonnés pour le suivi de la biodiversité**Sites (oueds) échantillonnés (en Avril 2009)ur le suivi de la biodiversité**

Massif montagneux		Oueds	Altitude	Longitude	Latitude
AHAGGAR	1.	Tan Tamenokalte	1900m	06°01'43''E	23°32'52''N
	2.	Tekoyet	580m	3°10'18''E	22°41'05''N
	3.	Adarniba	670m	4°05'53''E	23°11'43''N
	4.	In Hamertek	1240m	5°40'05''E	23°55'13''N
	5.	Igharghar	970m	5°50'38''E	24°11'03''N
	6.	In Amguel	970	5°13'07''E	23°41'13''N
	7.	Mertoutek	950m	5°48'08''E	24°16'03''N
	8.	Tin Tarabine	670m	6°50'38''E	23°11'03''N
	9.	Tefedjek	1340m	5°50'38''E	23°45'03''N
	10.	Adjelmame	720	4°27'25''E	22°36'03''N
	11.	Amazhar ouan Afella	560m	3°32'38''E	22°03'11''N
	12.	Tamanrasset	600m	3°36'28''E-	22°11'03''N
	13.	Amded	700m	4°35'44''E-	22°40'26''N
	14.	Tin tfinagh	560m	3°16'02''E-	24°22'36''N
	15.	Assouf Mellene	500	3°12'16''E-	24°37'46''N



Carte n° 03: Territoire des sites d'étude /Parc National de l'Ahaggar.

L'itinéraire suivi a été principalement limité à une traversée des systèmes d'oueds graveleux, sablonneux, aux berges rocailleuses, drainant les flancs des sites montagneux choisis de l'Ahaggar. Cette traversée a eu lieu avec la collaboration des agents de conservation de l'O.P.N.A.

La méthodologie de suivi de la flore et de la faune est fixée tout en insistant sur l'intégration de conceptions 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 (télé-détection, cartographie et SIG) (Baudat 2003) dans la spatialisation des données sur la flore et la faune est développée.

Les résultats des différentes approches méthodologiques et, appliquées aux portions d'oueds.

les sites d'étude échantillonnés durant la campagne de terrain(2009), sont présentés et discutés selon un emboîtement échelonné allant du paysage au biotope puis à l'habitat. La chaîne méthodologique a été conçue pour permettre une production cartographique orientée vers le suivi de l'évolution des paysages, l'échantillonnage des peuplements végétaux/animaux selon les biotopes et la prise en compte de problématiques spécifiques liées aux habitats d'espèces particulières.

2- Relevés des observations

La mission d'avril 2009, a focalisé sur l'obtention de relevés détaillés issus des efforts d'investigation et ce, en actionnant les fonctions de navigation automatique des GPS afin d'enregistrer les localisations et/ou (points d'observations) :

- **Sur la flore (transects, relevés floristiques,)**

- **Sur la faune (transects, , points d'écoutes, indices de présence (traces, poils, grattages, œufs, nids, os, défenses,...), laissées, indices de chasse), observation directe, dénombrement, enquête (questionnaire, entretien avec les nomades)**

Bien que l'itinéraire ait été inévitablement affecté par d'irréguliers et inattendus détours, celui-ci a été divisé en zones approximativement égales, en utilisant un mode de localisation avec waypoints fixes, séparés les uns des autres par un espace fixe.

Ainsi, l'itinéraire d'inventaire a été divisé en secteurs distincts, continûment distribués tout le long de la ligne de déplacement. En certaines occasions, lorsque les véhicules revenaient sur un tronçon d'itinéraire précédemment parcouru (notamment en fin de période d'inventaire), les observations relatives à la faune ont été consignées mais non incluses pour l'estimation des taux de rencontre des espèces. Ainsi, chaque secteur représente des observations dénombrées une seule fois en entrant un nouveau territoire.

Dans chacun des sites visités, la mission a noté le type d'habitat, certaines caractéristiques de la végétation (estimation visuelle du recouvrement et état de croissance des formes biologiques), la présence/absence des espèces et l'état de verdure de la végétation. Dans les zones intersectorielles, les observations relatives à la présence d'eau, la faune sauvage, le cheptel domestique (incluant les empreintes et autres signes de présence) et l'activité anthropique ont été consignées sous forme de waypoints. En certains endroits où des explorations pédestres ciblées ont eu lieu, la mission a créé des sections de parcours séparées en marquant les points de départ et d'arrivée à l'aide de waypoints et en mettant en marche et en arrêt les GPS.

Il est à souligner que la recherche des indices de présence (crottes, empreintes et marques de grattage) du guépard a nécessité des arrêts routiniers, ciblant opportunément des arbres s'appropriant au marquage et ce, tout le long de l'itinéraire suivi par les véhicules. Cette activité a été comptabilisée dans le cadre de l'inventaire réalisé à bord des véhicules, même si, en certaines occasions, des arbres ont été prospectés lors d'investigations pédestres.

Les observations relatives à la faune sauvage ont porté sur les effectifs totaux (estimation dans le cas de grands troupeaux), la localisation GPS à partir des points d'observation et la distance perpendiculaire par rapport à la direction du véhicule (mesurée à l'aide d'un télémètre à faisceau infrarouge *Rangefinder* dans le cas des gazelles observées à courte distance, autrement estimée visuellement).

2.1- Aménagement des véhicules

Au cours de l'inventaire, les véhicules roulaient l'un derrière l'autre. L'objectif visé était le maintien d'un espacement d'environ 100 à 200 m entre les véhicules afin d'éviter les vents de sable et poussières, et de permettre le regroupement de ces derniers à l'intérieur d'un même site prospecté, facilitant ainsi la communication entre les membres de la mission, tout en minimisant les risques d'erreurs lors de l'élaboration quotidienne des observations.

Pour des raisons de logistique, un premier véhicule, conduit par deux guides de l'O.P.N.A., a roulé en tête de file durant la majeure partie de l'itinéraire emprunté dans chaque site prospecté.

. Un second véhicule a fait office de lieu de consigne des observations avec, à son bord, celui qui maintenait un registre quotidien des observations via la gestion du GPS, l'enregistrement des observations à l'aide d'un dictaphone et la prise de note sur carnet, et le téléchargement des données dans un micro-ordinateur portable. Les membres à bord du troisième véhicule, dit de soutien, ont eu pour tâche de vérifier et recouper les observations directes et indirectes relatives à la flore et végétation, aux gazelles et au guépard, en étroite collaboration avec les membres du véhicule précédent ; la communication se faisant soit par signaux soit sous forme de discussion.

2.2- Habitat, flore et végétation

L'inventaire a eu lieu dans des lits d'oueds ciblés du massif volcanique et/ou site d'étude de l'Ahaggar. Les habitats visités ont par conséquent été dominés par un relief montagneux et collinaire rocailleux et fortement pentus. L'itinéraire a été limité aux lits d'oued sablonneux-graveleux, de largeurs variables, caractérisés par la présence d'une végétation pérenne, présentant un éventuel intérêt pour le diagnostic et le suivi de la biodiversité.

Des plaines plus vastes ont été parcourues de l'itinéraire d'inventaire des sites d'étude ; ceux-ci ayant été pour la plupart dominées par des blocs rocheux granitiques espacés et érodés par l'action des vents. Les oueds parcourus situés à l'intérieur des sites prospectés ont été principalement caractérisé par de très larges plaines graveleuses et ondulées, presque dépourvues de végétation, à l'exception de quelques « tâches ou nappes » vertes et diffuses, associées à des massifs volcaniques très abrupts, visibles à distance.

Il est à noter que les types d'habitat et les caractéristiques de la végétation ont été relevés dans l'ensemble des transects prospectés et parcourus.

Située en plein Sahara central, la zone d'inventaire a été caractérisée par une végétation relativement clairsemée et la présence de nombreux points d'eau favorisés par un relief tourmenté. Certaines régions, caractérisées par des formations rocheuses granitiques imperméables à l'infiltration des eaux de ruissellement, ont abrité une végétation constituée d'arbres et autres pérennes fréquemment distribués le long des oueds. Par nécessité, l'itinéraire d'inventaire a été le plus souvent réalisé dans ces lits d'oued.

L'objectif était de réaliser un inventaire systématique de la flore, mais on s'est trouvé limitée à décrire les espèces végétales dominantes. L'identification de la flore a été basée sur l'utilisation de guides photographiques récents d'identification de la flore du Sahara (*cf.* Sahki & Sahki 2004, P.Ozenda 2004).

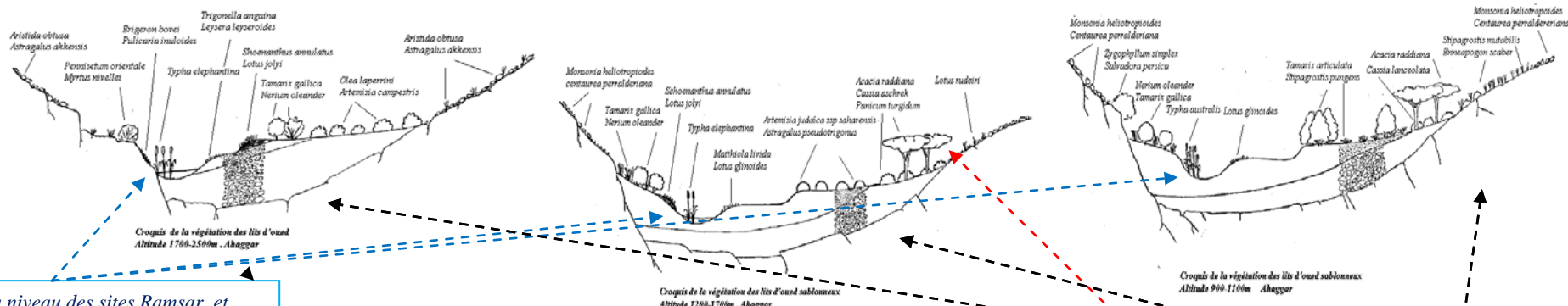
2.3- Echantillonnage

Quatre modèles d'échantillonnage sont couramment fournis afin d'étudier les différentes associations végétales. Une fois les deux critères de base, à savoir l'homogénéité et la représentativité sont admis, nous pouvons appliquer un échantillonnage au hasard, un échantillonnage subjectif, systématique ou stratifié.

Nous avons gardé l'échantillonnage systématique et périodique des surfaces contenant les taxons structurant la phytozoocénose des portions des lits d'oueds étudiées et suivies des sites d'étude.

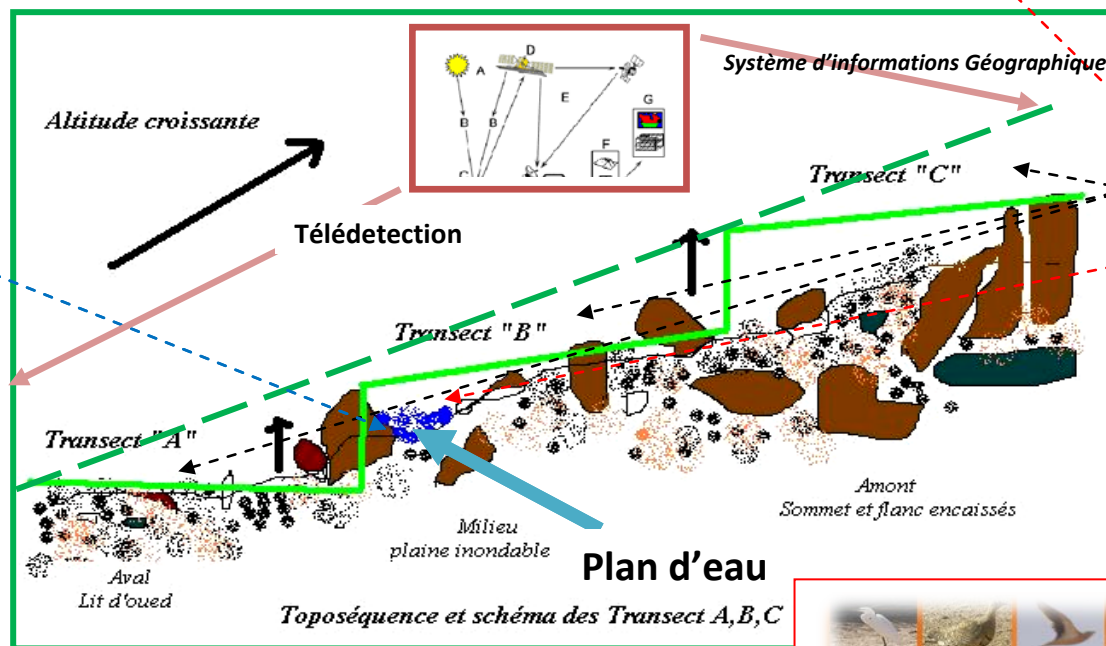
Au niveau des massifs, les oueds forment les endroits et les portions où nous avons procédé à un échantillonnage de type systématique selon des transects partiels en fonction de la variable hypsométrique et des changements physiognomiques de la végétation que l'altitude et les exigences stationnelles peuvent produire (Fig.).

Il est utile d'indiquer que la progression altitudinale intègre en réalité les espèces umbrella et/ou phares pour la faune et hôte pour la flore recherchées dans le cadre du suivi de la biodiversité.



Transects à différentes altitudes selon (P. Quezel, 1954) modifié

Au niveau des sites Ramsar, et tous les points d'eau étudiés, le plan d'eau principal et ses unités (flancs, aval et amont immédiats) entourés d'une zonation périphérique de protection restent le point focal dans le suivi, c'est-à-dire le lieu où l'eau superficielle et/ou profonde séjourne pendant longtemps et les proximités subissant les pressions humaines (Tourisme, passage, visite, campement, bivouac, exploitation, sur fréquentation, pollution,...) intermittentes des nomades et animal (lieu d'abreuvement). L'état peut être fréquemment évalué.



Chacun des triangles correspond à une toposéquence et une surface intégrant l'altitude et les éléments clés structurant la phytocoénose



Fig. n° 28 : Planche explicative de la méthodologie d'échantillonnage, du relevé des observations sur les éléments structurant l'écosystème Ahaggarien.

3 - Méthodologie de mise en place d'un système d'informations géographiques

- Présentation de l'outil : qu'apportent les SIG ?

La révolution majeure qu'apportent les SIG a été de passer des cartes séparées à une superposition de couches d'informations géographiques, interrogeables à tout moment à l'aide de logiciels d'interrogation de données spatialisées. Le croisement de ces données permet de développer la réflexion et l'action optimale à mener en matière de gestion des territoires.

