

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique  
Université Hadj Lakhdar - Batna -



FACULTE DES SCIENCES  
DEPARTEMENT DES SCIENCES  
DE LA TERRE ET DE L'UNIVERS

MEMOIRE

Pour l'Obtention Du Diplôme De Magister  
En Aménagement du territoire

Option : Dynamiques Des Milieux Physiques  
Et Risques Naturels

*Thème :*

**Anlyse de la vulnérabilité à la désertification dans un espace steppique à l'aide des outils de la télédétection et SIG - Cas du massif des Nememchas -**

REALISE PAR : MENZER Adel

SOUTENU PUBLIQUEMENT LE : 03/07/2014

DEVANT LE JURY COMPOSE DE :

Mme. DRIDI Hadda	Professeur	UHL Batna	Président
Mr. KALLA Mahdi	Professeur	UHL Batna	Rapporteur
Mr. GUETTOUCHE Mohamed Said	Professeur	USTHB Alger	Examineur
Mr. YAHIAOUI Abd Elwahab	Maitre de conférences	UHL Batna	Examineur
Mr. BENMESSAOUD Hassen	Maitre de conférences	UHL Batna	Examineur

Année universitaire : 2013/2014



# Remerciement



*En premier lieu et avant tout j'tiens à remercier le dieu qui m'a donné la patience et la force pour compléter ce modeste travail*

*J'tiens à présenter mes humbles et sincères remerciements, ainsi que ma profonde gratitude à mon promoteur, le professeur **Kalla Mahdi**, pour tous ses conseils judicieux et son soutien tout au long de la préparation de ce travail, ainsi que pour sa patience et son aide précieux.*

*J'tiens à exprimer ma gratitude à **Mme Dridi Hadda** pour ses conseils judicieux et fructueux.*

*Je remercie chaleureusement Mes collègues les maîtres assistants **Monsieur Habibi Yahiaoui et Bouhata Rabah** pour leurs conseils, leurs aides, leurs explications très précieuses et leurs soutiens scientifiques pendant la réalisation de ce travail, qui grâce à leurs sympathie et leurs bonne humeur, on a vécu et partager des moments inoubliables*

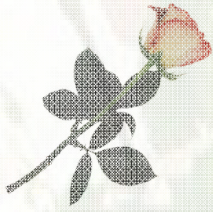
*Je souhaite également remercier **Monsieur le président de jury et les membres de jury** d'avoir accepté de juger mon travail.*

*Je n'oublie pas d'adresser mes remerciements à tous les employeurs de l'ANP et particulièrement ma promotion de CGN et mes très proches amis de travail.*

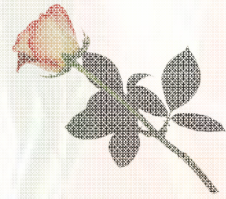
*Enfin j'tiens à remercier tous ceux qui m'ont aidé pour achever ce travail.*

**MENZER Adel**





# **Dé Dica ce**



*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents.*

*A ma femme et ma très chère fille Maria*

*A mes frères et mes sœurs.*

*A tous mes amis et à tous ceux qui sont  
proches et chères.*

*A tous mes enseignants.*

*A tous ceux que j'aime  
Avec mes meilleurs vœux de bonheur de santé et de prospérité*

*A mon pays l'Algérie*

**MENZER Adel**



**Tables des matières :**

<b>Introduction générale</b>	<b>01</b>
<b>Chapitre 01: La désertification dans les zones steppiques et la politique publique</b>	<b>06</b>
1.1. Définitions de la désertification	07
1.2. Les processus de la désertification	09
1.3. Les causes de la désertification	10
1.3.1. Les facteurs naturels	10
1.3.1.1. La sécheresse	10
1.3.1.2. Dégradation des terres arides	10
1.3.1.3. L'érosion éolienne et hydrique	10
1.3.1.4. La salinisation	11
1.3.2. Les facteurs anthropiques	11
1.3.2.1. Le surpâturage	11
1.3.2.2. Défrichement et extension de la céréaliculture	11
1.3.2.3. Eradication des espèces ligneuses comme combustibles	11
1.4. Les stades de la désertification	12
1.5. Les mécanismes de la désertification	12
1.5.1. L'érosion des terres	12
1.5.2. L'ensablement	14
1.5.3. La dégradation des terres	14
1.6. Les indicateurs de la désertification	15
1.6.1. Indicateurs physiques	16
1.6.2. Indicateurs chimiques	16
1.6.3. Indicateurs socio-économiques	16
1.7. Les impacts de la désertification	17
1.7.1. Impacts sur l'environnement	17
1.7.2. Impacts économique	17
1.7.3. pauvreté et migration des masses	17
1.8. Désertification en Algérie	17
1.8.1. La steppe Algérienne	18
1.8.2. Les sols et végétations des zones steppiques	19
1.8.3. Système et modes d'élevage dans les zones steppiques	20
1.9. Politique de lutte contre la désertification	22
1.9.1. A l'échelle internationale	22
1.9.2. A l'échelle nationale	22
1.9.2.1. Le programme du barrage vert	23
1.9.2.2. La promulgation du code pastoral	24
1.9.2.3. La création du haut-commissariat au développement de la steppe	24
1.9.2.4. Le programme grand travaux	24
1.9.2.5. Le plan national de développement agricole (PNDA)	25
1.9.2.6. Elargissement du « PNDA » a la dimension rurale « PNRDA »	25
1.9.2.7. La politique du renouveau agricole et rural	26
Conclusion : Chapitre 01	28
<b>Chapitre 02 : Données du milieu naturel</b>	<b>30</b>
2.1. Localisation de la zone d'étude	31
2.2. Le relief	31
2.2.1. Les ensembles montagneux	33
2.2.2. Les dépressions (les Outas)	33
2.2.3. Les talus bordiers	34



2.3. Les caractéristiques morphologiques	36
2.3.1. Modèle numérique de terrain	36
2.3.2. Les altitudes	36
2.3.3. La pente	38
2.3.4. L'exposition	40
2.4. La géologie	42
2.5. Le réseau hydrographique	45
2.6. La végétation	47
2.6.1. Une large extension de la steppe	47
2.6.2. Un matorral localisé	48
2.6.3. Une forêt presque inexistante	49
2.7. Les caractéristiques pédologiques	51
2.7.1. Les sols calciques	51
2.7.2. Les sols alluviaux basiques	51
2.7.3. Les sols calcaires humifères	53
2.7.4. Les sols éoliens d'ablation	54
2.7.5. La roche mère	54
Conclusion : Chapitre 02	54
<b>Chapitre 03 : Caractéristiques climatique et socio-économique</b>	<b>55</b>
3.1. Caractéristiques climatiques	56
3.1.1. Données climatiques	56
3.1.2. Evolution des paramètres climatiques	56
3.1.2.1. La pluviométrie	56
A/ Evolution des précipitations moyennes annuelles	57
B/ Le régime pluviométrique	59
C/ Précipitations moyennes mensuelles	60
D/ Les précipitations neigeuses	63
E/ La carte pluviométrique	63
3.1.2.2. La température	63
A/ L'importance de la gelée blanche Hiver et printemps	65
B/ L'importance de l'évaporation en Été	66
3.1.2.3. Le diagramme ombrothermique	67
3.1.2.4. Le problème de xéricité	68
A/ Indice d'aridité de DE MARTON (1927)	68
B/ Indice de sécheresse estivale d'EMBERGER (1942)	70
3.1.2.5. Les vents	70
3.2. La réalité socioéconomique et leur impacte sur le milieu	72
3.2.1. La population	72
3.2.1.1. Evolution de la population	72
3.2.1.2. Densité de la population	73
3.2.1.3. Répartition de la population selon la dispersion et par commune	75
3.2.1.4. Répartition de la population urbaine et rurale	76
3.2.2. Les activités socio-économiques	77
3.2.2.1. Les pratiques culturelles	77
A/ Répartition générale des terres : (camp. 2011/2012)	78
B/ Principales productions par communes (camp. 2011/2012)	78
3.2.2.2. L'élevage	79
A/ L'effectif cheptel : (camp. 2012/2013)	81
B/ La surcharge pastorale et surpâturage	81
Conclusion : Chapitre 03	82




<b>Chapitre 04 : Suivi diachronique de la dégradation des sols dans les monts des Nememchas</b>	<b>83</b>
4.1. Télédétection	84
4.1.1. Définition et application	84
4.1.2. Notions fondamentales en imagerie satellitaires	84
4.1.2.1. Imagerie satellitaire	84
4.1.2.2. Le pixel	85
4.1.2.3. Résolution (spatiale)	85
4.1.3. Le spectre électromagnétique	86
4.1.4. Notion de signatures spectrales	87
4.1.5. Caractéristiques spectrales des couverts végétaux	87
4.2. Système Landsat et ses produits	89
4.2.1. Les satellites Landsat rôles et caractéristiques	89
4.2.2. Les produits Landsat	90
4.2.2.1. Multi spectral scanner (mss)	90
4.2.2.2. Thematic Mapper (TM)	91
4.2.2.3. Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)	91
4.3. Traitement des données	92
4.3.1. Notion de compositions colorées	92
4.3.1.1. Le principe de la composition colorée	92
4.3.1.2. Images en vraies et fausses couleurs	93
4.3.2. Traitements préliminaires	97
4.3.2.1. Corrections radiométriques	97
4.3.2.2. Correction géométrique	97
4.3.3. Les indices de végétation utilisés en télédétection	101
4.3.4. Les classifications	105
4.3.4.1. Classification non supervisée (ou non dirigée)	105
4.3.4.2. Classification supervisée ou dirigée	107
4.3.4.3. Notion de Parcelles d'entraînements (Region of Interest)	110
4.3.4.4. Réalisation des cartes d'occupation de sol	113
4.3.4.5. Validation de la classification	113
Conclusion : Chapitre 04	118
<b>Chapitre 05 : Modélisation de la vulnérabilité à la désertification et actions territoriales</b>	<b>119</b>
5.1. Le système d'information géographique (SIG)	120
5.2. Matériels et techniques	121
5.3. Création de la base de données et cartographie thématique	123
5.3.1. Détermination de la qualité de climat	123
5.3.2. Détermination de la qualité de sol	126
5.3.3. Détermination de la qualité de végétation	129
5.3.4. Détermination de la qualité socioéconomique	132
5.3.5. L'élaboration de la carte de sensibilité à la désertification	133
5.4. Recommandations et actions territoriales	137
5.4.1. Proposition : l'agro-pastoralisme intégré « un choix concerté »	139
5.4.2. Recommandations	141
Conclusion : Chapitre 05	141
<b>Conclusion générale</b>	<b>142</b>