Pour rappel, un SIG est un système informatique de matériels, de logiciels, et de processus conçu pour permettre:

- La collecte ;
- La gestion ;
- La manipulation ;
- L'analyse ;
- La modélisation ;
- L'affichage de données à référence spatiale ;

Un Système d'Informations Géographiques est donc un ensemble de données numériques localisées géographiquement, structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels et permettant de :

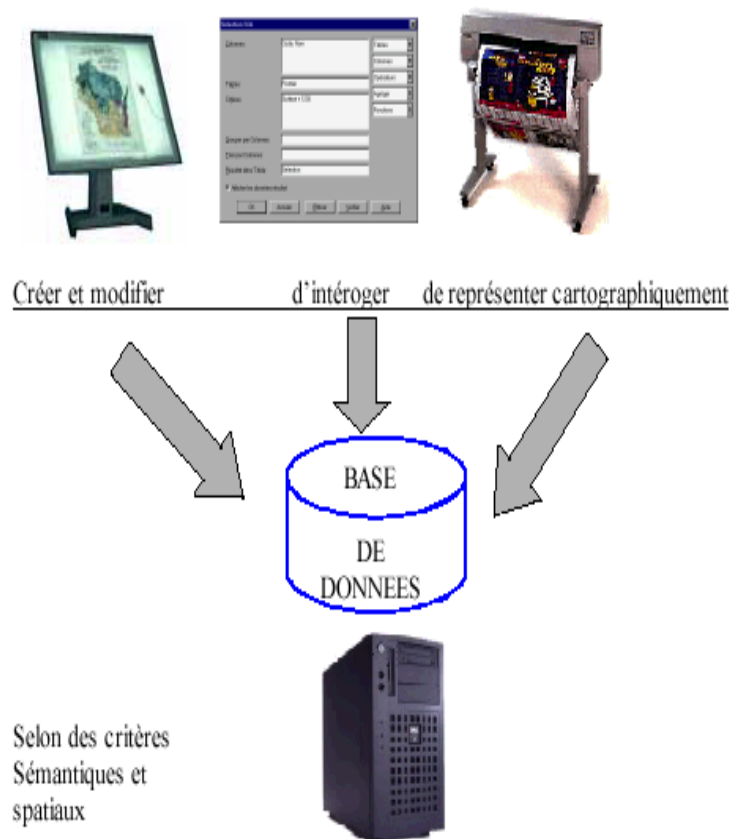


Figure n°29: Fonctionnement d'un système d'informations géographiques (inspiré de Denègre & Salgé, 1996).

Par conséquent, la modélisation des données dans un Système d'Informations Géographiques (SIG), conçue en couches dans une base de données géographiques, est schématisée comme suit :

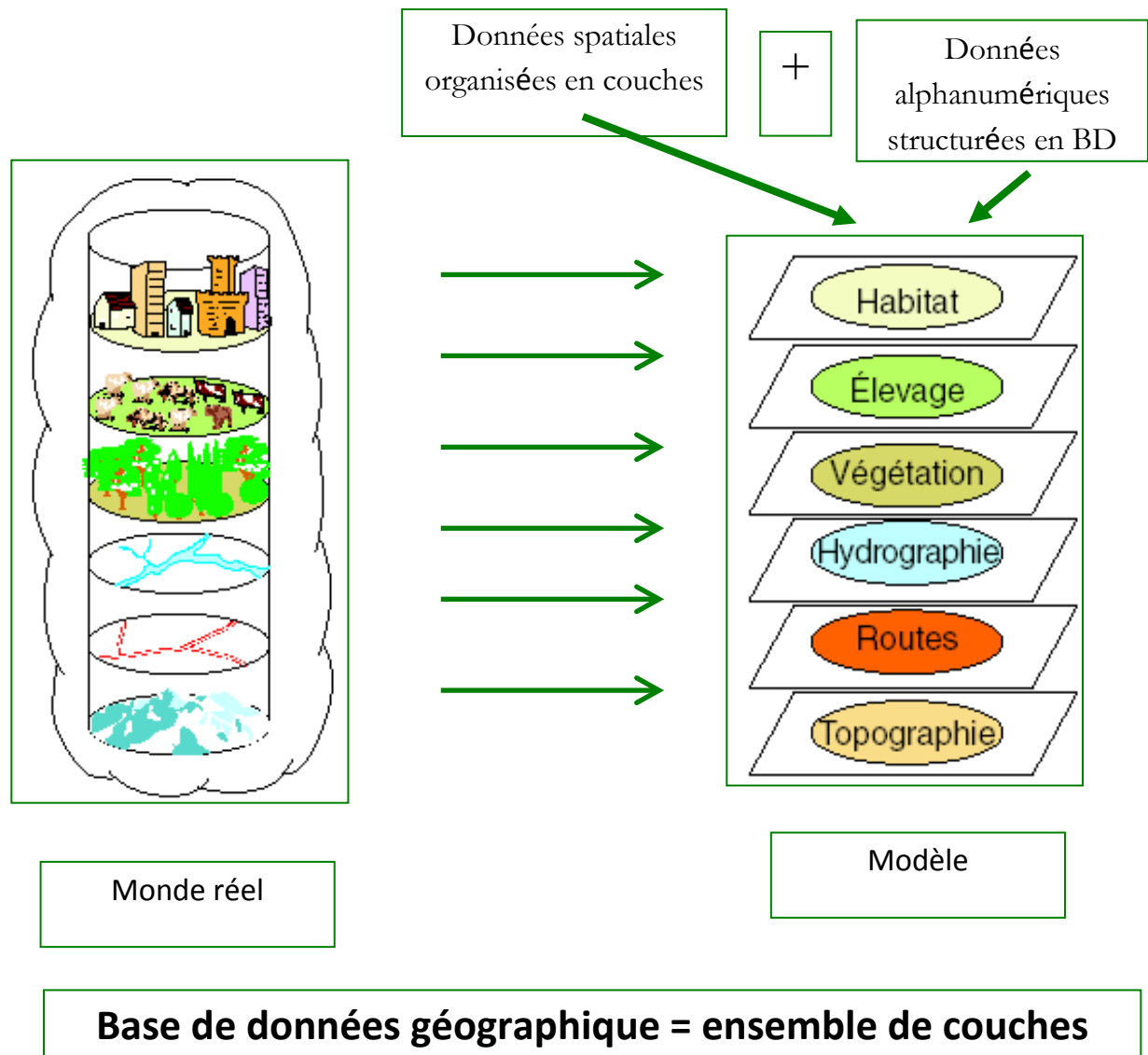


Figure n°30: Modélisation des données dans un système d'informations géographiques (inspiré de Denègre & Salgé, 1996).

3.1- Cheminement méthodologique général

Les générations d'hommes, qui se sont succédés pendant des milliers d'années sur le territoire saharien qui forme aujourd'hui le Tassili et l'Ahaggar, ont construit une bonne quantité d'édifices plus ou moins importants (maisons, tombeaux, bâtiments divers...) et creusé de multiples structures (fossés, fosses, puits, mines, carrières...). La plupart de ces éléments sont peu visibles en surface de nos jours, mais leurs vestiges, demeurant enfouis dans le sous-sol, constituent autant de sites naturels, culturels et archéologiques à repérer et explorer.

Ce patrimoine a fait l'objet d'un inventaire systématique de la part des services de l'État pour assurer la sauvegarde de ce fragile héritage, à conserver et à transmettre. Plusieurs sites sont actuellement recensés dans la "carte archéologique" dressée par le Ministère de la Culture qui cherche à tirer profit des multiples possibilités offertes par les nouveaux Systèmes d'Information Géographique (S.I.G.).

On y mentionne toutes les traces naturelles, matérielles, socio-économiques et même culturelles, d'une présence humaine ancienne sous forme d'objets ou de structures, déjà connues sur la base d'un dépouillement systématique des différentes sources utilisables (archives anciennes, cartes et plans, indices recueillis par prospection au sol ou par télédétection, etc.).

Par conséquent, pour assurer une gestion raisonnée d'une aire protégée (le cas de Tassili et de l'Ahaggar), il est impératif de faire appel à des masses importantes de données qui, pour la plupart, sont géographiquement localisées, notamment :

- Données topographiques (carte d'état major, anciennes cartes, croquis, MNT) ;
- Données cadastrales (plans de *Senatus Consulte*, anciens plans de grande échelle, limites administratives, données attributives) ;
- Photographies aériennes (restitutions, orthophotoplans, vues panoramiques) ;
- Images satellitaires (images satellitaires de très haute résolution spatiale, fusion de données de multi sources, spatio-cartes) ;
- Travaux de terrain et sorties sur les lieux (vérification, complètement, échantillonnage, validation) ;
- Cartes et données thématiques (géologie, pédologie, hydrologie, vulnérabilité naturelle, aménagement du territoire, protection de la nature, communication, transport, patrimoine, archéologie) ;
- Données et renseignements socio-économiques (civilisations et périodes, peuplements et répartitions, mode de vie, coutumes et traditions, activités) ;
- Faune et flore (peuplements forestiers, chasse, couloirs de faune, surfaces utilisables par la faune, potentialités, sensibilité à la désertification).

Vu cette masse d'informations disponibles, ou à compléter par la suite, sous forme de cartes, plans ou données attributives, plusieurs questions peuvent se poser sur le comment gérer une telle masse d'informations afin de garantir :

- Une pérennité de la donnée ;
- Un accès facile et consultation rapide des données aux seins des structures concernées ;
- Une analyse spatiale et requêtes géoréférencées de grande précision ;
- Des éditions cartographiques de bonne qualité pour les administrations concernées ;
- Une aide à la décision pour les décideurs, concernant les projets d'aménagement ;
- Une meilleure gestion et planification du patrimoine naturel et culturel national ;
- Une meilleure sauvegarde et protection de l'héritage naturel et culturel.

Les SIG offrent la possibilité de passer de cartes séparées à une superposition de couches d'informations géographiques, interrogeables à tout moment à l'aide de logiciels d'interrogation de données spatialisées. Le croisement de ces données permet de développer la réflexion et l'action en matière de gestion des territoires.

3.2 - Démarche méthodologique générale adoptée

Schématiquement, la méthodologie adoptée est structurée conformément à l'organigramme suivant :

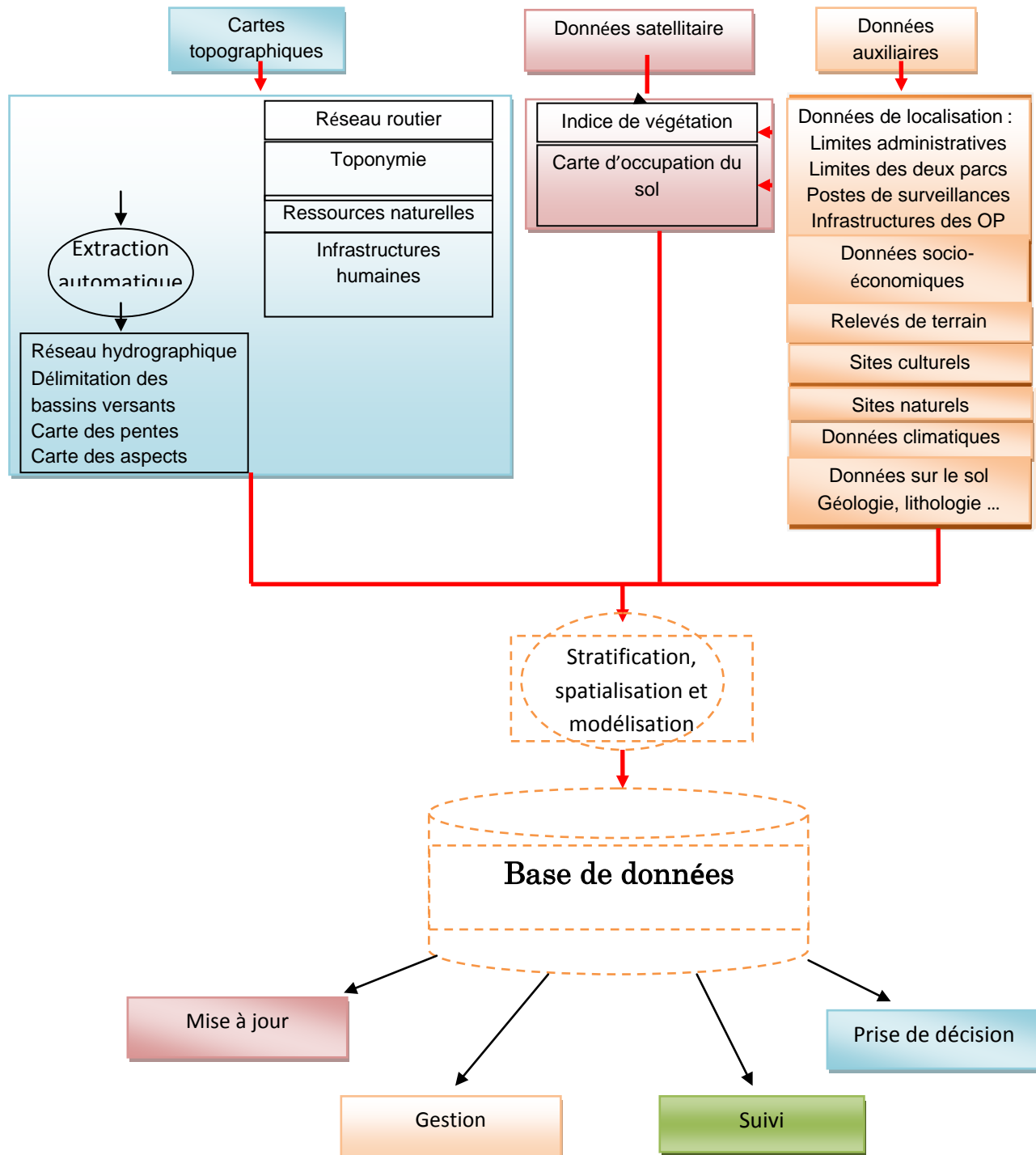


Figure n° 31: Cheminement méthodologique pour la mise en place d'un SIG

Ainsi, pour garantir le bon déroulement de cette méthodologie, les étapes suivantes sont chronologiquement retenues :

- Réunion des documents et étude de l'existant ;
- Analyse fonctionnelle ;

- Recherche d'une solution SIG;
- Modélisation ;
- Expérimentation et mise en place du SIG.

Étape 1 : réunion des documents et étude de l'existant

Il s'agit d'une consultation, selon deux niveaux, de :

- projets nationaux et internationaux traitant la même thématique ;
- données de base (textes, cartes thématiques, plans, toutes données représentées avec une précision cartographique suffisante, images satellitaires, données socio-économiques ou culturelles attributaires, ...)

Par conséquent, une liste des données existantes et le détail des produits dérivés (cartes, plans et autres données) sont établis.

Étape 2 : analyse fonctionnelle

Il ne s'agit pas simplement de transférer le document papier vers une forme numérique (simple juxtaposition de données alphanumériques et géographiques), mais d'envisager la construction d'une application SIG complète (avec des outils spécifiques). Ainsi, les données et les besoins supplémentaires sont établis et les fonctionnalités souhaitées pour le système sont définies tout en distinguant leur priorité. De plus, il s'agit d'une application qui devra pouvoir être distribuée, avec une formation adéquate, dans les services souhaitant bénéficier de cet outil (SIG).

Pour cela, les cinq (05) principes essentiels suivants vont cadrer ce mémoire :

1- L'accès aux données (requêtes) et leurs représentations (cartes, édition cartographiques) et l'utilisation d'une bibliothèque de symboles cartographiques spécifiques à la zone d'étude) ;

2- La possibilité de saisie et de consultation de la base de données alphanumérique sans l'utilisation de l'interface cartographique ;

3- La possibilité d'import/export de données vers d'autres applications et d'autres formats ;

4- L'évolutivité du système ;

5- La simplicité d'utilisation et d'accès.

En outre, les principaux besoins pour la zone d'étude, sont de trois (03) ordres :

1- Ordre écologique : protection de la faune et la flore ;

2- Ordre Culturel : conservation et sauvegarde du patrimoine culturel ; Vision d'ensemble du site ; Analyse des répartitions de l'infrastructure selon un axe horizontal et vertical ;

3- Ordre socio-économique : aider au développement d'activités socio-économiques

Étape 3 : recherche d'une solution SIG

Elle consiste, d'une part, en l'examen critique des différents scénarios techniques envisageables pour l'application et, d'autre part, le choix du bon prototype pour l'application avec, notamment, le choix du (ou des) logiciel(s) tels ArcInfo, MapInfo, ... comme logiciels SIG. Par ailleurs, la solution envisagée doit être durable et la moins lourde financièrement pour les partenaires. L'application SIG, à installer chez les partenaires, est associée à une base de données bureautique comme Access.

Pour l'application du prototype SIG, il est possible de retenir parmi ces scénarios le logiciel ArcInfo couplé à Access 2003 sous Windows XP.

Étape 4 : modélisation

La modélisation des données est une étape fondamentale dans la conception des bases de données. Elle permet de traduire le monde réel avec toute sa complexité par des structures de données.

A partir des données listées dans l'analyse de l'existant et l'analyse fonctionnelle, une liste d'attributs (avec définition, type de variable, liste de valeurs, etc.), regroupées en entités, est établie de manière globale et les règles de gestion sont conçues selon un Modèle Conceptuel de Données (MCD).

Globalement, la bonne préparation des travaux reste le facteur clé de tout succès dans les projets à réaliser, quelque soit leur nature ou leur domaine d'application.

Les différents scénarios techniques qui concernent le processus SIG dans sa conception sont :

1- la numérisation des documents graphiques :

- Vérification des documents à numériser (plans graphiques) ;
- Fixation des paramètres de scannérisation, tel que la résolution ;
- Choix du format d'enregistrement ;
- Calage de l'image scannée ;
- Indexation et raccord des planches scannées ;
- Vectorisation, soit manuelle ou automatique.

2- la structuration en couches :

Rappelant qu'un SIG stocke toutes les informations concernant le monde réel sous forme de couches thématiques pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie. Ce concept, à la fois simple et puissant, a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets.

L'information géographique contient soit une référence géographique explicite (latitude & longitude ou grille de coordonnées nationales) ou une référence géographique implicite (adresse, code postal, nom de route...).

Pour le géocodage, processus automatique, il est utilisé pour transformer les références implicites en références explicites et permettre ainsi de localiser les objets et les événements sur la terre afin de les analyser et les planches scannées doivent être vectorisées en couches séparées.

3- sauvegarde des planches numérisées :

Chaque planche numérisée est sauvegardée individuellement sous un nom de fichier propre. Cette exigence a deux justifications principales. D'une part, le fichier individuel permet un certain contrôle qualité par planche. D'autre part, ce fichier servira de référence lors des opérations ultérieures de mise à jour.

4- Modélisation

La modélisation est le processus qui permet de codifier la réalité observée. La technique de modélisation s'appuie sur les éléments suivants :

- Nom : entité
- Verbe : relation

Le schéma ci après montre l'enchaînement des opérations de modélisation d'une base de données.

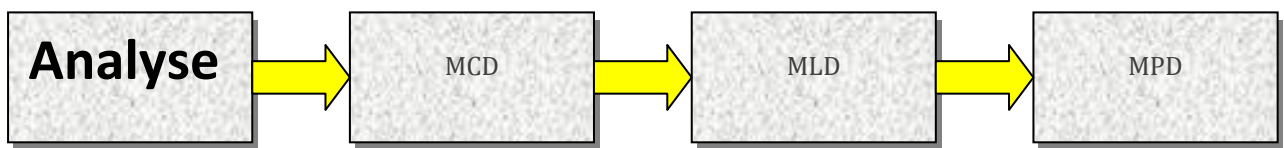


Figure 32 : Niveaux de la modélisation d'une base de données (Denègre. & Salgé F., 1996)

MCD : Modèle conceptuel de données ;

MLD : Modèle logique de données ;

MPD : Modèle physique de données.

Un MCD doit être indépendant de toute contrainte technique telle que logicielle ou matérielle. Ce MCD représente l'organisation schématique de la base de données. Pour la réalisation de cette phase de modélisation, on adopte l'organisation suivante :

- Une modélisation des données suivant les différents travaux à établir ;
- Rédaction du dictionnaire des données ;
- Transformation du MCD en un modèle relationnel, pour permettre son implémentation dans un Système de Gestion de Base de Données, SGBD ;
- Contrôle qualité.

Etape 5 : création des liens

Cette phase consiste essentiellement en la création de la liaison entre les deux volets ; En effet, il s'agit pour certains logiciels d'activer les options dédiées à cette opération, et notamment lorsque la base de données est conçue sous un logiciel comme Access et l'information géométrique sous un autre (ArcInfo, à titre d'exemple).

Etape 6 : tests et analyses

Cette étape permet de connaître si la modélisation est réussie ou nécessite des ajustements. En effet, il s'agit de consulter, vérifier, modifier et tester les résultats par des simples requêtes sur, simultanément, les informations géométriques et sémantiques.

3-3 - Expérimentation et mise en place du SIG

Il s'agit de la réalisation d'une bibliothèque de cartes de base, comprenant :

- Des données environnementales obtenues à partir d'images satellitaires ;
- Des données de géographie physique : MNT, hydrologie, etc. ;
- Des données administratives, sites remarquables, zonages divers, etc.
- Un ensemble d'interfaces utilisateurs, simplifiant la manipulation des données :
- Un assistant cartographique permettant de combiner les couches de base pour composer une carte thématique et son habillage ;
- Un module d'import permettant d'introduire et de cartographier des données tabulaires géoréférencées issues d'applications externes ;
- Des utilitaires d'analyse spatiale personnalisés, répondant aux besoins de traitement des partenaires de l'OPNA

Précisons que l'application sera disponible en langue française de manière à en faciliter l'utilisation. D'autre part, la programmation sous forme de scripts, permet à un utilisateur averti de personnaliser les outils en fonction de ses besoins. On peut préciser trois niveaux d'utilisation de l'application SIG :

Niveau 1: analyse des conditions environnementales, thématiques, etc., en utilisant exclusivement les données cartographiques incluses dans l'application ;

Niveau 2: importation, puis cartographie de données dynamiques (captures, ressources), extraites, par exemple, des applications et confrontation avec les données environnementales. En sélectionnant, avec soin les données importées, il est possible de faire des analyses spatio-temporelles.

Niveau 3: analyses spatiale de ces données par des traitements plus complexes : interpolation spatiale, calcul de barycentres, jointures spatiales, etc.

L'application vise à offrir une grande flexibilité quant à l'échelle de travail ; Ceci permet de faire des analyses aussi bien sur l'ensemble de la région (l'espace des deux parcs nationaux) que sur un écosystème particulier.

3.4 - Démarche méthodologique spécifique au suivi de la biodiversité : intégration du suivi de la biodiversité dans une étude pluridisciplinaire à l'aide de la géomatique :

- **Concepts de Géomatique et de suivi de la biodiversité**

Précisons que la place de la géomatique dans le suivi de la biodiversité au niveau des territoires de PN de l'Ahaggar consiste en la récolte, le traitement, le stockage et la diffusion de données multithématiques. Ce suivi concerne un réseau de méga-transects, transects ou/et stations répartis sur les sites prioritaires, et sélectionnés pour leur représentativité éco-géographique.

La méthodologie de suivi *in situ* de la biodiversité, reproductible pour l'ensemble des sites, intègre la géomatique pour une approche combinant des données socio-économiques et écologiques géoréférencées. Chaque discipline contribue ainsi à la définition d'une couche d'information représentant un thème particulier. Toutes les couches ainsi générées sur un site donné, représentant des données multithématiques, sont intégrées dans un système d'informations géographiques (SIG). Un des objectifs principaux est de réaliser la cartographie d'un « état de la biodiversité à un temps initial t_0 » pour chaque site, ce d'une part en tant que support pour le suivi (suivi à long terme), et d'autre part en tant que moyen de prospective pour le développement local ou régional (écodéveloppement – écotourisme – management collaboratif).

Le concept de suivi de la biodiversité induit deux notions fondamentales complémentaires :

1- la détection des changements qui sous-entend la possibilité de représentation cartographique et la périodicité des observations : il faut pouvoir qualifier et quantifier les observations sur la biodiversité (faune, flore) et son milieu avec une fréquence de mesures suffisantes pour cerner les causes et les conséquences des changements éventuels ;

2- la reconnaissance des seuils significatifs qui définissent la marge comprise entre les stades précoces au cours desquels le phénomène de dégradation s'amorce, sous une forme encore réversible, et le stade terminal de l'évolution lorsque la dégradation de la biodiversité devient irréversible. Sur le plan de la géomatique, la représentation spatiale de la biodiversité et des phénomènes qui lui sont associés doit être réalisée très rapidement, en fonction de paramètres (techniques ou socio-économiques) variables (dans le temps et l'espace) pour que l'intervention réparatrice soit réalisable et encore utile.

Dans cette démarche, il s'agit donc d'une approche intégrée de la biodiversité qui permettra l'étude des interactions faune – flore/ milieu naturel / société humaine. Ainsi, le suivi de la biodiversité est pris au sens large : il concerne la faune et la flore en relation avec leur milieu dont deux facteurs majeurs, les variations climatiques et les activités humaines, jouent un rôle prépondérant. A titre d'exemple, on peut préciser qu'il existe une grande variété de processus et niveaux de gravité dont le plus fort est associé au critère d'irréversibilité de la dégradation. Cette dégradation est considérée comme irréversible lorsque l'évolution de la végétation et des sols (la flore) ou de l'habitat (la faune), ne permet pas de prévoir un retour vers l'état primitif dans des conditions de protection totale ou quasi-totale de l'environnement.

La géomatique, définie comme l'ensemble des techniques de traitement informatique des données géographiques, fait appel aux bases de données, aux SIG et à la télédétection pour la production, le traitement, et la gestion de l'information géographique. Pour notre projet, la géomatique est intégrée dans la méthodologie de suivi de la biodiversité. Pour atteindre cet objectif, il est nécessaire de fixer la démarche conceptuelle et méthodologique de l'outil géomatique qui permettra le suivi de la biodiversité. En effet, au sens du suivi de la biodiversité, il s'agit principalement d'étudier la biologie des populations dont l'étude des caractéristiques et de la dynamique des populations animales et végétales est essentielle. Cette étude fait appel à des méthodes de récolte des données (terrain) puis de traitement (statistique) spécifiques. Par conséquent, le choix des méthodes de terrain, appliquant l'outil géomatique, doit être conforme au niveau de précision souhaitée. La finalité est en fait la production de données spatialisées sur la faune et sur la flore et leur compatibilité avec la méthodologie de suivi de la biodiversité ; Le choix d'un niveau de perception approprié, tant du point de vue écologique que spatial, est donc fondamental (**Pagès J.M, 1984 ; ROSELT- 2002**).

Sur le plan de la donnée terrain à récolter, le peuplement, défini comme «l'ensemble des populations habitant un même milieu dénommé biotope », peut être retenu comme entité élémentaire (niveau de perception) à associer à l'outil géomatique. Cette notion de peuplement présente au moins trois (03) avantages :

- La composition d'un peuplement (nombre total d'espèces et richesse stationnelle moyenne) est indicatrice de la richesse spécifique d'un biotope. C'est donc un outil de mesure de la biodiversité sur un site donné à un moment donné ;
- La structure d'un peuplement (mode de distribution des individus des espèces présentes) est sensible aux changements survenant au sein des biotopes (perturbations accidentelles, évolutions lentes, etc.). C'est donc un bioindicateur potentiel de l'évolution d'un système écologique, quel qu'il soit ;
- L'étude des peuplements se base sur un constat de présence/absence des espèces ; c'est un type de données plus simple à obtenir sur le terrain que des densités absolues, qui impliquent des comptages souvent difficiles à mettre en œuvre et à valider.

Toutefois, l'étude des peuplements présente quelques difficultés propres, notamment :

- La complexité des interactions entre espèces implique que les changements restent délicats à interpréter. Il sera ainsi difficile d'établir si une modification dans la composition d'un peuplement est due à un mécanisme interne ou à une réelle modification du biotope. Mais la nature pluridisciplinaire des études peut potentiellement permettre de dégager des relations intéressantes.
- Travailler sur des assemblages d'espèces pose le problème de la détectabilité : l'absence ou la faible abondance d'une espèce est elle réelle ou est ce un artefact du à ses mœurs discrets qui font qu'elle échappe plus souvent à l'observateur ? Ceci justifie la question du choix des espèces phares à suivre en priorité et retenues dans la méthodologie de suivi de la biodiversité.