**Liste des Abréviations :**

<b>Abréviation</b>	<b>Signification</b>
<b>ACL</b>	Agglomération Chef lieu
<b>AHP</b>	Analytic Hierarchy Process
<b>AMC</b>	Analyse MultiCritère
<b>ANRH</b>	Agence Nationale des Ressources Hydrauliques
<b>ANAT</b>	Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire
<b>A.P.F.A</b>	Accession à la Propriété Foncière et Agricole
<b>A.S</b>	Annuaire statistique
<b>AS</b>	Agglomération Secondaire
<b>BDRS</b>	Base de Données à Référence Spatiale
<b>BMMC</b>	Base des Méthodes MultiCritères
<b>BNEDER</b>	Bureau National des Études pour le Développement Rural
<b>CNUED</b>	Conférence des Nations Unies sur l'Environnement et le Développement
<b>CRBT</b>	Centre de Recherche sur les Ressources Biologiques Terrestres
<b>DPAT</b>	Direction de la Planification et Aménagement du Territoire
<b>EN VI</b>	Environment for Visualising Image
<b>ENHYD</b>	Entreprise nationale des études hydrauliques
<b>ETM+</b>	Enhanced Thematic Mapper Plus
<b>F.A.O</b>	Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
<b>F.N.R.D.A</b>	Fond National de Régulation et Développement Agricole
<b>GPS</b>	Général Position System
<b>H.C.D.S</b>	Haut Commissariat pour le Développement de la Steppe
<b>IQC</b>	Indice qualité de climat
<b>IQE</b>	Indice qualité socioéconomique
<b>IQS</b>	Indice qualité de sol
<b>IQV</b>	Indice qualité de végétation
<b>ISD</b>	Indice de sensibilité à la désertification
<b>JPEG</b>	Format des Image scannées
<b>MNT</b>	Modèle Numérique de Terrains
<b>MSS</b>	Multi Spectral Scanner
<b>ORSTOM</b>	Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer
<b>ONM</b>	Office national de la météorologie
<b>O.N.S</b>	Office National des Statistiques
<b>P.D.A.U</b>	Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme
<b>P.N.L.C.D</b>	Plan National de Lutte Contre la Désertification
<b>RGPH</b>	Recensement Général de la Population et d'Habitat
<b>RBV</b>	Return Beam Vidicon
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>SAU</b>	Superficie Agricole Utile
<b>Tab</b>	Table
<b>USLE</b>	Universal Soil Loss Equation
<b>UTM</b>	Universel Transverse Mercator





*Introduction*  
*générale*



## INTRODUCTION GENERALE

---

La steppe algérienne est un vaste territoire composé essentiellement de parcours où l'activité économique principale de la population rurale est l'élevage ovin. Cette steppe dont les ressources pastorales constituent la principale source de revenu de plus de 7,5 millions d'habitants subit une dégradation qui se manifeste sur le plan physique par l'extension d'un paysage désertique et sur le plan socio-économique par la paupérisation des populations locales (Bensouiah, 2003).

La zone steppique, qui couvre 20 millions d'hectares est très vulnérable au processus de la désertification envahissant et très menaçant où la dégradation du milieu, la réduction de la couverture végétale ainsi que l'ensablement ne cessent de prendre de l'ampleur d'année en année (Berkane ,2004).

Ce phénomène désigne la dégradation ou la perte des capacités productives de terres dans les milieux arides, semi-arides et subhumides sèches, suite à une combinaison de facteurs parmi lesquelles les variations climatiques et les activités humaines. La notion insiste à la fois sur les dimensions biophysiques du phénomène mais également sur ses caractéristiques humaines.

Le terme désertification ne vise pas les déserts et autres régions hyper arides, mais bien les régions moins arides où la vie existe et peut se maintenir sous toutes ses formes : agriculture, bétail, collectivités, économies et cultures. Les sols fragiles de ces régions sont tellement dégradés que la vie ne peut plus s'y maintenir (U.N.N.C.C.D, 2006).

Face à la crise que traverse la steppe, les pouvoirs publics ont tenté depuis l'indépendance d'intervenir pour soutenir ces zones. Les politiques menées dans le cadre de l'ajustement structural ont eu des effets considérables sur les zones steppiques. La suppression des subventions aux intrants et équipements agricoles et d'élevage, la liquidation des coopératives étatiques en 1987, la libération du commerce extérieur et surtout la dévaluation de la monnaie nationale ont exacerbé la compétition pour l'usage des parcours. « La vérité des prix a eu des effets pervers sur la frange de la population la plus vulnérable localisée dans les zones steppiques, de montagnes et sahariennes » (Bensouiah, 2003).

Le massif des Nememchas est situé à l'extrémité orientale de l'atlas saharien, souffre de ce problème ; Il présente une unité physique bien individualisée, un climat semi-aride à aride et un couvert végétal dégradé. L'ensemble de ses aspects associés à l'occupation des sols et à l'action anthropique favorise sa vulnérabilité à la désertification.

## INTRODUCTION GENERALE

---

Par ailleurs, cette région est occupée par la population rurale qui exerce leur activité agricole et de pâturage dont les retombées socio-économiques sur les habitants et l'économie locale sont importantes. A ce titre la préservation du milieu doit constituer un souci majeur ; d'où l'importance que revêt une cartographie précise de la vulnérabilité à la désertification ; sur la base de laquelle les décideurs doivent orienter les actions prioritaires dans la protection du milieu.

La lutte contre la désertification en particulier et la complexité de ce phénomène imposent aujourd'hui l'utilisation de méthodes et de moyens performants pour la gestion de l'information géographique. C'est dans cette optique que s'intègre notre travail de recherche qui a pour objectif principal, de développer une méthode basée sur l'intégration des **images satellitaires** et de données cartographiques dans un **système d'information géographique (SIG)** pour l'identification et la cartographie des zones à **risques de désertification**. Ce SIG permettra la spatialisation numérique du degré de risque de vulnérabilité à la désertification, nécessaire à une planification territoriale, de la manière la plus optimisée possible. Il aura comme originalité de permettre la compréhension de l'aléa de désertification et le risque associé à l'échelle de la zone choisie pour arriver à une bonne maîtrise de l'espace.

C'est dans cet ordre d'idées que s'inscrit le présent travail. Il se propose de la réalisation de la carte de sensibilité à la désertification de la région des monts des Nememchas, en appliquant une méthodologie inspirée du projet européen MEDALUS (Méditerranéen désertification and land use, 1999) sous SIG.

On a retenu une méthode dont les indicateurs principaux de la désertification permettant de tracer des secteurs sensibles à la désertification. Ces indicateurs peuvent être divisés en quatre larges catégories définissant les qualités du sol, du climat, de la végétation et de la qualité socioéconomique. Cette approche inclut les paramètres qui peuvent être facilement trouvés dans le sol, la végétation, et les rapports existants de climat et la socio-économie.



# INTRODUCTION GENERALE

---

## **Méthodologie :**

Le présent travail consiste en l'élaboration d'une cartographie numérique détaillée du risque de la désertification au niveau des monts des Nememchas. La prise en charge de cette thématique nécessite un certain nombre de moyens et une méthodologie spécifique.

Il existe une gamme de méthodes et techniques susceptibles de contribuer à l'identification et à la cartographie du risque de dégradation des terres et aussi à l'évaluation du potentiel sol. Notre approche méthodologique repose sur plusieurs étapes, définies comme suit :

**L'inventaire et la synthèse sur l'existant :** consistent en la collecte d'informations relatives à la thématique et à la région concernée (études, cartes, photos et images, etc..). Cette étape permettra d'établir une typologie et de dresser une minute sur les facteurs naturels dans la zone d'étude.

**Les traitements d'images préalables,** qui consistent en une première reconnaissance des espaces occupés et/ou dégradés sur les images satellitaires, pour mieux définir les limites et les expansions des unités cartographiques nécessaires.

**L'investigation de terrain :** est portée, sur les observations directes et les différentes cartographies, ainsi que les enregistrements spécifiques de terrain et l'échantillonnage. L'analyse de toutes ces données a permis l'établissement de cartes numériques de synthèses.

**Les traitements de données :** Plusieurs traitements et analyses de données ont été effectués en relation avec les spécificités de chacun des types d'informations recueillies. Ces opérations concernent les traitements géographiques, mathématiques et informatiques.

**L'approche SIG :** L'ensemble des données obtenues ont été compilées et implémentées pour définir un modèle de représentation cartographique de ces informations. En effet, une base de données géoréférencées, organisée et structurée à l'aide d'un SIG a été réalisée pour une meilleure caractérisation du risque de désertification ou même une simulation de son évolution.

Pour la réalisation de cette étude, plusieurs moyens matériels ont été utilisés. Il s'agit de :

- Cartes topographiques au 1/200.000 de Tébessa.
- photos aériennes et Images satellitaires à très haute résolution spatiale. Pour cela, nous disposons deux images satellitaires de LANDSAT ETM + d'une résolution de 30 m (années 1987 et 2013).

# INTRODUCTION GENERALE

---

- de Logiciels de traitements et de graphisme, à savoir le logiciel MAPINFO professionnel version 8 pour le SIG et le logiciel ENVI 4.5 pour le traitement d'images.

Toutes ces étapes d'acquisition de données sur terrain et d'analyse, ont permis de faire des traitements minutieux et des analyses indispensables à l'obtention de meilleures corrélations des résultats escomptés.

## **Plan de travail :**

Le travail s'articulera autour de six chapitres :

Le premier constitue une introduction théorique concernant le phénomène de désertification et les facteurs intervenants et les indicateurs de suivi et d'analyse

Le second chapitre est consacré à la caractérisation de la région steppique en Algérie entre la réalité du phénomène de désertification et la politique de l'état dans la préservation des milieux

Le troisième chapitre est réservé à l'étude des différentes données de milieu physique concernant les Monts des Nememchas et leur intervention sur le phénomène

Le quatrième chapitre constitue une analyse des caractéristiques climatiques et socioéconomiques de la région d'étude pour déterminer leurs poids dans le contexte général de l'étude

Le cinquième chapitre est réservé à l'utilisation de la télédétection par le biais de traitement des images satellitaires pour un suivi diachronique de la dégradation des sols par la désertification

Le dernier chapitre finalise l'étude par la réalisation de la carte de sensibilité à la désertification en appliquant la méthode MEDALUS pour une meilleure gestion de cet espace fragile



# *Chapitre 01*

*La désertification  
dans les zones steppiques  
et la politique publique*

Les zones sèches représentent 40 % des terres émergées soit environ 5200 millions d'hectares. 34,7 % de la population globale, soit 2,3 milliards vivent dans ces zones (Carnet, 2002).