- **Hierarchiser les niveaux d'analyse : le triptyque terrain - télédétection – SIG**

La géomatique offre des possibilités techniques de hiérarchisation des données et des résultats en vue de leur spatialisation. L'association des relevés de terrain et de la télédétection permet d'obtenir une représentation cartographique valide de l'agencement des paysages sur un espace donné, le contrôle sur des stations de terrain permettant l'établissement d'une référence pour l'interprétation et le traitement d'images satellitaires (**Girard MC & Girard CM, 1999**).

Une démarche de ce type, classique en télédétection (**Escadafal R. & Huete A.R., 1991 ; Richards J.A., 1993**), peut être employée pour l'intégration d'un suivi de la biodiversité. Il y a réalisation d'une cartographie des biotopes qui va constituer le plan sur lequel appliquer une méthode d'échantillonnage stratifié (à choisir en fonction du peuplement étudié). L'intégration des données (Tables attributaires + cartes) dans les SIG permettra d'effectuer les traitements et opérations spatiales nécessaires à la prise de décision et à la poursuite des recherches, le système restant évolutif dans le temps. L'emboîtement hiérarchique depuis les stations ponctuelles de relevé jusqu'à une aire couvrant un champ spatial plus vaste (le site) peut ainsi être opérationnel grâce à une répartition structurée des tâches. Celle-ci reste dépendante des moyens à disposition sur les sites : SIG sous Arc Gis, résolution des images satellites disponibles, matériel spécifique pour le suivi de la biodiversité.

3.5- Renforcement de la méthodologie de suivi de la biodiversité à l'aide de la géomatique

- **Opérations techniques**

Pour servir de référentiel cartographique au SIG, les opérations techniques réalisées regroupent les deux (02) principaux travaux suivants :

a) Cartographie : (1) Acquisition des cartes topographiques vectorisées (1/500.000) ; (2) Exploitation du MNT et réalisation de cartes dérivées diverses (hypsométrie,...) ; (3) Délimitation des territoires de l'Ahaggar ; (4) Localisation des zones de suivi de la biodiversité : six (06) sites prioritaires, deux (02) zones humides et quatre (04) placettes de suivi de l'*Acacia* sp. ; (5) Extraction des cartes des huit (08) sites prioritaires ; (6) L'acquisition des cartes topographiques vectorisées (1/200.000) est prévue au courant du dernier trimestre de l'année 2006.

b) Télédétection : (1) Acquisition de 26 images satellites LANDSAT ETM+ ; (2) Traitement numérique des données (réalisation des compositions colorées, extraction du thème végétation à travers le calcul des NDVI) ; (3) Réalisation d'une spatiocarte des PN du Tassili et de l'Ahaggar (1/500.000) ; (4) Extraction des spatiocartes des sites prioritaires (1/200.000 et 1/100.000) ; (5) L'acquisition des images satellites SPOT XS (résolution 20m) et SPOT Panchromatique (résolution 10m et 5m), couvrant les zones de suivi de la biodiversité : six (06) sites prioritaires, deux (02) zones humides et quatre (04) placettes de suivi de l'*Acacia* sp., est prévue dans les prochaines phases du mémoire.

- **Opérations thématiques**

- a/ Préliminaires d'une méthode de terrain pour une typologie de référence des milieux naturels**

Une approche structurale de l'écosystème est suivie comme méthode de relevés sur le terrain. En effet, durant les campagnes de terrain de l'année 2006, toutes les observations ont été notées et géoréférencées au GPS. Cette investigation sur le terrain visait l'élaboration d'un plan pour la stratification des échantillonnages futurs et par conséquent la mise en place d'une méthodologie de suivi de la biodiversité.

Dans ce cadre, les méga transects (parcouru en voiture) et les transects ou/et placettes permanentes (à pied) sont abordés en tant que «structure spatiale de l'écosystème». Il s'agit d'une approche multi variable : les descripteurs écologiques et les composantes du milieu ont permis de décrire les stations visitées. En effet, sur chacune d'entre elle, une description systématique et stratifiée des composantes du milieu est réalisée. Chaque variable est géoréférencée et notifiée à partir d'une estimation visuelle. Ainsi, une typologie des milieux naturels qui servira à l'établissement d'un référentiel thématique c'est-à-dire la cartographie de «l'état de la biodiversité à un temps initial t_0 ». Le long de transects, les stations sont implantées selon l'observation des discontinuités visibles dans le milieu en fonction notamment de la position topographique (prise en compte de l'altitude et de la pente).

- b/ Proposition d'une méthode de cartographie écologique assistée par télédétection**

La mise en place d'une méthodologie de suivi de la biodiversité nécessite la télédétection pour la spatialisation des données (**Baudat J., 2003**) et le suivi diachronique et synchronique à long terme sur l'ensemble des sites prioritaires.

Si la validation des différents traitements numériques réalisés sur les images satellites (compositions colorées, NDVI, classifications) reste à achever, les résultats cartographiques sont cohérents à travers la photo-interprétation thématique des spatio-cartes.

La cartographie écologique assistée par télédétection peut se réaliser selon deux (02) niveaux distincts mais complémentaires :

1- Etablissement par télédétection d'une typologie de référence terrain sur les milieux naturels : Dans ce type de méthodologie, où l'approche multivariable est amplement justifiée, la stratification de l'échantillonnage est exempte d'une interprétation *à priori* sur la répartition des espèces végétales ou animales étudiées. Cette démarche peut donc être adoptée pour sa complémentarité avec les méthodes classiques issues de l'écologie des peuplements et sa compatibilité avec l'emploi des techniques de la télédétection. Elle est la base d'une structure méthodologique de cartographie intégrée du milieu naturel assistée par télédétection.

Dans ce type d'approches cartographiques par télédétection, il est suggéré de suivre le cheminement suivant :

- Réalisation d'une carte des paysages (carte d'ensemble) : par sa nature globalisante, carrefour entre la faune et la flore, une carte des paysages est ouverte à l'intégration de données nouvelles ; Tout en restant issue d'une structure méthodologique valide, ce type de produit cartographique constitue un outil pour le travail pluridisciplinaire et la surveillance écologique à long terme (**Bertrand G., 1968 ; Richard J.F., 1975, 1989; Rougerie G. & Beroutchachvili, 1991; Burel F. & Baudry J. ; 2001**). Dans cette démarche, le paysage est considéré comme un assemblage de biotopes.

- Typologie des biotopes : définir le biotope d'un peuplement animal particulier par exemple (Guépard, Gazelle, ...) implique d'avoir identifié les variables écologiques indispensables à la survie des populations composant ce peuplement (**Blondel J., 1995**). Selon les groupes taxonomiques étudiés, cela peut impliquer une étude préalable. Cependant, l'avantage du niveau des peuplements est son caractère global : en tant qu'assemblage d'espèces, il constitue d'une certaine manière l'index d'un système d'exploitations spécifiques du milieu. Si la description des milieux naturels est fine, les variables de biotopes seront nécessairement incluses dans la typologie établie. S'agissant du choix des peuplements à suivre, l'approche ici proposée est la suivante : préférer des groupes d'espèces communes et se reproduisant sur la zone d'étude, occupant des niveaux trophiques médians (consommateurs primaires et secondaires plutôt que décomposeurs et super prédateurs par exemple), et comprenant une proportion similaire d'espèces généralistes et spécialistes afin d'être sensibles à différents types de changements pouvant survenir dans l'écosystème (**Forman R.T.T. & Godron M., 1986 ; Frontier , S. & Pichod-Viale D., 1998**); En effet, les peuplements d'un même groupe taxonomique connaîtront des espèces différentes selon les périodes de l'année (cas des espèces migratrices), les paysages (conditions bioclimatiques et écologiques locales), et les régions biogéographiques étudiées. Il est essentiel de définir une aire biogéographique de validité pour l'utilisation des attributs associés à la définition du biotope d'un peuplement, d'autant plus que l'ensemble du Sahara est un véritable carrefour biogéographique. L'extraction des biotopes à partir du paysage, telle que suggérée ici, privilégie donc une entrée systémique et spatiale : on effectue un découpage sémantique sur la base de descripteurs qualitatifs biophysiques et écologiques suivant une démarche paysagique. Toutefois, des contraintes résident dans l'objectivité du choix des descripteurs : cette homogénéité dans la représentation du milieu (on ne privilégie pas le sol ou la végétation au commencement de l'analyse) implique une interprétation généraliste qui ne peut pas remplacer celle des spécialistes. Il s'agit tout simplement de fournir un outil suffisamment souple, générateur de résultats pouvant être réutilisé dans une approche plus spécifique, comme par exemple l'extraction des biotopes puis des habitats de la faune sauvage (**Whitford W.G., 2002**).

- Typologie des habitats à partir des variables paysages : l'extraction des habitats se heurte au problème de la prise en compte de l'amplitude écologique des espèces : une même espèce va pouvoir s'implanter dans différents habitats, et ce notamment en fonction des saisons, des zones bioclimatiques, des régions biogéographiques. De plus, les attributs de l'habitat d'une espèce présupposent des connaissances fines issues d'études préalables sur l'espèce considérée (écologie, régime alimentaire, biologie de la reproduction,

écophysiologie, comportement). A ce niveau d'intégration, l'entrée zoologique prime sur l'entrée spatiale.

A titre illustratif, deux (02) exemples d'habitats, exploités respectivement par l'animal et par l'Homme, illustrent parfaitement cette démarche :

(1) Les steppes à végétation xérophytique, sur sol sablo limoneux à reg fin et pentes faibles parsemées de petites dépressions constituent l'habitat de la Gazelle Dorcas (*Gazella Dorcas*) au régime alimentaire végétarien ; Il s'agit d'une espèce animale dont l'aire de distribution s'étend sur l'ensemble des zones arides sahariennes. Par conséquent, les indications sur les espèces végétales ingérées et l'espace utilisé pour la prospection alimentaire (x km/jour pour un rayon minimal de x km) peuvent être retenues comme critères pour l'extraction spatiale des habitats sur image satellite. Une superposition sur le fond topographique permet de planifier une recherche systématique par exemple ou encore l'établissement d'un état de référence de l'habitat en vue d'un suivi.

(2) Les boisements à *Acacia raddiana* (Quézel P., Barbéro M, Benabid A. & Rivas-Martinez S., 1995) constituent un autre bon exemple de cette démarche. Une simple extraction spatiale de ces habitats sur image satellite associée à une superposition avec le fond topographique permet de constater la distribution en corridors le long des axes de drainage. Ceci s'accorde avec les observations de terrain qui décrivent la colonisation des banquettes alluviales de bords d'oued comme typique de cette espèce. *Acacia raddiana* pose par ailleurs le problème de l'évaluation de l'impact des pratiques humaines. Le genre *Acacia* est en effet connu pour être disséminé par l'homme et son cheptel ; ceux-ci étant certes des prédateurs du végétal mais celui-ci exploitant leur mobilité pour sa régénération. Un équilibre dynamique entre cette espèce végétale et les pratiques humaines (pastoralisme) est donc certainement en place depuis des décennies, ce qui souligne le besoin d'une approche tenant compte de la dimension historique des paysages. Cependant, la sédentarisation récente de populations auparavant majoritairement nomades pérennise au long de l'année l'impact des prélèvements de bois et par là même constitue certainement un facteur accentuant la fragmentation de ces corridors d'*Acacia raddiana* (Brunet R. & Ferras R. &Théry H., 1993). Un suivi de cette espèce contribuerait certainement à mieux comprendre la dynamique du paysage et les modalités de réponse de celui-ci à l'émergence d'un éventuel processus de pression humaine.

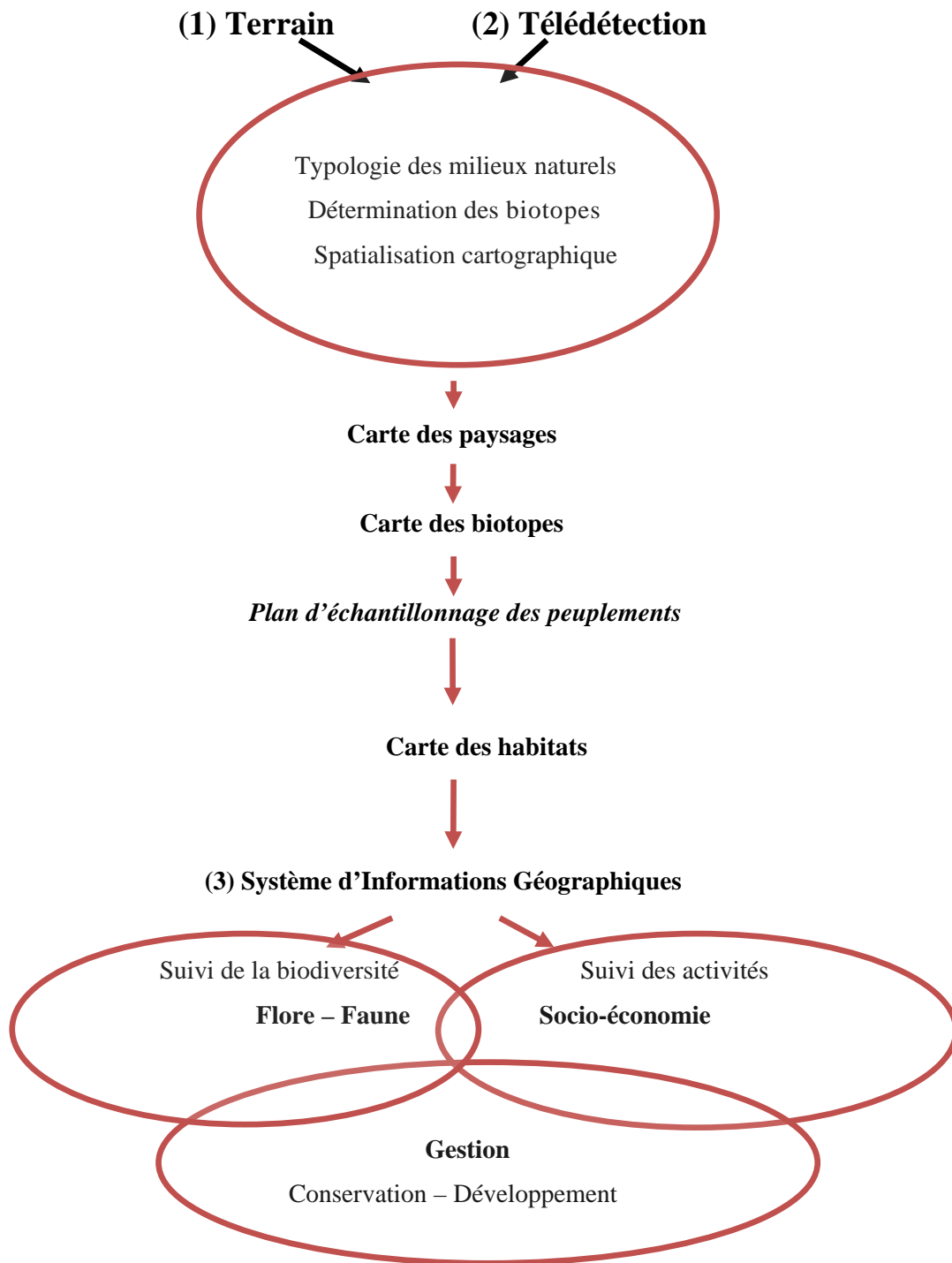


Figure n°33 : Intégration du suivi de la biodiversité dans la gestion des PN de l'Ahaggar

CHAPITRE 3

RESULTATS TECHNIQUES ET THEMATIQUES REALISES

D'abord, il est important de rappeler le cheminement général de la démarche retenue pour la mise en place d'un SIG au niveau du Parc national de l'Ahaggar ;

Ensuite, les résultats préliminaires de quelques actions de *Géomatique* sont présentés et discutés.