La désertification et la dégradation du milieu naturel, en général, figurent parmi les problèmes majeurs auxquels sont confrontées les régions à climat méditerranéen. Ces problèmes sont inhérents aux caractéristiques édapho-climatiques de ces régions, mais leur ampleur et leur acuité dépendent principalement de l'action de l'homme (SKOURI, 1984),

Le phénomène de désertification, touchant environ un sixième de la population mondiale, 70 % de la totalité des terres arides et un tiers de la surface émergée de la planète, compromet le développement durable en raison de sa corrélation avec les problèmes sociaux comme la pauvreté, l'insécurité alimentaire, les migrations, les déplacements de populations et la dynamique démographique.

Actuellement, une perte annuelle de 3,5 à 4 millions d'hectares de terres agricoles est constatée sous l'effet des divers processus de dégradation des terres dans le monde.

Ce sont ces considérations, et surtout la vive préoccupation de la communauté internationale à propos des conséquences néfastes de la désertification et de la sécheresse et la nécessité d'une coopération internationale et d'un partenariat pour faire face à ce fléau, qui ont été à l'origine de l'établissement de la convention de lutte contre la désertification.

Face à la menace croissante de la désertification, la communauté internationale à appelé au sommet mondial de l'environnement à Rio au Brésil en 1992 à la nécessité d'élaboration d'un instrument juridique contraignant pour une lutte plus efficace contre la désertification dans le monde.

### **1.1. Définitions de la désertification**

Il existe plusieurs définitions du phénomène de la désertification, parmi les nombreuses définitions qui ont été avancées pour caractériser les phénomènes et les processus couverts par le terme de désertification, on citera les suivants :

La désertification au sens stricte est la crise de l'environnement dont le terme est la mise en place de paysages désertique (MAINGUET, 1990).

La désertification peut être définie « comme un ensemble d'action qui se traduisent par une réduction plus ou moins irréversible du couvert végétal, aboutissant ainsi à l'extension de nouveaux paysages désertiques, tel que : des regs, de hamadas et l'ensemble dunaires » (LE HOUEROU, 1980 et BAUNER, 1997).



Selon la conférence des NATIONS UNIES sur la désertification, Nairoubi 1977 : « La désertification est la diminution ou la destruction du potentiel biologique de la terre et peut conduire finalement à l'apparition des conditions désertiques. Elle est un des aspects de la dégradation généralisée des écosystèmes ».

La désertification est une dégradation rapide et parfois irréversible des milieux arides et semi-arides sous l'effet de l'exploitation excessive de leurs ressources naturelles, provoquant l'installation de conditions de plus en plus défavorables aux êtres vivants, comme il en existe dans les véritables déserts (Rognon P, 1995)

La convention de lutte contre la désertification a été ratifiée en 1996 par 50 pays et elle est entrée en vigueur en décembre de même année. Selon l'article 1 de la convention des nations unis sur la lutte contre la désertification « Le terme de la désertification désigne la dégradation des terres dans les zones arides, semi-arides et subhumides sèche, par suite de divers facteurs, parmi lesquelles les variations climatiques et actions humaines.

Les deux définitions se rejoignent dans le fait que la désertification désigne la dégradation des milieux ou des terres arides et semi-arides. Seulement la première définition, se sont les conséquences qui en été évoquées et la deuxième mis l'accent sur les variations climatiques et activités humaines comme principaux facteurs de cette dégradation.

La désertification a été attribuée à deux facteurs essentiels qui sont l'environnement aride (climat, sols et végétations) et la mauvaise exploitation de l'environnement par l'homme. L'accroissement des besoins des populations conduisent à un accroissement de la pression sur les ressources et à des pratiques inadaptées (surpâturage, défrichement, déboisement).

Actuellement les régions arides et semi-arides connaissent des difficultés liées à la sécheresse répétée, aux surpâturages et à la croissance démographique créant ainsi des ruptures qui sont à leur tour source d'appauvrissement allant jusqu'à pousser certains populations à migrer à la recherche des moyens de subsistance.

Enfin, les impacts environnementaux, sociaux et politiques de la désertification vont au-delà des régions directement touchées. Par exemple, la perte de végétation peut favoriser la formation des nuages de poussière pouvant causer des problèmes de santé dans des régions à plusieurs kilomètres plus loin et la migration des habitants vers les villes ou vers d'autres pays peut nuire à la stabilité économique et politique d'un pays.

## 1.2. Les processus de la désertification

On entend par le terme de désertification est un processus (phénomène naturel marqué par des changements réguliers aboutissant à un résultat spécifique) ou un état, crée par la dégradation des terres.

Il a été montré par la suite que la désertification est une étape dans une série de processus frappant les régions sèches partout dans le monde. Parmi ceux-ci, les plus importants sont l'érosion hydrique et l'érosion éolienne, la sédimentation qu'elles provoquent, la réduction à long terme du taux de recouvrement ou de la diversité de la végétation naturelle, la salinisation des sols...etc.

Selon le centre d'action et de réalisations internationales (CARI, 2003) :

La dégradation débute par une altération de la végétation, une modification de la composition floristique, les espèces les plus utilisées ou les plus appréciées se raréfient et disparaissent. Ensuite, ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit, la production de biomasse diminue. Les capacités de reproduction et de régénération de la végétation se réduisent de plus en plus. Le sol, moins protégé par la couverture végétale, est soumis à l'action mécanique des précipitations qui provoquent une modification des états de surface.

La diminution de la biomasse et de sa restitution au sol entraîne des pertes progressives de matière organique, qui constitue un des éléments déterminants des propriétés des sols. La stabilité structurale et la porosité décroissent.

La susceptibilité à l'érosion s'accroît entraînant une destruction progressive du sol. Les conséquences sur la fertilité (chute de la capacité d'échange et des éléments disponibles), et sur le bilan hydrique (augmentation du ruissellement, baisse de la réserve en eau disponible pour les plantes, modification du régime hydrique et des échanges avec l'atmosphère, aridification) sont très importantes. Elles auront en retour un effet sur la végétation et la production.

Une spirale de dégradation est constituée, sans intervention, elle conduira à une désertification irréversible.



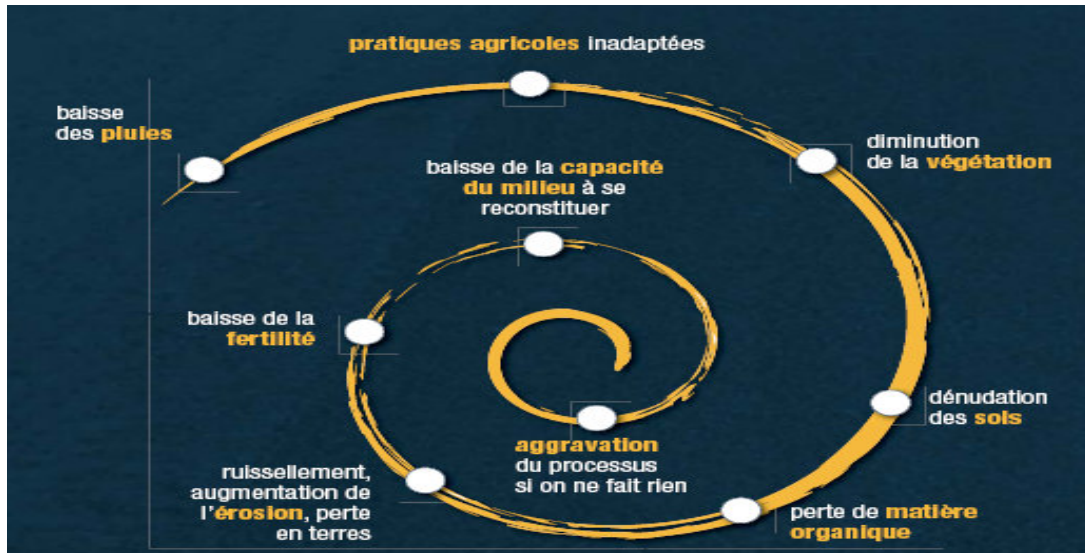


Fig. n° 01 : Les étapes de la désertification (CARI 2003).

### 1.3. Les causes de la désertification

La désertification dans les zones steppiques a été attribuée à deux facteurs essentiels :

- ✚ Les facteurs naturels
- ✚ Les facteurs anthropiques.

#### 1.3.1. Les facteurs naturels

**1.3.1.1. La sécheresse :** En général, la pluviométrie moyenne annuelle est faible oscillant autour de 100 à 400mm et sa répartition est irrégulière dans le temps et l'espace. Les pluies se caractérisent par leur brutalité (averse) et leurs aspects orageux. (Nadjomi B, et al, 2006).

Seulement les dernières années ont connu une diminution de la pluviosité annuelle avec parfois plusieurs années consécutives de sécheresse persistante.

**1.3.1.2. Dégradation des terres arides :** En général la dégradation débute par une altération de la végétation, une modification de la composition floristique, les espèces les plus utilisées se raréfient et disparaissent. Ensuite ou parallèlement, le couvert végétal s'éclaircit, la production de biomasse diminue. Les capacités de reproduction et de régénération de la végétation se réduisent de plus en plus.

**1.3.1.3. L'érosion éolienne et hydrique :** Près de 600 000 ha de terre en zones steppiques sont totalement désertifiées et près de 6 millions d'hectares sont menacées par les effets de l'érosion hydrique et éolienne (Nadjraoui D, 2002).

Le sol, moins protégé par la couverture végétale est soumis à l'action mécanique des précipitations qui provoquent une modification des états de surface (érosion). La diminution de la biomasse et de sa restitution au sol entraîne des pertes progressives de matière organique

qui constitue un des éléments déterminants des propriétés des sols. L'érosion s'accroît entraînant une destruction progressive du sol.

**1.3.1.4. La salinisation :** La salinisation « est le résultat de l'évaporation et de la remontée par capillarité des eaux de la nappe phréatique ainsi que la présence d'eaux souterraines rendues de plus en plus salines faute d'un drainage approprié. Elle tient également à la pénétration des sels dans les eaux d'irrigation, à l'insuffisance de la quantité d'eau qui serait nécessaire à l'évacuation des sels accumulés dans les zones radiculaires, au fait que les eaux d'irrigation sont appliquées de manière irrationnelle, que les terres irriguées sont mal préparées et que les exploitants utilisent des méthodes de culture inappropriées » (Mabbut et Floret, 1983).

### **1.3.2. Les facteurs anthropiques**

La désertification est due essentiellement aux activités humaines au travers de ces pratiques (surpâturage, défrichement, éradication des espèces ligneuses). La pratique des cultures à grande échelle, l'utilisation de moyens mécaniques pour l'agriculture et l'abreuvement du cheptel, sur les sols marginaux, et l'absence des règles d'accès aux ressources naturelles conduit à un accroissement de la pression anthropique (Cornet, 2002).

**1.3.2.1. Le surpâturage :** Il s'agit d'un prélèvement d'une quantité de végétal au-delà de la capacité de production annuelle des parcours. L'exploitation permanente des pâturages naturels par une charge animale supérieure au potentiel de production des parcours réduit la capacité de régénération naturelle des parcours steppiques. Cette mauvaise exploitation ne laisse pas le temps au couvert végétal de se développer.

**1.3.2.2. Défrichement et extension de la céréaliculture :** la désertification affecte notamment les sols fragiles ou est pratiquée une céréaliculture à faible rendement. Cette culture, confinée au début dans les dayas et les lits d'oueds, a débordé avec l'utilisation des tracteurs.

**1.3.2.3. Eradication des espèces ligneuses comme combustibles :** Le souci de se chauffer et de s'alimenter dans les zones steppiques amène la population à déraciner certaines espèces pour en faire un combustible.

En plus de ces facteurs, il existe d'autres facteurs qui contribuent indirectement à la désertification, nous citerons par eux :

✚ **Les facteurs sociaux :** tels que la pauvreté, pression démographique.

✚ **Les facteurs économiques :** absence d'activités génératrices de revenus.

- ✚ **Les facteurs politiques** : absence d'un dispositif législatif cohérent, rigoureux et applicable en matière de lutte contre la désertification.

#### 1.4. Les stades de la désertification

Selon KHAOULI (1990), la désertification se subdivise en quatre stades qui sont :

- ✚ Désertification faible : Réduction faible, voir nulle du couvert végétal par les activités autoptique dans les zone d'antiques.
- ✚ Désertification moyenne : à la désertification du couvert végétal, l'érosion du sol s'installe la solmisation des terrains de culture comme à se ressentir, l'intervention pour toute restauration à ce stade est possible et réalisable.
- ✚ Désertification forte : Très forte réduction du couvert végétal, le sol est très érodé, la réduction de la protection végétale avoisine les 50%, en plus de la forte salinisation des terrains de cultures, la restauration à ce stade est coûteuse et l'opération est très lente.
- ✚ Désertification très forte : Elle couvre les zone qu'on ne peut restaurer qu'a des coûts financière très élevés et dont l'intervention dans l'espace reste très limité, les zones touchées par ce type du désertification présente une modification de l'état du milieu tel que zone de naine, croûte de sel, sol imperméable.

Solon ZEDAM (1998), la désertification qui caractérise notre espace est l'aspect le plus spectaculaire de la dégradation qu'aussi universelle de l'environnement naturelle, elle touche de part les changements et le déséquilibre des facteurs existants.

#### 1.5. Les mécanismes de la désertification

La désertification est un phénomène très complexe qui existe non seulement dans les régions arides et semis arides mais ces processus touchent aussi à des degrés divers toute la terre productive, ce phénomène prend plusieurs mécanismes en fonction des caractéristiques physiques (types de sol, densité de végétation, qualité d'eau) de la zone ou il se manifeste, on distinguant trois mécanismes principaux :

- ✚ L'érosion des terres (hydrique, éolienne).
- ✚ L'avancement des sables (ensablement).
- ✚ La dégradation des terres (physique, chimique, biologique).

##### 1.5.1. L'érosion des terres

Le déboisement, l'exploitation des parcours en agriculture et la détérioration du couvert végétal favorisent et accélèrent l'érosion des terres par les ruissellements des eaux



superficielles (érosion hydrique) ou l'activité du vent (érosion éolienne) souvent c'est le vent qui joue le rôle le plus important. (CRECO, 1978).

**A/ Caractère d'érosion éolienne :** Ce type d'érosion revêt une très grande importance dans la région arides et semis arides où les caractéristiques pédologiques et végétales sont très fragiles. Le vent ne devient agent d'érosion qu'à partir d'une certaine vitesse qui le permet de s'activer.

**Les vents inactifs :** Ce sont des vents dont la vitesse est inférieure à 03 m/s, ces vents n'ont aucun rôle érosif.

**Les vents actifs :** Quand la vitesse des vents est supérieure à 03 m/s, ce qui leur permet de mettre les particules du sol en mouvement. On peut distinguer deux formes différentes selon la durée et l'intensité de tempête.

**Les vents rasants :** Ce sont des vents qui soufflent d'une manière continue dans une direction déterminée et transportent à grande vitesse des grains de sable parallèlement au sol.

**Les vents d'altitudes :** Ils sont moins dangereux que les vents rasants mais plus spectaculaires puisque ils peuvent transporter à plusieurs centaines de kilomètres des éléments fins en général d'origine saharienne aspirés par le phénomène tourbillonnaire.

**B/ L'activité du vent :** Le vent affecte le sol par la dessiccation et la dissociation de ces couches superficielles et le transport de leurs particules, il exerce une activité érosive notamment sur les roches meubles (sable, marne), cette activité s'exprime par trois étapes :

Abrasion.

Transport.

Accumulation.

**C/ Les modes de transport :** Environ de 90% des matériaux transportés par le vent se déplacent dans une tranche de 30 cm dont 57% dans une tranche de 5 cm (MEBRUKI 1994).

L'activité érosive du vent est un phénomène très complexe, on peut citer trois modes de transport selon la taille des particules transportées.

**Transport en suspension :** Les particules dont le diamètre est inférieur à 0,2 mm sont soulevées par les mouvements ascensionnels des vents tourbillonnaires et restent en suspension et ne retournent au sol qu'après le calme total des vents ou avec les précipitations.

**Transport par saltation :** Les particules légèrement supérieures à 0,2 mm sont entraînées par saltation (des bonds successifs), dans ce type le vent souffle d'une manière alternante et successive entre des ondes de forte vitesse et des ondes de basse vitesse.

Transport par reptation : Les particules supérieures à 0,5 mm sont transportées par roulement, dans ce processus le vent a la compétence de mettre ces particules en mouvement mais n'a pas la force de les enlever.

**D/ Dynamique d'érosion éolienne :** Selon les types de roches exposées, l'érosion s'exprime soit par déflation ou corrosion.

**Déflation :** La déflation est essentiellement un vannage, c'est-à-dire l'entraînement des particules les plus fines laissant les plus grossières en place, ce vannage de cailloux, protégeant les éléments fins qu'ils recouvrent, ce pavage est le reg. (DERRURAN, 1974).

**Corrosion :** La corrosion est l'attaque de la roche dure, par le vent armé d'abrasifs qu'il transporte, et notamment les grains de quartz, cette action est surtout sensible au voisinage du sol de la charge du vent est importante. Ce processus joue un rôle très essentiel dans le façonnement des roches en forme de champignons ou table éolienne.

### 1.5.2. L'ensablement

C'est le mécanisme le plus connu spectaculaire de désertification des terres. La superficie des terres exposées et menacées par l'ensablement à travers le monde est de 29 millions d'hectares, dont la plus grande partie est en Afrique. Dans notre zone d'étude ce mécanisme est le premier responsable de la désertification.

L'ensablement est une dynamique éolienne qui consiste au déplacement des sables et limons sableux des zones érodées vers les zones voisines. Ou les obstacles naturels ou artificiels intervenant par la diminution de la vitesse des vents chargés d'abrasifs ce qui donne lieu à des formes et des modèles dunaires différents.

Selon l'origine de sable, on distingue deux types de dunes :

**A/ Les dunes marines :** Ce sont des dunes qui ont souvent une composition des particules des sables grossiers émoussés et luisants avec une teinte blanche, en mélange avec des carbonates et des chlorures sulfureux, elles sont pauvres en matière organiques.

**B/ Les dunes continentales :** Elles sont des dunes formées généralement des petites grains de quartz qui ont une couleur mate, ils contiennent souvent de feldspaths et des traces d'argiles.

### 1.5.3. La dégradation des terres

C'est la baisse de la qualité et l'altération des propriétés d'un sol. Différents processus peuvent y contribuer : L'érosion, la salinisation, la contamination, le drainage mal conduit, l'acidification (pluies acides), la latérisation et la disparition de la structure du sol, ou encore la combinaison de ces facteurs. On peut prendre trois formes en fonction des propriétés concernées par la dégradation :

**A/ La dégradation chimique :** C'est le changement qui touche les propriétés chimiques d'un sol, ce qui affecte la distribution des espèces végétales combustibles ou la diminution de productivité des sols agricoles, plusieurs processus peuvent causer ce changement ; les pluies acides, la salinité et la contamination de pollution.

**B/ La dégradation physique :** C'est le changement qui touche les propriétés structurales d'un sol généralement dus à la diminution de l'aération du sol à cause d'entassement des particules des sols par le bétail ou la formation de croûte de battance, qui imperméabilisent la surface, freinent l'infiltration de l'eau dans le sol et augmentent les risques de ruissellement et d'érosion hydrique, et défavorise la croissance des végétaux et l'avancement de leurs racines.

**C/ La dégradation biologique :** La disparition de la matière organique en raison de l'érosion et de l'oxydation dégrade le sol et plus particulièrement ses aptitudes agricoles, une réduction de la matière organique affaiblit, en outre la stabilité des agrégats organo-méraux qui sous l'effet de la pluie, peuvent se dissocier.

Un sol entamé, salin ou acide ne favorise plus l'activité des microorganismes dans le sol.

### 1.6. Les indicateurs de la désertification

Un indicateur est un paramètre, ou une valeur calculée à partir d'un ensemble de paramètres, qui fournit des informations sur un phénomène (O.C.D, 1994).

Ces indicateurs sont de nature quantitative et qualitative. Ils concernent tantôt l'échelle de l'exploitation tantôt à celle d'un ou de plusieurs villages ou encore d'une zone, par exemple d'une zone pastorale. Plusieurs paramètres ou critères d'évaluation sont donnés. Il conviendrait de préciser pour chaque indicateur choisi :

- Le seuil critique ou la valeur repère.
- Les méthodes de calcul (paramétrage) et le coût de mise en oeuvre (recueil des données et traitement)
- Les échelles de temps (notamment le décalage entre l'action humaine et la réponse du milieu naturel)
- L'échelle spatiale de référence, l'étendue (surface) ainsi que la nature du milieu testé.

D'après (OUSSEDIK, 2003), en l'absence du couvert végétal (destruction des plantes pérennes par arrachage ou fauchage), l'érosion hydrique et éolienne intervient sur la couche arable, le stade ultime de la désertification étant la mise à nu de la roche mère ou des encroûtements calcaires et gypseux.