1 - Résultats des actions de Géomatique : configuration d'une station SIG

Précisons que, pour le parc national de l'Ahaggar, le SIG doit être conçu pour gérer les informations à composantes géographiques ; Il s'agit d'un outil puissant pour visualiser, interroger, analyser, gérer et mettre à jour toutes les données géographiques.

Pour cela deux conditions ont été observées :

- Mise à disposition des nouveaux outils et des données cartographiques ;
- Mise au point des méthodes adaptées aux attentes des structures et organismes concernés.

Depuis le démarrage du projet, plusieurs résultats ont été réalisés chronologiquement :

Pour proposer une configuration optimale, il fallait justifier :

Fonctions du SIG

Un SIG a pour fonctions principales : l'acquisition, le stockage et la gestion des bases de données géographiques. En outre un SIG permet la production de documents cartographiques et d'outils d'aide à la gestion ou/et à la décision pour le gestionnaire du parc et pour le partenaire institutionnel.

Fonctionnement du SIG

A fin d'établir une configuration matérielle et logicielle de la station SIG, il fallait d'abord préciser le fonctionnement du futur SIG :

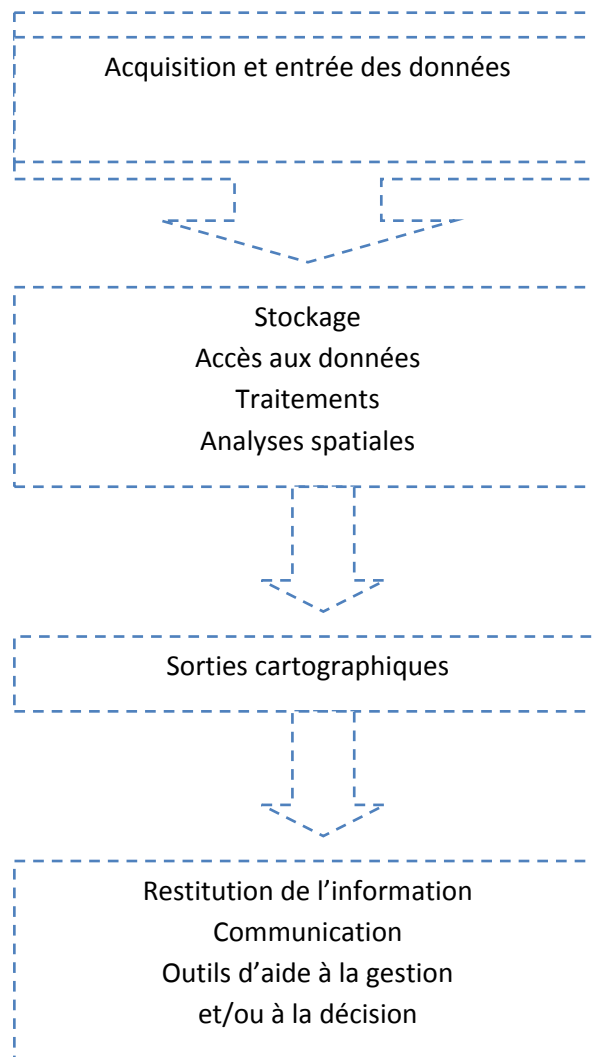


Figure n° 34 : Fonctionnement du SIG dédié à la gestion des PN du l'Ahaggar

2- Résultats thématique

2-1 Diagnostic du massif montagneux de l’Ahaggar

2.1-1 sites potentiels

2.1.1-1 Diagnostic et relevés de la flore

A) Formations steppiques diverses :

Elles correspondent à un stade de dégradation des steppes arborées ou « savanes désertiques », elles occupent les Thalwegs à une altitude de (520-1900m).

Le sol est diversifié, il est composé de sable fin, de limon, d’argile, et de matériaux humifères, avec une texture limono-sableuse à sableuse.

La végétation est peu développée et présente souvent une physionomie composite le recouvrement global est variable, de (10-60%)

A-1) Steppe à *Atriplex halimus*, *Artemisia judaica*, et *Anabasis articulata* :

Nature du sol : limono-sableuse, litière moyenne (17,5%,)

Pellicule de glaçage est très faible

Parcours clair (recouvrement est peu important (28%))

Tableau n°15: Richesse spécifique /O^d Tan-Tamenokalte (06°01’43’’E23°32’52’’N, altitude 1900m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Atriplex halimus</i>	3	9. <i>Paronychia arabica</i>	+
2. <i>Artemisia judaica</i>	2	10. <i>Bubonium graveolens</i>	+
3. <i>Anabasis articulata</i>	1	11. <i>Danthonia forskahlii</i>	+
4. <i>Zilla spinosa</i>	+	12. <i>Moricandia arvensis</i>	+
5. <i>Helianthemum lipii</i>	+	13. <i>Reseda Arabica</i>	+
6. <i>Deverra scoparia</i>	+	14. <i>Launaea residifolia</i>	+
7. <i>Farsetia ramosissima</i>	+	15. <i>Euphorbia granulata</i>	+
8. <i>Fagonia bruguieri</i>	+	16. <i>Monsonia heliotropoides</i>	+

Relevé n°07/O^d Tan-Tamenokalte (06°01’43’’E-23°32’52’’ N,1900m)

A-2) Steppe à *Aerva persica*, *Stipagrostis plumosa*, *Danthonia forskahlii* et *Fagonia bruguieri* :

Elle se présente comme une pelouse très claire sur une zone d’épandage ensablée, à une altitude entre 580-680m ;

Cette steppe mixte à psammophiles (les trois espèces, un excellent pâturage camelin) explique le taux élevé de sable qui varie de 60-70%.

Nature du sol : profond à texture sableuse.

Tableau n°16: Richesse spécifique /O^d Tekoyet (3°10’18’’E-22°41’05’’N ,580m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Aerva persica</i>	3	3. <i>Morretia canescens</i>	+
2. <i>Stipagrostis plumosa</i>	2	4. <i>Maerua crassifolia</i>	2
5. <i>Danthonia forskahlii</i>	1	6. <i>Astragalus vogelii</i>	+
7. <i>Fagonia bruguieri</i>	1	10. <i>Farsetia ramosissima</i>	+
8. <i>Panicum turgidum</i>	1	11. <i>Bubonium graveolens</i>	+
9. <i>Tephrosia leptastachya</i>	+	12. <i>Cassia lanceolata</i>	+

Relevé n°08/O^d Tekoyet (3°10’18’’E-22°41’05’’N ,580m)

A-3) Steppe à *Schouwia purpurea*, *Salsola foetida* et *Panicum turgidum* :

Cette steppe occupe les terrains et les espaces d'altitude comprise entre 520-700m, elle est dominée par une plante annuelle (Alouat) ou *Schouwia purpurea*, une deuxième plante halophile dominante vient indiquer l'existence d'un certain gradient de salinité dans le sol des contrées sud de l'Ahaggar.

Le pâturage d'Alouet (jarjir) peut durer de 1-2 ans, son développement est tributaire des précipitations, surtout ceux (des moussons soudanaises) de l'été.

Nature du sol : profond à texture sablo-limoneuses.

Tableau n°17: Richesse spécifique /O^d Adarniba (4°05'53''E-23°11'43''N ,670m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1) <i>Schouwia purpurea</i>	4	2) <i>Fagonia Bruguieri</i>	+
3) <i>Salsola foetida</i>	3	5) <i>Reseda villosa</i>	+
4) <i>Panicum turgidum</i>	2	6) <i>Heliotropium undulatum</i>	+
7) <i>Psoralea plicata</i>	1	8) <i>Tribulus terrester</i>	+
9) <i>Morretia canescens</i>	+	10) <i>Crotalaria saharae</i>	+
11) <i>Astragalus pseudotrigonus</i>	+	12) <i>Astragalus vogelii</i>	+
Relevé n°09/O^d Adarniba (4°05'53''E-23°11'43''N ,670m)			

A-4) Steppe à *Calligonum comosum*, *Artemisia campestris*, *Zilla spinosa* et *Pulicaria crispa* :

Cette steppe sableuse occupe les terrains d'altitude de 1240m, comprend des espèces fourragères de bonne qualité, le recouvrement global de la végétation est de 60%.

Nature du sol : profond de texture sableuse.

Le cortège floristique est relativement riche par rapport aux autres steppes précédentes, nous remarquons la présence de l'*Acacia raddiana* relictuel, hôte clé souffrant du surpâturage.

Tableau n°18: Richesse spécifique /O^d In Hamertek (5°40'05''E-23°55'13'' N, 1240m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Artemisia judaica</i>	+	2. <i>Ifloga spicata</i>	+
3. <i>Artemisia campestris</i>	2	4. <i>Farsetia ramosissima</i>	+
5. <i>Acacia raddiana</i>	+	6. <i>Launaea residifolia</i>	+
7. <i>Aristida plumosa</i>	+	8. <i>Matricaria pubescens</i>	+
9. <i>Anabasis articulata</i>	+	10. <i>Monsonia heliotropioïdes</i>	+
11. <i>Astragalus vogelii</i>	+	12. <i>Paronychia arabica</i>	+
13. <i>Bassia muricata</i>	+	14. <i>Pulicaria crispa</i>	1
15. <i>Calligonum comosum</i>	3	16. <i>Deverra scoparia</i>	+
17. <i>Cleome arabica</i>	+	18. <i>Fagonia olivieiri</i>	+
19. <i>Cotula cinerea</i>	+	20. <i>Trichodesma africanum</i>	+
21. <i>Heliotropium undulatum</i>	+	22. <i>Panicum turgidum</i>	+
		23. <i>Zilla spinosa</i>	2
Relevé n°10/O^d In Hamertek (5°40'05''E-23°55'13''N, 1240m).			

B) Formations à *Tamarix aphylla* :

Ces formations à dominance de *Tamarix aphylla* se rencontrent sur les terrains à 300-1500m d'altitude, elles habitent où la nappe phréatique se situe à 5-10m de la surface des grands oueds sablonneux.

Quand les conditions sont favorables (la nappe phréatique proche), le tamarix articulé forme des « forêts » riveraines luxuriantes fermées où les pieds peuvent atteindre plus de 10m de hauteur, avec des troncs de 1,9m de diamètre. En conditions défavorables, il forme des « forêts » claires ou forêts steppes dont la hauteur ne dépasse guère 2-3m.

Ces formations ouvertes à tamarix, abritent des espèces telles que : *Stipagrostis pungens*, *Leptadenia pyrotechnica*, et *Calligonum comosum*

Le Taberkate est un grand arbre des étages arides et désertiques qui fréquente surtout les terrains salés. Il fournit, sur place, le bois dans les régions désertiques et produit une galle « le takaout » matière tannante très précieuse pour les habitants, comme il peut fournir un complément de pâturage pour les dromadaires et les chèvres.

La végétation halophile qui compose les formations à Tamarix est conditionnée par la présence de la nappe phréatique de surface qui humidifie le sol et dissout le sel déposé par ruissellement au niveau des oueds.

Le recouvrement global de la végétation de ces formations varie entre 10-70%, on y compte 03 faciès.

B-1) Faciès à *Tamarix aphylla*, *Callotropis procera* et *Acacia raddiana* :

Ce faciès arboré est très fréquent, il se développe à 800-1100m d'altitude, avec un recouvrement global de la végétation de 60%.

Le sol est profond à texture sableuse à sablo-limoneuse.

L'arbre à soie (*Callotropis procera*) est la seconde espèce dominante dans ce faciès, elle se développe aisément sur les alluvions récents et dénote une dégradation anthropozoïque.

Acacia raddiana, *Zilla spinosa*, tous deux espèces saxicoles marquent une transition entre les deux formations « les formations à Tamarix » et « les formations à *Acacia raddiana* » par le changement du substrat du sablonneux au rocailleux.

Le cortège floristique est plus varié.

Tableau n°19: Richesse spécifique /O^d Igharghar (5°50'38''E-24°11'03''N ,970m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Acacia raddiana</i>	1	2. <i>Hippocrepis bicontorta</i>	+
3. <i>Artemisia judaïca</i>	+	4. <i>Imperata cylindrica</i>	+
5. <i>Artemisia campestris</i>	+	6. <i>Launaea residifolia</i>	+
7. <i>Aristida plumosa</i>	+	8. <i>Lotus glinoïdes</i>	+
9. <i>Astragalus vogelii</i>	+	10. <i>Malcolmia aegyptiaca</i>	+
11. <i>Asphodelus tenuifolius</i>	+	12. <i>Matricaria pubescens</i>	+
13. <i>Amaranthus angustifolius</i>	+	14. <i>Moricandia arvensis</i>	+
15. <i>Bubonium graveolens</i>	+	16. <i>Oligomeris linifolia</i>	+
17. <i>Callotropis procera</i>	3	18. <i>Panicum turgidum</i>	+
19. <i>Cleome arabica</i>	+	20. <i>Paronychia arabica</i>	+
21. <i>Citrullus vulgaris</i>	+	22. <i>Reseda villosa</i>	+
23. <i>Cotula cinerea</i>	+	24. <i>Reseda arabica</i>	+
25. <i>Cynodon dactylon</i>	+	26. <i>Senecio massaicus</i>	+
27. <i>Danthonia forskahlii</i>	+	28. <i>Schouwia purpurea</i>	+
29. <i>Diploxys virgata</i>	+	30. <i>Tamarix aphylla</i>	4
31. <i>Euphorbia granulata</i>	+	32. <i>Tribulus terrester</i>	+
33. <i>Euphorbia calyptata</i>	+	34. <i>Trichodesma africanum</i>	+
35. <i>Farsetia ramosissima</i>	+	36. <i>Zilla spinosa</i>	2
37. <i>Fagonia arabica</i>	+	38. <i>Heliotropium undulatum</i>	+
Relevé n°11/O^d Igharghar (5°50'38''E-24°11'03''N ,970m).			

B-2) Faciès à *Tamarix aphylla*, *Salsola foetida*, et *Atriplex halimus*

Ce faciès occupe les terrasses alluviales des oueds* à 940-1100m d'altitude, se compose d'un cortège floristique très apprécié.

Le sol est profond avec une texture sableuse à sablo-limoneuse.

Les espèces caractéristiques sont les espèces halophiles suivantes : *Tamarix aphylla*, *Salsola foetida*, *Atriplex halimus*

Le recouvrement global de la végétation est de 20-70%.

Les oueds* (Od Eghaghar ,Od Amadghor, Od Abesbes, Od In Amguel, Od Egharghar ouan Adenek)

La flore de ce faciès est plus variée.

Tableau n°20: Richesse spécifique /O^d In Amguel (5°13'07''E-23°41'13''N,970m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Acacia raddiana</i>	+	2. <i>Panicum turgidum</i>	+
3. <i>Acacia seyal</i>	+	4. <i>Pergularia tomentosa</i>	+
5. <i>Aerva persica</i>	+	6. <i>Pennisetum dichotomum</i>	+
7. <i>Artemisia judaïca</i>	+	8. <i>Pulicaria crispa</i>	+
9. <i>Artemisia campestris</i>	+	10. <i>Schouwia purpurea</i>	+
11. <i>Atractylis aristata</i>	+	12. <i>Salsola foetida</i>	3
13. <i>Atriplex halimus</i>	2	14. <i>Tamarix aphylla</i>	4
15. <i>Aristida plumosa</i>	+	16. <i>Trichodesma africanum</i>	+
17. <i>Astragalus vogelii</i>	+	18. <i>Tribulus terrester</i>	+
19. <i>Bassia muricata</i>	+	20. <i>Zilla spinosa</i>	+
21. <i>Calligonum comosum</i>	+	22. <i>Farsetia ramosissima</i>	+
23. <i>Callotropis procera</i>	+	24. <i>Farsetia aegyptiaca</i>	+
25. <i>Citrullus vulgaris</i>	+	26. <i>Heliotropium undulatum</i>	+
27. <i>Cotula cinerea</i>	+	28. <i>Moricandia arvensis</i>	+
29. <i>Fagonia bruguieri</i>	+	30. <i>Morettia canescens</i>	+
<i>Relevé n°12/O^d In Amguel (5°13'07''E-23°41'13''N,970m).</i>			

B-3) Faciès à *Tamarix articulata*, *Calligonum comosum*, *Stipagrostis pungens* et *Panicum turgidum* :

Ce faciès est largement répandu à travers les terrains d'oueds* à 620-1250m d'altitude.

Le recouvrement global est de 20-60%.

L'apport éolien est très important (55%).

Les espèces psammophiles palatables sont très notables dans ce faciès (*Aristida plumosa*, *Aerva persica*, *Artemisia campestris*).

Tableau n°21: Richesse spécifique /O^d Mertoutek (5°48'08''E-24°16'03''N,950m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Tamarix aphylla</i>	2	2. <i>Heliotropium undulatum</i>	+
3. <i>Calligonum comosum</i>	1	4. <i>Cleome arabica</i>	+
5. <i>Stipagrostis pungens</i>	1	6. <i>Tribulus terrester</i>	+
7. <i>Panicum turgidum</i>	1	8. <i>Reseda arabica</i>	+
9. <i>Zilla spinosa</i>	+	10. <i>Matricaria pubescens</i>	+
11. <i>Citrullus vulgaris</i>	+	12. <i>Paronychia arabica</i>	+
13. <i>Aerva persica</i>	+	14. <i>Cotula cinerea</i>	+
15. <i>Aristida plumosa</i>	+	16. <i>Astragalus vogelii</i>	+
17. <i>Morettia canscens</i>	+	18. <i>Ifloga spicata</i>	+
19. <i>Farsetia ramosissima</i>	+	20. <i>Trichodesma africanum</i>	+
21. <i>Artemisia campestris</i>	+	22. <i>Fagonia bruguieri</i>	+
23. <i>Danthonia forskahlii</i>	+	24. <i>Launaea residifolia</i>	+
25. <i>Schouwia purpurea</i>	+		

Relevé n°13/O^d Mertoutek (5°48'08''E-24°16'03''N,950m).

* Les oueds (O^d Sersouf, O^d Taghmert n'Akhe, O^d Igharghar, O^d Mertoutek, O^d Tin felki)

Résumé :

Les formations tropicales relativement humides ou steppes arborées à *Tamarix aphylla* présentent une plus grande diversité floristique de formes arbustives et elles sont sensiblement riches en espèces floristiques.

Ces formations « tamariçaeas » contiennent une forte proportion d'espèces halophiles telles que : *Salsola foetida*, *Atriplex halimus*, *Tamarix gallica*....etc

Les espèces psammophiles qu'on peut rencontrer dans les dunes se réfugient dans ces tamariçaeas ou le *Stipagrostis pungens* peut devenir très abondant.

On remarque un enrichissement relative en espèces tropicales telles que : *Callotropis procera*, *Aerva persica*

C) Formations à *Acacia raddiana* :

Cette espèce peut monter jusqu'à 1800-2100m d'altitude, et peut même descendre jusqu'à 400m, elle préfère les sols brun-arides sur matériaux sableux ou sablo-argileux.

Elle épouse toutes les topographies sur son aire de répartition (10-540mm), et supporte les conditions rigoureuses d'un climat sec plus ou moins accentué.

Ces formations caractérisent les lits d'oueds rocailleux, un substrat argileux en profondeur constitue un horizon imperméable pour l'accumulation d'eau, qui permet le développement de ces peuplements à *Acacia raddiana*.

C'est un arbre qui résiste et cohabite avec l'aridité, aux températures élevées de l'été et des basses de l'hiver, il est le plus xérique des angiospermes et possède un système racinaire volumineux très développé en profondeur. Elle n'est pas exigeante sur le plan précipitations.

Son aire d'habitat est représenté abondamment dans le massif central du Sahara, et s'étend vers le Sud jusqu'à la limite septentrionale du Sahel.

L'*Acacia raddiana* appartient à la famille des légumineuses, et à la sous famille des mimosacées.

C'est une espèce d'un grand intérêt social, elle constitue un hôte clé dans l'écosystème saharien, elle produit le « pâturage sur arbre » aliment très important dans les moments de disette ou de sécheresse continue pour l'homme, les camelins et les caprins grâce à ses gousses et son feuillage persistant.

Elle procure bois de construction (piquets de tente, et de Zeriba), de chauffage, et d'autre utilités.

Ces formations à *Acacia raddiana* présentent une végétation claire et dense par endroits ou le recouvrement global peut atteindre 10-80%.

Les steppes arborées de ces formations sont au nombre de 11 faciès.

C-1) Steppe arborée à, *Acacia raddiana*, *Leptadenia pyrotechnica* *Pergularia tomentosa*, et *Tamarix aphylla* :

C'est une steppe arborée claire à dense, elle se développe sur les sols minéraux bruts ou peu évolués d'apport éoliens, à des altitudes moyennes de 460-580m, caractérisés par un voile éolien de 20-35%, ainsi qu'un pourcentage d'éléments grossiers de 17-20%.

Le recouvrement global de la végétation est de 30-60%.

Le tamarix aphyllé forme dans cette formation des micronebkhas et *Stipagrostis pungens* se trouve en litière.

Nature du sol : texture sableuse à sablo-limoneuse et parfois sablo-argileuse.

Tableau n°22 : Richesse spécifique / O^d Tin Tarabine (6°50'38''E-23°11'03'' N,670m))

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Aerva persica</i>	+	13. <i>Farsetia ramosissima</i>	+
2. <i>Acacia raddiana</i>	3	14. <i>Leptadenia pyrotechnica</i>	2
3. <i>Acacia seyal</i>	+	15. <i>Maerua crassifolia</i>	+
4. <i>Astragalus vogelii</i>	+	16. <i>Panicum turgidum</i>	+
5. <i>Balanites aegyptiaca</i>	+	17. <i>Pergularia tomentosa</i>	1
6. <i>Callotropis procera</i>	+	18. <i>Pulicaria crispa</i>	+
7. <i>Chrozophora brocchiana</i>	+	19. <i>Morettia canascens</i>	+
8. <i>Citrullus vulgaris</i>	+	20. <i>Reseda villosa</i>	+
9. <i>Cleome arabica</i>	+	21. <i>Schouwia purpurea</i>	+
10. <i>Cotula cinerea</i>	+	22. <i>Stipagrostis pungens</i>	+
11. <i>Euphorbia granulaa</i>	+	23. <i>Tamarix articulata</i>	+
12. <i>Fagonia Arabica</i>	+		

Relevé n°14/O^d Tin Tarabine (6°50'38''E-23°11'03''N ,670m)).

C-2) Steppe arborée à *Panicum turgidum*, *Zilla spinosa*, *Anabasis articulata* et *Acacia raddiana*

Ce faciès est rencontré dans les terrains à 1340m d'altitude, et caractérise les sols rocailloux Le recouvrement de la végétation est très important avec 60%.

Les éléments grossiers couvrent 15% de la surface du sol, le voile éolien, la pellicule de glaçage et la litière sont de 5%.

Dans ce faciès, l'Absegh se trouve dans un état relictuel.

Tableau n°23: Richesse spécifique /O^d Tafedjek (5°50'38''E-23°45'03''N ,1340m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Panicum turgidum</i>	4	11. <i>Astragalus pseudotrigonus</i>	+
2. <i>Zilla spinosa</i>	2	12. <i>Morettia canascens</i>	+
3. <i>Anabasis articulata</i>	1	13. <i>Fagonia bruguieri</i>	+
4. <i>Acacia raddiana</i>	1	14. <i>Echium trigorrhizum</i>	+
5. <i>Pulicaria crispa</i>	+	15. <i>Aristida plumosa</i>	+
6. <i>Cotula cinerea</i>	+	16. <i>Heliotropium undulatum</i>	+
7. <i>Astragalus vogelii</i>	+	17. <i>Atractylis aristata</i>	+
8. <i>Paronychia arabica</i>	+	18. <i>Centaurea pungens</i>	+
9. <i>Launaea residifolia</i>	+	19. <i>Ifloga spicata</i>	+
10. <i>Artemisia campestris</i>	+		

Relevé n°150^d Tafedjek (5°50'38''E-23°45'03''N, 1340m).

C-3) Steppe arborée à *Acacia raddiana*, *Acacia seyal*, *Leptadenia pyrotechnica* et *Cassia obovata*

C'est une steppe claire sur sols peu évolués d'apport éolien, ses espèces indiquent la xéricité du sol, elle se rencontre à 620-710m.

Le recouvrement de la végétation est de 30-40%

Des éléments grossiers (50%) très important caractérisent le sol profond, le voile éolien est de 30%, la texture est sableuse.

La litière est de 15-20%.

Tableau n°24: Richesse spécifique /O^d Adjelmam (4°27'25''E-22°36'03''N ,720m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Acacia raddiana</i>	2	12. <i>Chrozophora brocchiana</i>	+
2. <i>Acacia seyal</i>	1	13. <i>Farsetia ramosissima</i>	+
3. <i>Cassia obovata</i>	1	14. <i>Aerva persica</i>	+
4. <i>Leptadenia pyrotechnica</i>	1	15. <i>Citrullus vulgaris</i>	+
5. <i>Maerua crassifolia</i>	+	16. <i>Morettia canascens</i>	+
6. <i>Pulicaria crispa</i>	+	17. <i>Astragalus vogelii</i>	+
7. <i>Ziziphus lotus</i>	+	18. <i>Heliotropium undulatum</i>	+
8. <i>Fagonia bruguieri</i>	+	19. <i>Euphorbia granulata</i>	+
9. <i>Schouwia purpurea</i>	+	20. <i>Reseda villosa</i>	+
10. <i>Crotalaria saharae</i>	+	21. <i>Pulicaria undulata</i>	+
11. <i>Panicum turgidum</i>	+		

Relevé n°16/O^d Adjelmam (4°27'25''E-22°36'03'' N,720m).

C-4) Steppe arborée à *Cornulaca monacantha*, *Panicum turgidum* et *Acacia raddiana*

Cornulaca monacantha est une espèce indicatrice des groupements des dunes (ERG), elle s'y installe fortement et facilement.

Elle peut relativement changer de milieu, en présence d'*Acacia raddiana* et *Panicum turgidum* dans les dépressions et les grandes vallées rocailleuses et ensablées.

Ce faciès se trouve à 580-740m d'altitude.

La végétation couvre 15-60% de la surface du sol, très claire à cause de la dégradation.

Cornulaca monacantha est une espèce très broutée et le panicon se trouve sous forme de litière à cause de l'aridité du climat.

Le voile éolien est important, il est de 65% dans certains cas, la pellicule de glaçage est de 25-35%, les éléments grossiers sont de l'ordre de 15%.

Le sol est de texture sableuse à sablo limoneuse, parfois sablo-argileuse.

Ce faciès est répandu dans les oueds de (Tikouyet, Tamarouelt, etc).

Tableau n°25: Richesse spécifique / O^d Amezhar ouan Afella (3°32'38''E-22°03'11''N ,560m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Cornulaca monacantha</i>	2	8. <i>Fagonia bruguieri</i>	+
2. <i>Panicum turgidum</i>	1	9. <i>Fagonia Arabica</i>	+
3. <i>Acacia raddiana</i>	1	10. <i>Aristida plumosa</i>	+
4. <i>Schouwia purpurea</i>	+	11. <i>Morettia canascens</i>	+
5. <i>Salsola foetida</i>	+	12. <i>Astragalus vogelii</i>	+
6. <i>Chrozophora brocchiana</i>	+	13. <i>Reseda villosa</i>	+
7. <i>Faestetia ramosissima</i>	+		
<i>Relevé n°17/O^d Amezhar ouan Abella (3°32'38''E-22°03'11''N ,560m)</i>			

C-5) Steppe arborée à *Schouwia purpurea*, *Panicum turgidum*, *Aerva persica* et *Acacia raddiana*

Ce faciès se rencontre à 400-720m d'altitude, dans les sols argileux et rocaillieux désertiques.