Les produits érodés se déposent et leurs éléments fins sont repris par l'érosion éolienne. L'intensité de l'érosion dépend de la topographie du caractère des précipitations et des vents, l'encadré présente ce que nous considérons comme les principaux indicateurs de la désertification.

### 1.6.1. Indicateurs physiques

Le déplacement des particules du sol est lié, d'une part, à l'intensité de la force qu'appliquée sur les particules (la vitesse des vents) et d'autre part, à leurs taille. Quand la surface du sol est inclinée dans le sens du vent, la vitesse de progression de la dune s'accélère, lorsqu'il y a contre-pente, la vitesse décroît. (MAINGUET, 1990).

### 1.6.2. Indicateurs chimiques

Les pratiques agricoles relativement récentes ont éliminé les forêts au détriment de la matière organique, en provoquant une érosion extensive, la dégradation de la forêt a favorisé l'installation d'arbrisseaux. C'est le phénomène connu par le nom de « steppisation »(LE HOUEROU, 1969) et qui entraîne une modification importante du sol.

### 1.6.3. Indicateurs socio-économiques

En peut prendre deux indicateurs principaux :

**A/ Céréaliculture :** Elle existe dans la steppe depuis des siècles, confinées au début dans les dayas et les terrasses des oueds, ces cultures ont débordé et gagnent les parcours au sol mince. D'année en année, la céréaliculture occupe des superficies assez importantes qui détriment des terres de parcours. Cette pratique est motivée par :

- L'isolement et les conditions de vie primaires des populations.
- La pression démographique et la sédentarisation des populations.
- Le manque d'instruments juridiques appropriés pour affronter ce type de problème.

(Oussedik, 2003)

**B/ Surpâturage :** Traditionnellement, les parcours étaient propriété collective de : la communauté arche (tribu) ; ainsi les tribus qui possédaient chacune leur propre territoire en assuraient la gestion, l'exploitation anarchique et désordonnée des parcours. De plus aujourd'hui, les capacités de production des parcours ont nettement diminuée car les différents cycles de sécheresse qu'a connue la région n'ont pas favorisé le développement d'espèces fourragères. (Oussedik, 2003)

En effet, le tapis végétal steppique qui se différencie en groupement spécifique (caractéristique pastoral) reflète les conditions difficiles du milieu et les contraintes

climatiques. Les taux de recouvrement des différentes espèces sont inférieurs à 40 % et conditionne le stock fourrager que connaît la zone steppique qui s'explique par :

- La détention des cheptels très nombreux pour les motifs commerciaux.
- La modernisation des moyens de transports.
- La multiplication des points d'eau.

### **1.7. Les impacts de la désertification**

La désertification a des effets sur tous les aspects de la vie, ce qui souligne à quel point l'environnement et les moyens de subsistance sont interdépendants.

#### **1.7.1. Impacts sur l'environnement**

Conséquence du dépérissement de la végétation, la désertification rend les terrains inondables et entraîne la salinisation des sols, la détérioration de la qualité de l'eau et l'envasement des cours d'eau et des bassins.

#### **1.7.2. Impacts économique**

La désertification a d'énormes conséquences économiques. La banque mondiale estime qu'au niveau planétaire, le manque à gagner des régions affectées par la désertification pourrait s'élever à 42 milliards de dollars américains.

#### **1.7.3. Pauvreté et migration des masses**

La dégradation des sols est synonyme de famine et de pauvreté. Pour trouver d'autres moyens de subsistance, les populations qui vivent dans les régions menacées par la désertification sont obligées de se déplacer. Généralement, elles migrent vers les agglomérations ou partent à l'étranger. Les mouvements de populations sont l'une des principales conséquences de la désertification.

Entre 1997 et 2020, quelque 60 millions de personnes quittera les zones désertifiées de l'Afrique sub-saharienne pour gagner le Maghreb et l'Europe.

### **1.8. Désertification en Algérie**

La république Algérienne Démocratique Populaire est située au nord de l'Afrique, elle couvre une superficie de 2,4 millions de km<sup>2</sup>, dont les quatre cinquième sont occupés par le Sahara. Elle est bordée sur 1200 km par la mer Méditerranée, à l'est par la Tunisie et la Lybie, au Sud par le Niger et le Mali et à l'Ouest par le Maroc.

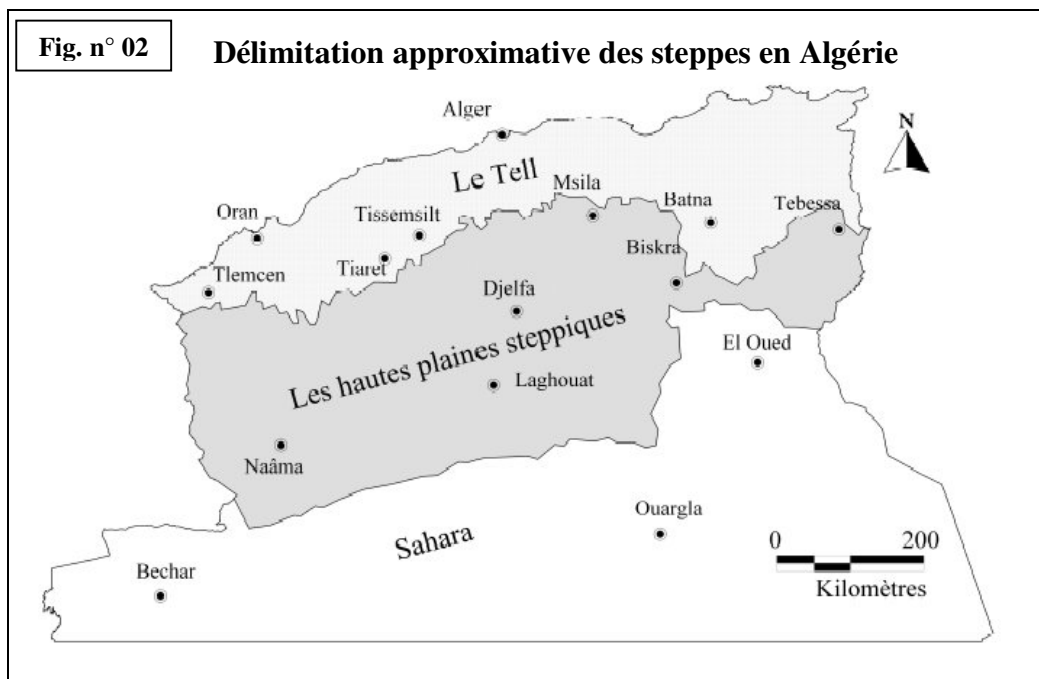
Au Nord le climat est de type méditerranéen, sur les hauts plateaux et dans l'Atlas saharien, il est de type continental semi-aride à aride ; les précipitations diminuent (400 à 200 mm par an), dans le Sahara, elles sont inférieures à 130 mm par an.

En Algérie, on compte 200 millions d'hectares occupées par le Sahara, 12 millions touchés par l'érosion hydrique et 20 millions d'hectares touchées par la désertification, cette dernière concerne essentiellement les steppes des régions arides et semi-arides qui ont toujours été l'espace adéquat et privilégie de l'élevage ovin extensif.

### 1.8.1. La steppe algérienne

La steppe algérienne est une formation végétale naturelle, constituée de plantes xérophiles herbacées, disposées en touffes espacées et de plantes ligneuses, éventuellement de quelques arbres ou arbustes dispersés.

Sur le plan physique, la steppe algérienne est située entre les isohyètes 400 mm au Nord qui coïncide avec l'extension des cultures céréalières en sec et 100 mm au Sud qui représente la limite méridionale de l'extension de l'alfa (*Stipa Tenacissima*). Elle couvre une superficie de 20 millions d'hectares, entre la limite Sud l'atlas tellien au Nord et celle des piedmonts Sud de l'atlas Saharien au Sud (Figure 02).



Source : Nedjraoui D, 2000 - ANAT, 2004

Les étages bioclimatiques s'étalent du semi-aride inférieur frais au Nord à l'aride inférieur tempéré au Sud.

Sur le plan écologique, les régions steppiques constituent un tampon entre l'Algérie côtière et l'Algérie saharienne dont elles limitent les influences climatiques négatives sur la première. Les régions à composantes pastorales détiennent une place prépondérante dans l'économie nationale avec plus de 19 millions d'ovins, 3 millions de caprins et 150 000 de camelins.



La steppe algérienne a toujours été l'espace adéquat et privilégié de l'élevage. Il contribue à 40 % dans la formation du PIB de l'agriculture (HCDS, 2011)

### 1.8.2. Les sols et végétation des zones steppiques

La plupart des sols steppiques sont caractérisés par la présence d'accumulation calcaire réduisant la profondeur de sols utiles. Ils sont généralement faibles en matières organiques et sensibles à l'érosion et la dégradation. Les bons sols dont les superficies sont limitées se situent au niveau des dépressions (sols d'apport alluvial) soit linéaire et caractérisé par les lits d'oueds, soit fermés et appelés « daya ». (Nedjimi B. et Homida M., 2006).

Selon Halitim (1988), les principaux types de sols peuvent être définis par unité géologique et géomorphologique, au niveau des massifs montagneux se rencontrent, selon la roche mère, deux grandes catégories de sols : d'une part, sur substrat dur (calcaire, grés), des lithosols (durs) et rendzines; d'autre part, sur substrat tendre (marne, marno-calcaire), des régosols et des sols bruns calcaires. Sur les glacis à encroûtement calcaire-gypseux se développent des sols à texture limono-sableuse, peu évolués. Les systèmes dunaires, correspondent à des sols minéraux bruts, d'apport éolien et au niveau des sebkhas la nappe phréatique saline conditionne la formation de sols halomorphes.

Les steppes algériennes sont dominées par 4 grands types de formations végétales : les formations à alfa, à armoise blanche, à sparte et à remt. Les formations azonales sont représentées par les espèces spasmophiles et les espèces halophiles (Nedjraoui D, 2002).

- Les steppes à graminées à base d'alfa (*Stipa Tenacissima*) dont l'aire potentielle était de 4 millions d'hectares assurent la transition entre les groupements forestiers et les groupements steppiques à armoise blanche. On les retrouve dans les étages bioclimatiques semi-arides à hiver frais et froid et aride supérieur à hiver froid. La productivité de ce genre de parcours, relativement varie entre 60 à 150 Uf/ha.
- Les steppes à Chamephytes à base d'armoise (*Artemisia herba alba*) recouvrent 3 millions d'hectares et sont situées dans les étages arides supérieur et moyen à hiver frais et froid avec des précipitations variant de 100 à 300 mm. L'armoise est une espèce bien adaptée à la sécheresse et à la pression animale en particulier ovine. Le type de faciès dégradé correspond à celui de *Peganum Harmala* dans les zones de campement et autour des points d'eau. Les steppes à armoise blanche sont considérées comme des meilleur parcours.
- Les steppes à sparte (*Lygeum Spartum*) couvrent 2 millions d'hectares. Elles sont rarement homogènes et occupent des glacis d'érosion encroûtés recouvert d'un voile éolien sur des sols bruns et calcaires. Ces formations sont soumises à des bioclimats aride, supérieur et moyen à hiver froid et frais. Les steppes à serte ne présentent pas qu'un faible intérêt pastoral

cependant, la présence d'espèces annuelles et vivaces confère à ce type de parcours une production pastorale importantes variant de 100 à 190 Uf/ha.