Le recouvrement de la végétation est claire à dense de 20-80%.

Le sol est couvert de 48% de voile éolien ,20-30% de pellicule de glaçage, 35% d'éléments grossiers, 15-25% de litière, due au dessèchement des touffes de *Schouwia purpurea*.

Tableau n°26: Richesse spécifique / O^d Tamanrasset (3°36'28''E-22°11'03''N ,600m)

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Schouwia purpurea</i>	4	12. <i>Leptadenia pyrotechnica</i>	+
2. <i>Panicum turgidum</i>	3	13. <i>Crotalaria saharae</i>	+
3. <i>Aerva persica</i>	2	14. <i>Salsola foetida</i>	+
4. <i>Acacia raddiana</i>	1	15. <i>Pulicaria crispa</i>	+
5. <i>Balanites aegyptiaca</i>	+	16. <i>Boerhavia repens</i>	+
6. <i>Tamarix aphylla</i>	+	17. <i>Aristida plumose</i>	+
7. <i>Callotropis procera</i>	+	18. <i>Astragalus vogelii</i>	+
8. <i>Acacia seyal</i>	+	19. <i>Citrullus vulgaris</i>	+
9. <i>Stipagrostis pungens</i>	+	20. <i>Portula oleracea</i>	+
10. <i>Chrozophora brocchiana</i>	+	21. <i>Reseda villosa</i>	+
11. <i>Pergularia tomentosa</i>	+	22. <i>Fagonia arabica</i>	+
		23. <i>Tribulus terrester</i>	+
<i>Relevé n°18/ O^d Tamanrasset (3°36'28''E-22°11'03''N,600m)</i>			

Résumé :

Les formations à *Acacia raddiana* sont les plus importantes de toutes les formations végétales, on les rencontre à 460-1360m d'altitude sur un substrat souvent sableux, parfois sablo-limoneux ou sablo-argileux.

Le recouvrement varie de très clair, clair à dense selon l'état de dégradation de la végétation.

Quelques parcours sont très dégradés a cause du broutage et le déboisement excessifs.

Les formations à *Acacia* indiquent une plus grande aridité du milieu comparé aux autres formations comme *Tamarix aphylla* indicateur d'une humidité du sol et une nappe d'eau proche de la surface du sol.

En présence d'une sécheresse qui dure plusieurs mois voir plusieurs années, les espèces végétales ont développé une stratégie d'adaptation qui leur perme de survivre. Elles hibernent sous forme de rhizomes ou sous forme de graines.

Acacia raddiana développe un système racinaire qui puise dans un grand volume en profondeur.

Pour éviter la dégradation de ces formations (parcours), il est impératif de faire recours à des moyens ou techniques d'amélioration et de protection de la flore, actuellement fragilisée par l'anthropisation et l'aridité.

D) Formations à *Acacia seyal*

Les lits rocaillieux, les cônes de déjections formés de graviers alluvionnaires, au dessous de 1800m sont colonisés par la savane désertique épineuse caractérisée par les formations à *Acacia seyal*.

Cette espèce préfère les sols argileux, elle appartient à la famille des légumineuses, sous famille des mimosacées. C'est une espèce arborescente des régions sahariennes et présente un intérêt social, économique et écologique.

Son feuillage et ses gousses sont une ressource alimentaire intéressante pour les camelins et les caprins, tout particulièrement pendant les périodes de sécheresse.

En effet, l'*Acacia* joue un rôle sans équivalent dans la vie des nomades touaregs, elle est utilisée comme bois de chauffe, pour la confection des piquets, poteaux de tentes et des abris afin de se protéger de l'ardeur du soleil.

Peut être utilisé comme brise-vent, fixateur de sable, d'où vient son importance dans les reboisements en zone tropicale.

D-1) Faciès à *Salvadora persica*, *Acacia seyal*, et *Acacia raddiana*

Ce faciès se développe sur le substrat rocaillieux à 730m d'altitude (Od Adjelmam) avec un recouvrement végétal de 30%.

Le sol est profond à texture sableuse.

La charge caillouteuse est forte (38%), un voile éolien de (20%), et une litière de 12%, avec une pellicule de glaçage négligeable (2%).

Les espèces Tiheq, Tamat, Absegh sont très appréciées par les dromadaires.

Ce faciès est très dégradé à cause de la pression humaine (bois) et animale (pâturage).

Tableau n°27: Richesse spécifique / Amded (4°35'44''E-22°40'26''N,700m).

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Salvadora persica</i>	2	8. <i>Panicum turgidum</i>	+
2. <i>Acacia seyal</i>	1	9. <i>Cassia obovata</i>	+
3. <i>Acacia raddiana</i>	1	10. <i>Citrullus vulgaris</i>	+
4. <i>Maerua crassifolia</i>	+	11. <i>Astragalus vogelii</i>	+
5. <i>Zizyphus lotus</i>	+	12. <i>Reseda villosa</i>	+
6. <i>Cassia lanceolata</i>	+	13. <i>Fagonia bruguieri</i>	+
7. <i>Schouwia purpurea</i>	+	14. <i>Tribulus terrester</i>	+

Relevé n°19/ Amded (4°35'44''E-22°40'26''N,700m).

D-2) Faciès à *Aerva persica*, *Panicum turgidum*, *Chrozophora brocchiana* et *Acacia seyal*

Ce faciès affecte les lieux à 460-720m d'altitude sur les zones d'épandage

Le sol est d'une texture sableuse à sablo limoneuse.

La charge caillouteuse de 02-23%, la pellicule de glaçage de 02-10%, le voile éolien de 02-23%.

Le recouvrement de la végétation est de 50-60%, la litière est de 08-15%.

Le pâturage menace le Tamate, et les arbres dépérissent sous l'effet de la sécheresse.

Tableau n°28: Richesse spécifique /O^d Tin Tifinagh (3°16'02''E-24°22'36''N ,560m).

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Aerva persica</i>	4	10. <i>Citrullus vulgaris</i>	+
2. <i>Panicum turgidum</i>	3	11. <i>Fagonia bruguieri</i>	+
3. <i>Chrozophora brocchiana</i>	2	12. <i>Aristida plumosa</i>	+
	1	13. <i>Morettia canascens</i>	+
4. <i>Acacia seyal</i>	+	14. <i>Astragalus vogelii</i>	+
5. <i>Balanites aegyptiaca</i>	+	15. <i>Boerhavia coccinea</i>	+
6. <i>Acacia raddiana</i>	+	16. <i>Euphorbia granulata</i>	+
7. <i>Pulicaria crispa</i>	+	17. <i>Reseda villosa</i>	+
8. <i>Farsetia ramosissima</i>	+	18. <i>Tribulus terrester</i>	+
9. <i>Cassia lanceolata</i>	+		

Relevé n°20/O^d Tin Tifinagh (3°16'02''E-24°22'36''N ,560m).

D-3) Faciès à *Panicum turgidum*, *Acacia seyal*, *A. raddiana* et *Stipagrostis pungens*

Ce faciès occupe les terrains de la zone d'épandage des oueds (O^d Assouf Mellene, O^d Amassine) à 500m d'altitude. il est caractérisé par un recouvrement de la végétation de 30-70%, une pellicule de glaçage de 05-10%, une litière de 05-15%, et un voile sableux de 25% ce qui explique la présence d'espèces psammophiles (*Stipagrostis pungens*).

Tableau n°29: Richesse spécifique /O^d Assouf Mellene (3°12'16''E-24°37'46''N ,500m).

Taxons	Rec.	Taxons	Rec.
1. <i>Panicum turgidum</i>	+	11. <i>Fagonia bruuieri</i>	+
2. <i>Acacia seyal</i>	+	12. <i>Astragalus vogelii</i>	+
3. <i>Acacia raddiana</i>	+	13. <i>Chrozophora brocchiana</i>	+
4. <i>Stipagrostis pungens</i>	+	14. <i>Fagonia arabica</i>	+
5. <i>Zilla spinosa</i>	+	15. <i>Euphorbia granulate</i>	+
6. <i>Pulicaria crispa</i>	+	16. <i>Boerhavia coccinea</i>	+
7. <i>Leptadenia pyrotechnica</i>	+	17. <i>Reseda villosa</i>	+
8. <i>Farsetia ramosissima</i>	+	18. <i>Cotula cinerea</i>	+
9. <i>Trichodesma africanum</i>	+	19. <i>Citrullus vulgaris</i>	+
10. <i>Cleome Arabica</i>	+		

Relevé n°21/O^d Assouf Mellene (3°12'16''E-24°37'46''N ,500m).

CONCLUSION :

Le monitoring réalisé dans les sites potentiels pour le suivi de la biodiversité végétale dans le sud Algérien, a produit des renseignements importants sur les fréquences d'observation des espèces appartenant aux Acacias, en particulier du cortège floristique. Les informations en question composent une réflexion nécessaire pour des études suivantes plus sondées sur les espèces citées ci-dessus.

Les résultats ont indiqué qu'un peuplement d'Acacias hôte d'importance vitale, adaptée aux conditions désertiques, est encore largement distribué dans la zone potentielle inventoriée du Parc National de l'Ahaggar.

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

3-1 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 PN de l'Ahaggar et du Tassili (ALGERIE) », sont présentés et discutés.

3.2 - Cheminement méthodologique

Pour l'établissement du plan d'action de préservation de la biodiversité du PNA, 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

3.2-1- Descriptif et évaluation des patrimoines

1.1 – Environnement naturel et biodiversité

- Environnement naturel :

Le PN de l'Ahaggar est caractérisé par :

- o une variabilité spatiale et temporelle des précipitations (00 à 40 mm/an) ;
- o 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 PN de l'Ahaggar est touché par une érosion hydrique et une accumulation éolienne ; L'érosion est due essentiellement, au :

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

- La flore :

Le PN 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 :

- o les sécheresses très sévères
- o le braconnage

3.2.1.2 – Evaluation des patrimoines culturels

Le PN 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...

3.3 – 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

3.4 – 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

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

4.1 - 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

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

4.2-1 – Planification

L'initiation d'un premier plan d'aménagement du PN 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).

4.2-2 – Recherche

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

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

4.2-3 – 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, ...

4.2-4 – 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.

4.2-5 – 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).

4.2-6 – 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.

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

5.1 – 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.

5.2 – 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 PN.

5.3- Plan d'action et mécanismes de suivi

5.3.1- 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.

5.3.2- 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.

5-4 – Perspectives pour la réussite du plan d'action pour la préservation de la biodiversité

5.4.1- Qualités et faiblesses

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.

5.4.2 – 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 PN, 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

Conclusion générale

Pour atteindre l'objectif de « Contribution à l'étude et la préservation de la biodiversité végétale au niveau des écosystèmes sahariens : Cas de parc nationale de l'Ahaggar - Algérie », une méthodologie d'intégration des données plurithématiques et multisources 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, qui 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 **Tan Tamenokalte, Tekoyet, Adarniba, In Hamertek, Igharghar, In Amguel, Mertoutek, Tin Tarabine, Tefrdjek, Adjelmamr, Amazhar ouan Afella, Tamanrasset, Amded, Tin Tifinagh, Assouf Mellene**, 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.

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).

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

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

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...

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) : $\frac{PIR-R}{PIR+R}$

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

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).

Systémique, 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).

Télédétection : 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).

BIBLIOGRAPHIE

Abdelkrim H. 2000. Flore et végétation du Tassili N'Ajers. Projet "Tassili – Ahaggar Alg/99/G41/A/1G/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.

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.

Aronson j.et al.-1995. Restauration et réhabilitation des écosystèmes dégradés en zones arides et semi-arides. Le vocabulaire et les concepts. In: R. Pontanier, A. M'Hiri, N. Akrimi, J. Aronson et E. Le Floc'h (Eds), John Libbey Eurotext, Paris, 1995. L'homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? :11-29.

BAGNOULS F., GAUSSEN H., 1953.- Saison sèche et indice xérothermique. *Bull. Soc.Hist.Toulouse*, 193-239.

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.

Barbault R. 1995. Ecologie des peuplements. Structure et dynamique de la biodiversité. Masson Edition, Paris.

Barbault R. & Hochberg M. 1992. Population and community level approaches to studying biodiversity in international research programs. *Acta Oecologica*, 13 (1): 137-146.

Barry j. p., celles j. c. 1972-73. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien (entre 0° et 6°). *Nat. Monsp., série bot. Fasc. 23-24.* Pp. 5-48.

Barry j. p. celles j. c. manière r., 1976. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. Note II. Le Sahara central et méridional. *Nat. Monsp. Seri, bot. Fasc. 26.* Pp.211-242.

Barry j. p. celles j. c. musso j., 1985. . Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien. Note IV. Le plateau de Tadmaït et ses alentours (carte de Ouargla).

Barry j. p., celles j. c. 1972-73. Le problème des divisions bioclimatiques et floristiques au Sahara algérien (entre 0° et 6°). *Nat. Monsp., série bot. Fasc. 23-24.* Pp. 5-48.

Références bibliographiques

bagnouls f. & gausсен h., 1953. Saison sèche et indice xérothermique. *Doc. Cartes prod. Vég.* T. III, vol. 1. 47p. + 1 carte.

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.

Benhazera m., 1908. Six mois chez les Touaregs du Ahaggar, Alger

Bensaïd S. 2000. Végétation du parc national de l'Ahaggar (Algérie). Projet "Tassili – Ahaggar Alg/99/G41/A/IG/99. 34p + annexes

Bertrand G.- 1968 - Paysage et géographie physique globale. Esquisse méthodologique. - Rev. de Géogr. des Pyrénées et du Sud Ouest, **39 (3)** : pp 249-272.

BOUDY P., 1955.- Economie forestière nord-africaine. IV- Description forestière de l'Algerie et de la Tunisie. 1vol, Edition Larose, Paris- 483 P.

Blondel J.- 1995 - Biogéographie, approche écologique et évolutive - Masson- 297 p.

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.