- Les steppes à remt (*Arthrophytum Scoparium*) les mauvaises conditions du milieu, xérophile, thermophiles, variant chaudes à fraîches, des sols pauvres, bruns calcaires dont de ces steppes des parcours qui présentent un intérêt assez faible sur le plan pastoral. Leur productivité pastorale est comprise entre 25 à 50 Uf/ha.
- Les steppes à spasmophiles sont liées à la texture sableuse des horizons de surface et aux apports d'origine éolienne. Elles suivent les couloires d'ensablement et sont fréquentes en zones arides et présaharienne. Leur productivité pastorale est comprise entre 159 à 200 Uf/ha est due à la prolifération des espèces annuelles.
- Les steppes à halophytes : ces formations se développent sur des sols profonds riches en chlorure de sodium et en gypse. Elles constituent d'excellent parcours notamment en raison des fortes teneurs en sel dans ce type de végétation.

Les ressources hydriques sont faibles et peu renouvelables inégalement répartis et anarchiquement exploités dont 50% ne sont pas fonctionnels.

Le couvert végétal est passé en moyenne pour l'ensemble des groupements végétaux de 92 % en 1976 et 12 % en 1989. Paradoxalement, l'effectif cheptel pâturant la steppe composée d'ovins (environ 80 % du cheptel), n'a cessé d'augmenter l'effectif passant de 6 millions en 1968 à 19 millions en 2006 (Kanoun A et al, 2007).

### **1.8.3. Système et modes d'élevage dans les zones steppiques**

Il est généralement admis que traditionnellement l'élevage ovin est l'activité dominante dans la steppe. Cet élevage est caractérisé par le passé par la modalité (nomadisme-transhumance). Le nomadisme concerne le déplacement de l'ensemble de la famille. Et la transhumance ne concerne que le berger et son troupeau. Ce sont des formes d'adaptation à des milieux arides qui permettent de maintenir une gestion rationnelle de l'espace et de survivre aux crises écologique notamment de sécheresse.

Cet équilibre était maintenu grâce à la pratique de deux mouvements essentiels «l'achaba» qui consiste à remonter le troupeau dans les zones telliennes, vers un passage valorisant les sous-produits de l'agriculture pendant les trois mois de l'été ; et «l'azzaba» conduisant les pasteurs et leurs cheptel vers les piedmonts Nord, de l'Atlas Saharien pendant les trois mois d'hiver. Ces deux mouvements permettent d'exploiter la zone steppique pendant trois à quatre mois de printemps, cette combinaison intelligente induisant une optimisation dans l'utilisation des ressources naturelles.

Aujourd'hui, le nomadisme a régressé et ne subsiste que d'une façon sporadique, les déplacements se sont restreints. Les effectifs croissants des troupeaux ont conduits les éleveurs à développer les céréalicultures et modifier leurs systèmes de production en associant céréaliculture et élevage.

Selon Bencherif S. 2011, les pasteurs ont développé la culture des céréales fourragères (l'orge en général) dans la steppe, pour nourrir leur famille et pour compléter l'alimentation de leurs animaux. Céréaliculture qui, étant limitée dans les quelques dayas, les lits d'oued, les piedmonts et les zones d'épandage de crue, a commencé à déborder sur la steppe et elle a gagné les parcours au sol mince. Cette culture pratiquée autrefois à l'araire et récoltée à la faucille s'est étendue et elle est désormais mécanisée, pratiquée au tracteur, avec récolte à la moissonneuse batteuse.

Toutefois, la pratique de céréaliculture a été aussi encouragée par d'autres facteurs comme :

- L'isolement, pour pallier au déficit fourrager.
- La concurrence pour l'usage des parcours et le manque d'instruments juridiques appropriés fait de la céréaliculture un moyen d'accès au foncier.
- L'introduction du tracteur a beaucoup facilité le travail du sol et les déplacements pour l'approvisionnement en eau.

Selon Nadjraoui. 2008, on distingue trois types d'élevage :

- Le petit éleveur qui possède moins de 100 brebis et moins de 10 ha destinés à la culture de céréales pour l'autoconsommation. Il est semi nomade et ne se déplace que sur un rayon de quelques kilomètres, il compense son déficit fourrager par les sous-produits de ses récoltes.
- Le moyen éleveur qui possède 100 à 300 brebis et quelques dizaines d'hectares de terres arch. Ce type d'exploitation agropasteur, vit des ressources provenant de son troupeau et de ses récoltes. Il ne pratique le nomadisme qu'en mauvaises saisons.
- Le grand éleveur qui possède 300 brebis et plusieurs centaines d'hectares qui sont propriété tribale. Il pratique le déplacement de grande envergure et possède des moyens (tracteur, camions...).

Cette nouvelle manière de faire l'élevage a engendré un défrichement des zones steppiques et a contribué à accélérer le phénomène d'érosion des sols.

Ce défrichement associé au surpâturage déjà lié à l'augmentation du cheptel fait donc partie des causes multiples qui affectent les parcours et causent leur dégradation accentuant ainsi le phénomène de la désertification.

## **1.9. Politique de lutte contre la désertification**

### **1.9.1. A l'échelle internationale**

La Convention des Nations Unies sur la Désertification fut établie en 1994, en harmonie avec les objectifs de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques, de la Convention sur la diversité biologique et les autres conventions connexes relatives à l'environnement, et ce en appui à la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement.

Actuellement, la convention est ratifiée par plus de 110 pays à travers le monde.

Les objectifs visés par la Convention sont d'assurer une coopération internationale pour la lutte contre la désertification et l'atténuation des effets de la sécheresse dans les pays gravement touchés par la sécheresse et/ou la désertification, en particulier en Afrique.

Pour atteindre ces objectifs, un ensemble d'orientations ont été définies à l'échelle internationale, et servent de principes reconnus dans la mise en œuvre de la Convention. Ces principes comprennent notamment :

- l'implication des populations cibles dans la conception et l'exécution des programmes de lutte contre la désertification,
- le développement de la coopération internationale et régionale pour une meilleure exploitation des ressources financières disponibles ;
- le développement du partenariat entre les pouvoirs publics, les collectivités, les organisations non gouvernementales et les exploitants des terres ;
- les Parties doivent prendre en considération la situation et les besoins spécifiques des pays en développement et la nécessité de développement des capacités des pays les plus menacés pour une lutte plus efficace contre la désertification.

### **1.9.2. A l'échelle nationale**

De par sa nature géoclimatique, la répartition déséquilibrée de sa population, la pauvreté relative en ressources hydriques, sol et couvert végétal, l'Algérie se trouve être particulièrement sensible à la désertification. Les facteurs climatiques, la pression démographique, les pratiques culturelles et pastorales risquent de rendre cette sensibilité plus prononcée dans les décennies à venir. Pour remédier la dégradation des ressources naturelles, l'Algérie a entrepris depuis l'indépendance un ensemble d'actions et de mesures stratégiques institutionnelles et réglementaires pour atténuer les effets de la désertification (DGF, 2004). La mise en œuvre du programme de lutte contre la désertification est confiée selon, les compétences territoriales, aux institutions suivantes : HCDS, CDARS, GCA et DGF.



### 1.9.2.1. Le programme du barrage vert

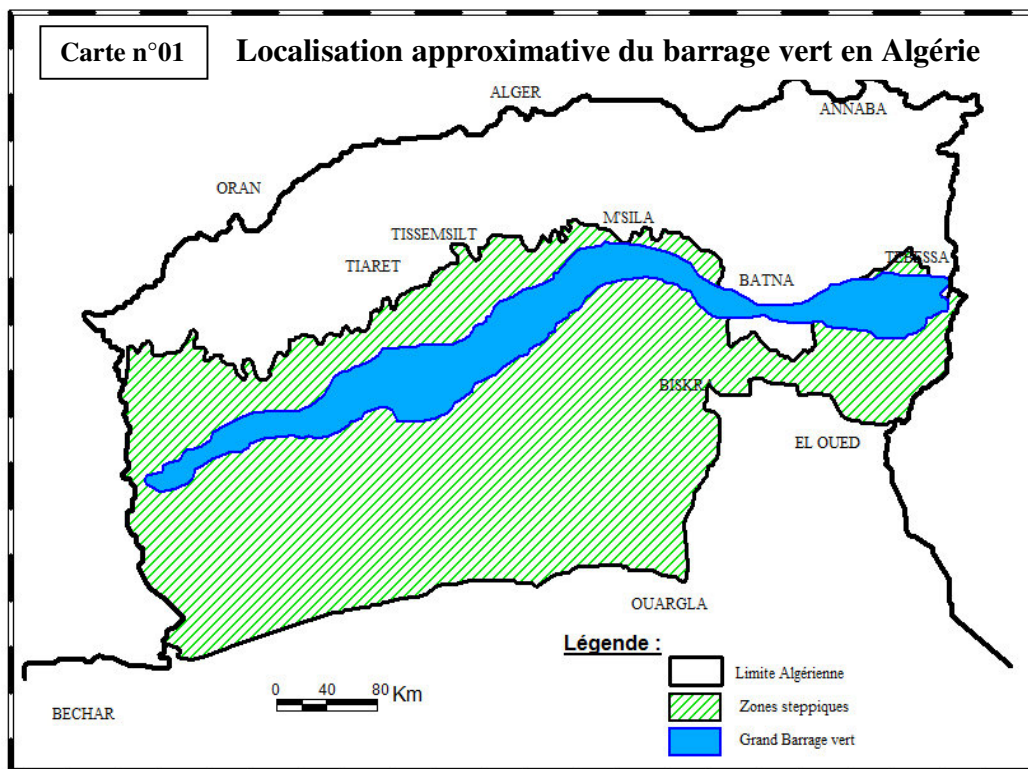
De 1962 à 1969 correspond à la mise en place de chantiers populaire de reboisement (CPR), 99 000 ha de plantations forestières ont été réalisés dans le cadre de l'amélioration et l'aménagement des parcours et la lutte contre l'érosion éolienne (Nedjraoui et al, 2008)

L'année 1971, a été marquée par la réalisation du barrage vert dans la zone présaharienne comprise entre les courbes isohyètes de 200 et 300 mm. La désertification était perçue à l'époque comme une avancée de désert. Ce projet relie les frontières algériennes occidentales aux frontières orientales sur une distance moyenne de 1200 km avec une largeur moyenne de 20 km, soit une superficie ainsi réalisée de 3 millions d'hectares de reboisement dont le rendement varie par endroit de 50 à 100 %.