CCD, 1994. Convention des nations unies sur la lutte contre la desertification dans les pays gravement touchés par la secheresse et/ou la desertification, en particulier en afrique. Texte final de la Convention, A/AC.241/27, 12 septembre 1994. <http://www.gm-uncd.org/French/Docs/text.htm>

CDB, 1992.Texte de la Convention sur la Diversité Biologique, 33pp.<http://www.biodiv.org/doc/legal/cbd-fr.pdf> Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement, Rio de Janeiro, Brésil, 3-14 juin 1992, sommet planete terre. déclaration de rio sur l'environnement et le développement. <http://www.un.org/french/events/rio92/rio-fp.htm>

CHOISNEL E.&PAYEN D., 1984.- Caractérisation du climat méditerranéen par l'étude du bilan hydrique du sol et du bilan énergétique : Aspects macroclimatiques et microclimatiques. Bull. Soc.Bot. Fr., 131, Actuel. Bot., 2/3/4,277-293p

Christensen N.L., et al. - 1996. The report of the Ecological Society of America Committee on the Scientific Basis for Ecosystem Management. Ecological Applications, 6:665-691.

Cornet A. 2000. La Désertification : un problème d'environnement, un problème de développement. Conférence invitée, La Londe les Maures, 2000, France.

Références bibliographiques

- Cornet A. 2002.** La désertification à la croisée de l'environnement et du développement : un problème qui nous concerne. Sommet du Développement Durable, Johannesburg, 2002 : 93-130.
- Costanza R. & Daly H.E.** 1992. Natural capital and sustainable development. *Conserv. Biol.*, 6: 37-46.
- Costanza R., et al.-** 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387:253-260.
- CSFD 2005.** La lutte contre la désertification. Un bien public mondial environnemental ? Des éléments de réponse. Les dossiers thématiques, numéro 1.
- Daily G. & Ellison K. 2002.** The new economy of nature: the quest to make conservation profitable. Island Press, D.C. & Covelo, Washington.
- Daget Ph., 1977.-** Le bioclimat méditerranéen : caractères généraux, modes de Caractérisation, *Vegetatio*, 34 (2), p 87-103.
- Daget Ph.et Djellouli Y.,1992** Le climat du Hoggar et sa variabilité inter-annuelle .Precipitations.Pub.Assoc.Internat.de Climatologie. Vol.5pp.225-235.s
- Denègre. & Salgé F.-1996** - Les SIG - Que sais-je n°3122 - PUF -128 p.
- DGF.2002.** Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationale, Vol.3ed DGF 89p.
- DGF.2004.** Atlas des zones humides algériennes d'importance internationale, Vol.4 ed DGF 107p.
- Di Castri F.&Younes T.(Eds.)** 1990. Ecosystem function of diversity.Biol International Issue 22,IUBS,Paris, France.
- DJELLOULI Y., 1981.-** Etude climatique et bioclimatique des Hauts Plateaux du Sud-Oranais (Wilaya de Saida). Thèse doct. 3^{ème} Cycle, Univ. Sci. Technol. H. Boumédienne, Alger, 178 p. + ann. Et cartes.
- DJELLOULI Y. et al.,1984.-** Synthèse sur les relations flore climat en zone aride ; cas de la wilaya de Saida. Bull. Soc. Bot. Fr., 131, Actual.Bt., 2/3/4, 265-275 p.
- DJELLOULI Y., 1990.-** Flore et climat en en Algérie Septentrionale : Déterminisme climatique des espèces. Thèse Doct. ; Uni. Sci. Techn H. Boumediène. Alger, 262 p.
- DUBIEF J., 1959-1963.-** Le climat du sahara. Mem.Inst. Rech. Sah. Univ. Alger, tome I, 314p.
- Ehrenfeld J.G. 2000.**Defining the limits of restoration: the need for realistic goals. *Restoration Ecology*8 (1):2-9.
- Ehrlich P.R. & Ehrlich A.H.1981**–Extinction.The causes and consequences of species disappearance.Random House,New York,USA.

Références bibliographiques

Emberger I., 1930. La végétation de la région méditerranéenne. Essai d'une classification des groupements végétaux. *Rev. Gén. Bot.* T. 42, pp 641-662 et 705-721.

Emberger I., 1938. La définition phytogéographique du climat désertique. *Mém. Soc. Biogéographique.* T 6 : pp 9-14.

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.

Estienne P., et Godard A., 1970.- Climatologie.ARMAND COLIN, 365 P.

FEM/PNUD Projet ALG/97/G31 Elaboration d'un bilan et d'une stratégie nationale de développement de la diversité biologique

FEM/PNUD Projet/ 00034575 /Award Title: Ahaggar-Tassili : Préservation et utilisation durable de la diversité biologique d'intérêt mondial dans les deux parcs nationaux de l'Ahaggar et du Tassil (Rapports et études non encore publiés)

FLORET Ch., et PONTANIER R., 1984.- Aridité climatique et aridité édaphique. *Bull.Soc. Bot. Fr.* 131, Actual. Bot.,2/3/4. 265-275 p.

Foucauld, le P. Charles de, 1951-52. Dictionnaire touareg-français, dialecte de l'Ahaggar. Imprimerie Nationale, Paris, 4 vol.

Foucault A. & Raoult J-F-1988- Dictionnaire de géologie, 3ed - Paris - Masson - 352 p.

Forman R.T.T. & Godron M.-1986- Landscape ecology - J. Wiley, New York. 619 p.

Frontier S. & Pichod-Viale D.- 1998 - Ecosystèmes, structure, fonctionnement, évolution. 2eme édition. - Dunod - 447 p.

Grime J.P. 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants and its relevance to ecological and evolutionary theory. *American Naturalist*, **111** : 1169-1194.

Girard MC & Girard CM - 1999 - Traitement des données de télédétection - Dunod - 527 p.

Gondard H., 2006 - Gestion des ressources naturelles - Mémoire de Master en Management des Systèmes d'Information et Applications Géographiques- ENSG, Paris, France – 48p.

Gondard H., Jauffret S., Aronson J. & Lavorel S. 2003. Plant functional types: a promising tool for management and restoration of degraded lands. *Applied Vegetation Science*, 6: 223-234.

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.

Références bibliographiques

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.

Haines-Young R. & Green D.R. & Cousins S.H.- 1993 - Landscape ecology and GIS - Taylor & Francis ed. - 288 p.

Hobbs R.J., et al. - 1995. Function of biodiversity in mediterranean ecosystems in Australia. In: Davis G.W. & Richardson D.M. (Eds), The function of biodiversity in mediterranean ecosystems: 233-284. Springer Verlag.

Johnson K.H., et al.-1996. Biodiversity and the productivity and stability of ecosystems. *Tree*, 11: 372-377.

Jurdant M., et al.- 1977. L'inventaire du Capital-Nature. Services des Etudes Ecologiques Régionales. Direction Régionale des Terres, Pêches et Environnement, Québec.

KADI HANIFI-ACHOUR H., 1998.- L'alfa en Algérie : Syntaxonomie, relation : milieu-végétation, dynamique et perspectives d'avenirs. Thèse. Doc. Uni. Sci. Technol. H. Boumediene. 267 p.

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.

Lubchenco J., et al.-1991. The sustainable biosphere initiative: an ecological research agenda. *Ecology*, 72 (2): 371-412.

Mainguet M - 1995 - L'homme et la sécheresse - Masson « géographie » - 335 p.

Maire R. 1933. Etude sur la flore et la végétation du Sahara central. Fasc. 3. *Mem. Soc. Hist. Nat. Afrique Nord*. Imprimerie Typo- Litho 272p. + annexes.

Monod Th., 1957. Les grandes divisions chorologiques de l'Afrique. Publication du CSA N°24, Londres.147p.

MEA, Millenium Ecosystem Assessment - 2005 - Rapport de synthèse de l'évaluation des écosystèmes pour le millénaire. www.milleniумassessment.org

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.ème

ONU, 2002. Rapport du Sommet Mondial pour le Développement Durable. Johannesburg, 26-08/04-09-20002.
<http://www.agora21.org/johannesburg/rapports/onu-joburg.pdf>

Références bibliographiques

ONU, 1982. Charte Mondiale de la Nature, 48^e séance plénière, 28 octobre 1982,
<http://odsddsny.un.org/doc/RESOLUTION/GEN/NR0/427/39/IMG/NR042739.pdf>

ONU, 1992. agenda 21. chapitre 12 : gestion des écosystèmes fragiles : lutte contre la désertification et la sécheresse. rapport de la conférence des nations unies sur l'environnement et le développement (rio de janeiro, 3-14 juin 1992). distr. générale a/conf.151/26 (vol. ii), 13 août 1992, français.

Ouinten M. 1997. Importance du Palmier dattier dans le système oasien. <http://membres.lycos.fr/agromzab>.

Ozenda p., 1983. Flore du Sahara. Ed. CNRS. P.623

PERARNAD V et al., 1996 : Cours et manuels n° 4, agrométéorologie ; Météo-France ; 181p.

Pimm S.L. 1991. The balance of nature? University of Chicago Press, Chicago, USA.

POUGET M., 1980.- Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-Algéroises. Trav. et Doc. ORSTOM. Paris, 555 p.

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

Quezel p. 1954. Contribution à la l'étude de la flore et de la végétation du Hoggar. *Inst. Rech. Sah., monographie régionale* N° 2, 164p.

Quézel p., 1956. Contribution à la flore de l'Afrique du Nord, IV, contribution à l'étude de la flore de Tefedest (Hoggar). *Bull. soc. Hist. Nat. Afr. Nord.* T. 47(5-6) pp. 131-136.

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.

Richards J.A.- 1993 - Remote sensing digital image analysis, an introduction. 2th ed - Springer Verlag - 340 p.

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, 1992. Réseau d'Observatoires de Surveillance Ecologique à Long Terme. <http://www.roselt-oss.teledetection.fr/accueil.php>

ROSELT- 2002 - Rapport scientifique de l'observatoire ROSELT/OSS de l'oued Mird - DREF Rabat - 162 p.

Références bibliographiques

Rougerie G. & Beroutchachvili- 1991 - Géosystème et paysages, bilan et méthodes. Armand Colin - 302 p.

SAUVAGE Ch., 1963.- Etages bioclimatiques. Atlas du Maroc, Notice explicative : Sect. II-
Physique du globe et météorologie, 44 p.

SADKI N., 1988.- Contribution à l'étude des groupements à olivier et lentisque de la région de Annaba. Thèse de Magister, Univ. Sci. Technol. H .Boumediene, Alger, 213 P.

Solbrig O.T. 1991. Biodiversity. Scientific issues and collaborative research proposals. Mab Digest 9, Paris UNESCO.

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, et al.-1992. Biodiversity andGlobal Change. International Union of Biological Sciences (IUBS). Monograph No. 8.Paris. ISBN 92-9046-0799.

Tirichine A. 1997. Etude des ressources génétiques du Palmier dattier.<http://membres.lycos.fr/agromzab>.

Walker B.H. 1995. Conserving biological diversity through ecosystem resilience. *Conservation Biology* 9: 747-752.

Wilson E.O.1988 –Biodiversity. National Academy Press, Washington,D.C.,USA.

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.

CONTRIBUTION A L'ETUDE ET LA PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE VEGETALE AU NIVEAU DES
ECOSYSTEMES SAHARIENS : CAS DE SITES TESTS CHOISIS DANS L'AHAGGAR (ALGERIE)

ETUDIANT : BELGHOUL MOHAMED

ENCADREUR : MR LE PR.MEDERBAL KHALLADI

RESUME / ABSTRACT/الملخص

الملخص

في إطار مشروع "صون واستعمال مستديم للتنوع الحيوي ذي العائد العالمي لحظيرتي الاهقار و التاسيلي - الجزائر" مت ابتداء منهجية إدماج معطيات مختلفة المواضيع والمصادر بنظام معلومات جغرافية. تم تبني اختيارات تقنية و منهجية كما تم تصميم مسعى مندمج للوسط الطبيعي بمساعدة تقنيات الاستشعار عن بعد. إن التسلسل المنهجي المنصور يسمح بإنتاج خرائط منسجم مع متطلبات نظام معلومات جغرافية وملائم لاحتياجات متابعة التنوع الحيوي . إن النتائج المنجزة تثبت صحة المنهجية الشاملة و تميظ اللثام عن حدود ذات طابع تقني و موضوعاتي ستسجل. بالنتيجة و من اجل دور امثل لنظام معلومات جغرافية يضمن نجاحه في المتابعة العلمية لتنوع الحيوي اقترحت توجيهات تقنية و موضوعاتية.

كلمات مفتاحية

ن ا ج "ن م ج" (نظام معلومات جغرافية أو نظام إعلام جغرافي)- استشعار عن بعد- تنوع حيوي- صحراء- اللثام - الجزائر

RESUME

Dans le cadre du projet « préservation et utilisation durable de la diversité biologique d'intérêt mondial dans les parcs nationaux de l'Ahaggar et du Tassili - Algérie », une méthodologie d'intégration des données plurithématiques et multisources dans un Système d'Informations Géographiques est initiée.

Des choix techniques et méthodologiques sont adoptés et une démarche de cartographie intégrée du milieu naturel assistée par télédétection est esquissée. La chaîne méthodologique conçue permet une production cartographique conforme aux exigences d'un Système d'Informations Géographiques et compatible aux besoins du suivi de la biodiversité. Les résultats réalisés valident la démarche d'ensemble et soulèvent des limites d'ordre technique ou thématique à relever.

Par conséquent, pour optimiser le Système d'Informations Géographiques (SIG) et garantir son succès dans le suivi de la biodiversité des orientations techniques et thématiques sont suggérées.

MOTS CLES

SIG (Système d'Informations Géographiques) - Télédétection - Biodiversité – Sahara – Algérie.

Abstract

This work, the Project « *Preservation and durable utilization of the Biodiversity of a worldwide interest in the national parks of Ahaggar & Tassili/Algeria*” focus on the conception of a methodology to integrate a multithematic & multisources informations into a GIS “Geographic informations System” is initiated.

A many technical & methodological choices are adopted and a demarche of natural milieu integrated cartography remote sensing-aided mapping &GIS techniques” method is designed.

The methodological line allows a mapping production conform with GIS constraints and compatible with a wildlife monitoring. The results valid the all demarche but some technical & thematical limits may be detected.

In consequence, to optimize the Geographic Informations System successfully in wildlife (biodiversity) monitoring, options are proposed.

Key words:

GIS (Geographic Informations System) – Télédétection- Biodiversité – Sahara - Algeria