La consolidation de cette ceinture verte vise à protéger le nord du pays de la désertification en représentant une grande barrière contre l'ensablement et contre l'avancée du désert qui réduit de plus en plus les pâturages des zones steppiques. Alors ce programme avait pour objectif de freiner le processus de désertification et de rétablir l'équilibre écologique.

Cependant les résultats obtenus étaient bien au deçà de ceux escomptés :

- ✚ Le choix de l'espèce, le pin d'Alep, dans une zone à faible pluviométrie.
- ✚ Le non prise en compte des réalités socio-économiques de la région.
- ✚ Et le pin d'Alep très vulnérable à la chenille processionnaire, n'a pas été scientifiquement réfléchi.



Sa conception a été revue en 1982 de sorte que l'objectif fondamental devient le rétablissement de l'équilibre écologique du milieu par une exploitation rationnelle des ressources naturelles et en introduisant de nouvelles espèces forestières tel que le cyprès et chêne. (Nahal, 2004).

Le barrage vert, constitué essentiellement d'arbres forestiers, a été longtemps considéré à lui seul comme un moyen de lutte contre la désertification. C'est à partir de cet échec que les concepteurs ont commencé à réfléchir à d'autres initiatives.

#### **1.9.2.2. La promulgation du code pastoral**

Cette même période voit également le lancement de la révolution agraire, un autre programme a été lancé, il s'agit de la promulgation du code pastoral conçu pour réglementer l'utilisation des parcours steppiques. Ce code prévoyait, entre autres, la limitation de la taille du cheptel et la création de coopératives d'élevage et de périmètres de mise en défens pour éviter le surpâturage. Des conflits d'intérêt sont apparus lors de l'application du code pastoral et toutes ses dispositions n'ont pu être appliquées.

#### **1.9.2.3. La Création Du Haut-Commissariat Au Développement De La Steppe**

C'est dans le sillage de la réforme portant sur la restructuration du secteur politique agricole que les décideurs ont été amenés, pour la première fois, à traiter la question de la steppe dans une perspective nouvelle, celle de l'intégration à grande échelle, c'est-à-dire à entreprendre des actions faisant appel à tous les acteurs concernés par le développement (Bouchemal, 2001).

La steppe a été dotée d'une institution spécialisée, chargée de la conception, de la mise en place et de l'exécution d'une politique de développement intégrée en tenant compte des aspects naturels et socio-économiques. Il s'agit du Haut-Commissariat au Développement de la Steppe (HCDS) (Daoudi et al, 2010).

C'est là qu'apparaît la volonté des pouvoirs publics de changer de visions que l'homme est le principal destructeur du territoire à la vision que l'homme peut construire ce territoire à travers l'application de ces différents programmes confiés au HCDS.

#### **1.9.2.4. Le programme grand travaux**

Lancé en 1994, le programme grand travaux avait pour objectifs :

- ✚ Développement et entretien du patrimoine forestier.
- ✚ Consolidation et extension du barrage vert.
- ✚ Protection et aménagement des bassins versants.
- ✚ Valorisation du produit forestier.
- ✚ Désenclavement des populations et lutte contre le chômage.

### **1.9.2.5. Le plan national de développement agricole (PNDA)**

Le plan national de développement agricole est l'un des outils de mise en œuvre de la stratégie globale visant la modernisation et l'accroissement de l'éco-efficacité du secteur de l'agriculture (dans un objectif général de sécurité alimentaire).

Le plan national de développement agricole est construit sur une série de programmes spécifiques adaptés aux contraintes agro-climatiques de l'Algérie et vise à :

- ✚ Assurer une meilleure utilisation et valorisation des potentialités naturelles (sol et eau) et moyens de toute nature (financiers, humains).
- ✚ La préservation des ressources naturelles pour un développement durable.
- ✚ L'intensification de la production agricole les zones favorables et à la diversification dans le cadre de l'objectif d'améliorer la sécurité alimentaire nationale.
- ✚ L'extension des surfaces agricoles utiles par des actions de mise en valeur des terres agricoles.
- ✚ L'amélioration des revenus des populations rurales et la réhabilitation des vocations naturelles des différentes régions du pays.

La lutte contre la désertification et la protection des ressources naturelles fait partie des priorités de ce plan. Le but général de sa stratégie consiste en la réponse à donner aux aspirations de la population en termes de relèvement de niveau de vie ; d'emploi stable et de sécurité économique.

La préservation et l'utilisation rationnelles des ressources naturelles sont intégrées comme axe incontournable de cette stratégie.

### **1.9.2.6. Elargissement du « PNDA » a la dimension rurale « PNRDA »**

En intégrant la notion de développement rural, le plan national de développement agricole a été transformé en plan national de développement agricole et rural.

Les objectifs du PNDA ont été élargis au mode rural à travers la prise en charge des rétablissements des équilibres écologiques et l'amélioration des conditions de vie des populations (Antipolis, 2008)

Le plan national de développement agricole et rural (PNDA) est mise en œuvre dans le cadre de programme s'articulant autour de l'amélioration des conditions d'exercice des activités agricoles et agro-sylvo-pastorales et de l'amélioration des conditions de vie des populations (Bessaoud, 2006).

Le programme de lutte contre la désertification initié dans le cadre de ce plan est subdivisé en sous programme :

- ✚ Consolidation et extension du barrage vert.
- ✚ Réhabilitation et aménagement des nappes alfatières.

- ✚ Gestion et protection des parcours steppiques, saharien et présaharien.
- ✚ Développement de l'agriculture saharienne.

Le développement en zones steppiques est conduit sous forme de projets de proximité (PPDR) conçus comme des projets intégrés et multisectoriels et financés par un fond spécial intitulé (fond de lutte contre la désertification et du développement du pastoralisme de la steppe).

C'est à travers ce fond que le Haut-Commission au Développement de la Steppe trouve sa vocation prévue qui est le développement intégré des zones steppiques.

L'une des particularités attribuées à ces projets c'est qu'un ensemble d'actions intégrées et d'usage collectif sont destinées à une même localité et sont transférés à la communauté pastorale ou aux éleveurs bénéficiaires contrairement aux programmes intérieurs qui étaient réalisés sous forme d'actions isolées à travers les zones steppiques.

Notre projet s'inscrit dans le plan national de développement agricole et rural (PNDAR). Le projet est en phase avec la stratégie sectorielle de l'agriculture qui considère l'élevage comme un maillon essentiel de la sécurité alimentaire.

#### **1.9.2.7. La politique du renouveau agricole et rural**

La politique de renouveau agricole et rural, instrument pour la concrétisation de la souveraineté alimentaire.

Les principes de la nouvelle stratégie de développement rural se fondent sur l'intervention directe des populations rurales et de leurs organisations dans la résolution des problèmes auxquels elles sont confrontées dans la mise en œuvre de leurs projets (Bousaoud, 2006).

La politique de renouveau rural se décline en trois volets complémentaires :

- ✚ Le renouveau agricole.
- ✚ Le renouveau rural.
- ✚ Le renforcement des capacités humaines et l'appui technique aux producteurs (PRCHAT)

**Le renouveau rural :** le renouveau rural, deuxième volet du cadre stratégique défini, est construit sur une approche novatrice du développement rural (les projets de proximité du développement rural intégré, PPDR) et cible les zones où les conditions de production sont les plus difficiles pour les agriculteurs (montagnes, steppe, Sahara).

Il vise à réinsérer, dans l'économie nationale, les zones marginalisées en mettant en valeur les ressources locales et les produits de terroir jusque-là négligés.

Pour concrétiser ces objectifs, le renouveau rural fait appel à deux outils : le système d'information du programme de soutien du renouveau rural (SI-PSRR) et le système national d'aide à la décision pour le développement durable (SNADDR).



Pour l'utilisation de ces deux outils, il s'applique selon le cas, l'une au l'autre des deux approches suivantes : le projet de proximité de développement rural intégré (PPDRI) ou le projet de proximité de lutte contre la désertification (PPLCD), impliquant ainsi la prise en charge du développement rural par les communautés rurales ciblées.

Il s'appuie sur cinq programmes qui ont pour objectifs :

- ✚ La protection des bassins versants.
- ✚ La gestion et la protection des patrimoines forestiers.
- ✚ La protection des espaces naturels et des aires protégées.
- ✚ La mise en valeur des terres ainsi que la lutte contre la désertification.

La mise en œuvre du programme de lutte contre la désertification est confiée, selon les compétences territoriales, aux institutions suivantes : HCDS, CDARS, GCA et DGF.

Les PPDRI sont montés autour des quatre thèmes fédérateurs suivants :

- ✚ Modernisation et/ou réhabilitation d'un village ou d'un kser : amélioration de la qualité et des conditions de vie en milieu rural.
- ✚ Diversification des activités économiques en milieu rural : (économie locale, commercialisation, tourisme rural, artisanal, valorisation des produits locaux).
- ✚ Protection et valorisation des ressources naturelles : forêt, steppe, oasis, montagne, littoral.
- ✚ Protection et valorisation du patrimoine matériel et immatériel : produit du terroir, bâtis préservation des sites et des produits historiques et culturels, valorisation des sites culturels, des manifestations traditionnelles.

Le tableau suivant résume les différentes politiques entreprises dans le cadre de la lutte contre la désertification :

**Tableau n° 01 : Plans et programmes de lutte contre la désertification période 1962-2008**

Intitulé	Période	Type d'actions en rapport avec le reboisement et/ou la désertification
Chantiers populaires de reboisement CPR	1962-1967	Reboisement dans les régions à fort taux de chômage
Plan triennal	1967-1969	Relance de l'activité forestière
Premier plan quadriennal	1970-1973	Reboisement productif et « barrage vert » contre la désertification
Deuxième plan quadriennal	1974-1977	Renforcement du plan précédent
Premier plan quinquennal	1980-1984	Reboisement et aménagement des bassins versants
Deuxième plan quinquennal	1985-1989	Reboisement avec une plus grande diversification des espèces
Le barrage vert	1971-1990	Reboisement systématique puis aménagement intégré agro-sylvo-pastoral des territoires compris entre les isohyètes 300 et 200 mm
Le plan national de lutte contre la désertification	Dès 1987	Intensification et extension du barrage vert avec une approche agro-sylvo-pastoral
Haut-commissariat au développement de la steppe	1987	Développement intégré de la steppe
Programme des grands travaux	Dès 1994	-Développement et entretien du patrimoine forestier, consolidation et extension du barrage vert et protection et aménagement des bassins versants -Valorisation du produit forestier, désenclavement des populations et lutte contre le chômage
Programme national de développement agricole	Dès 2000	9 sous programme dont 5 ont trait à la préservation et le développement des espaces naturels ainsi que la création d'emploi en particulier par le reboisement, la mise en valeur des terres, la protection et le développement des zones steppiques et de l'espace oasien.
Programme national de développement agricole et rural	2002	Démarche participative en vue de développer l'agriculture et l'élevage, stabiliser et repeupler le milieu rural.
La politique de renouveau agricole et rural	2008	Approche novatrice de développement rural par les PPDRI.

Source : DGF, 2004

### Conclusion :

La désertification telle qu'on l'observe aujourd'hui est un des problèmes principaux dans le monde. La désertification déstabilise économiquement et socialement une grande partie du continent.

Les solutions, quand à elles, semblent aussi variées que les causes. Mais la bonne réponse à ce fléau reste un traitement de fond, abordé par les conventions ONU, mais malheureusement trop peu souvent mis en place. Une solution idéale consisterait d'après nous à combattre la désertification de concert, entre pays riches, qui fourniraient les moyens (argent, formateurs) d'une telle politique, mais aussi et surtout avec le concours des

populations locales, indispensables à la bonne marche et au bon rétablissement de leur environnement.

Les politiques de lutte contre la désertification ont été nombreuses, diversifiées et ont connu plusieurs périodes en fonction de la situation économique du pays.

Les actions initiées à la veille de l'Indépendance visaient essentiellement les volets techniques et socio-économiques. Sur le volet technique et en absence d'une approche globale de développement la lutte contre la désertification s'est limitée au reboisement, la création de coopératives agricoles, promulgation d'un code pastoral.

Au niveau socio-économique, l'état visait la réduction des écarts entre zones steppiques, de montagne, Sahariennes et les autres régions à travers le programme des grands travaux.

A partir de l'année 2008, un changement réel de la politique de l'état est cependant constaté : la signature de l'Algérie de la convention internationale de lutte contre la désertification et la mise en place du plan national de développement agricole élargi ensuite en plan nationale de développement agricole et rural.

Les politiques de lutte contre la désertification repensées à travers le plan national de développement agricole et rural, n'ont pas seulement intégré les actions locales dans le développement mais ont tenu à concilier le développement économique et social avec l'utilisation rationnelle des ressources naturelles.

Cette intégration traduit la volonté des pouvoirs publics de sensibiliser les populations locales en ce qui concerne l'urgence de trouver des méthodes durable pour l'exploitation des ressources naturelles, en mesure de freiner le phénomène de désertification dans la steppe Algérienne. (Bensouiah, 2003).

Aujourd'hui plus que jamais les évaluations sont devenues une nécessité absolue, il n'y a pas de méthodes d'évaluation générales et universelles. Plusieurs méthodes coexistent et sont liée à des types d'évaluation et à des contextes particuliers (Marc Bied-Charreton et al, 2012).

# *Chapitre 02*

# *Données du milieu naturel*



Dans ce chapitre, nous essayerons d'appréhender les caractéristiques de milieu physique de notre zone d'étude, nous étudierons les caractéristiques géographiques à savoir les principales unités du relief ainsi que la morphologique et la géologique. Nous aborderons ensuite les données du couvert végétal et les caractéristiques pédologiques.

### **2.1. Localisation de la zone d'étude**

Les monts des Nememchas sont situés à l'extrémité orientale de l'atlas saharien algérienne. C'est l'un des ensembles montagneux les plus importants. Ils constituent une unité physique bien individualisée. Sur le cadre géomorphologique régional, cette unité se présente comme une limite franche entre la région Sud-Est constantinoise semi-aride et le domaine aride saharien. Elle constitue à ce titre une zone de transition, aux conditions bioclimatiques très contrastées. Ils représentent une région steppique à vocation pastorale et dont le milieu naturel est fragile. (M. Kalla, 1995)

Elle prend une zone géométrique située entre les longitudes 6°41'41'' - 7°43'37'' Est et les latitudes 34°46'43'' - 35°05'30'' Nord. Elle est limitée morphologiquement par :

- Les monts des Aurès à l'Ouest
- Les piedmonts méridionaux sahariens, Djebel Abiod et Djebel Zenad au Sud
- Djebel Rtem, Djebel Ed Darmoun, Djebel Debibirh et plaine de Bled Es Sayah à l'Est
- Plateau de Chéria, Djebel Bou Kammache, Djebel Touilat Blal et Outa Ziriz au Nord

La surface de la zone d'étude couvre quatre (04) communes principales de la wilaya de Khenchela (Checher, Baber, Djallel et Khirane) et deux (02) communes de la wilaya de Tébessa (Steh Guentis et Thlidjene).

### **2.2. Le relief**

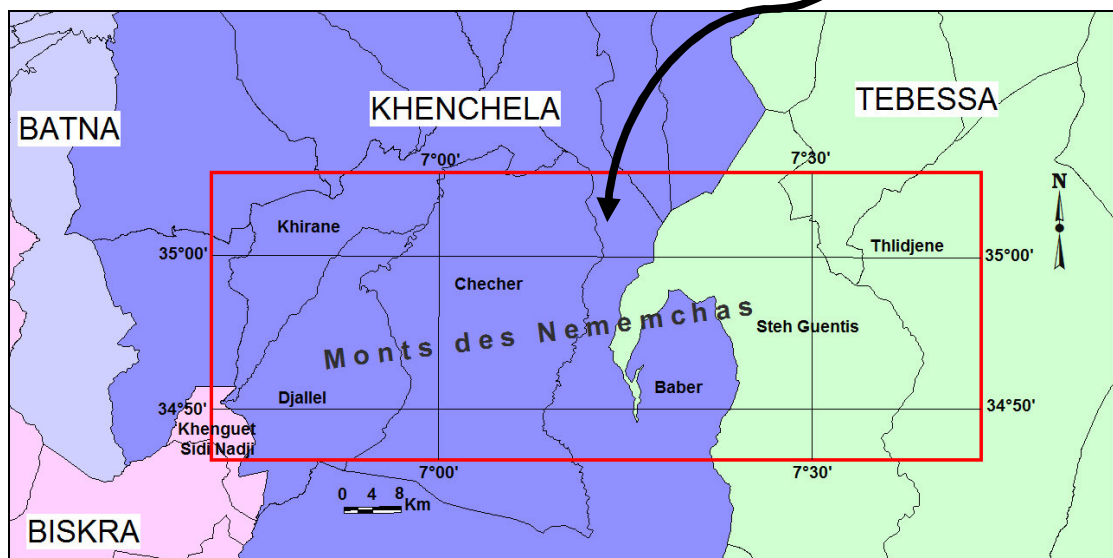
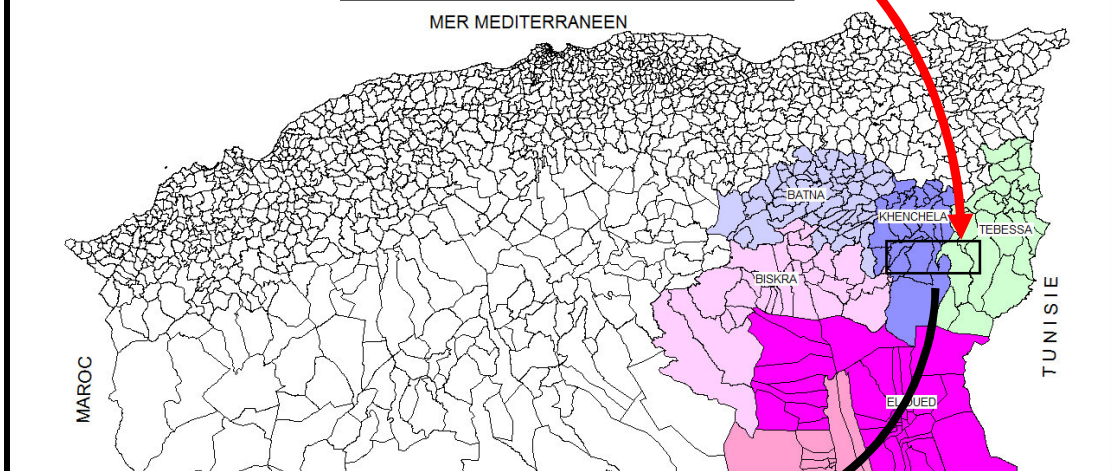
Les reliefs sont l'expression d'une succession de mouvements structuraux et une dynamique érosive continue ; ce qui donne naissance à des formes et des modelés variés qui se regroupent en colline, piémont, plaine et dépression. Le massif des Nememchas est une grande unité morphologique aux reliefs accentués, la configuration de leur relief montre deux grands ensembles montagneux, avec deux directions principales, presque orthogonales ; la première Est- Ouest et la seconde avec une direction Nord-Est Sud-Ouest. Entre ces derniers s'intercale par les dépressions et enfin les talus bordiers. (M. Kalla, 1995)

Carte n° 02

### LOCALISATION DES MONTS DES NEMEMCHAS



### L'ALGERIE DE NORD



## **2.2.1. Les ensembles montagneux**

### **2.2.1.1. Les monts occidentaux**

C'est les monts de Ouled rechache, ils se formés de deux crêts, à regard extérieur, ils sont orientées au Nord-est et Sud-ouest, s'écartent progressivement vers le Sud-Ouset, avec une altitude moyenne de 1500 m.

Les crêts d'orientation Nord-Ouest passent de 1500 m à Dj.Tardjelt au Nord-Est, à Dj. Astellef à 1608 m pour atteindre 1834 m à Dj. Ali Anes au Sud-Ouest de Taberdga. Après d'Ich Marzou, on passe déjà vers le paiement sud des Nememchas par Dj.Djellal à 1613 m à 812 m à Ras Aicha, plus au Sud, on se retrouve en plein sahara avec 166 m à El-Achach.

Les crêts d'orientation Sud-Est passent de 1528 m à Dj.Boufisane au Nord-Est, à Dj. Mellagou à 1277 m vers le Sud-Ouest. Dans ce secteur interne, qui convient à un synclinale, la topographie prend une allure tabulaire. Elle s'organise selon un réseau hydrographique très encaissé qui converge vers les gorges de Taberdga. (M. Kalla, 1995)

### **2.2.1.2. Les monts orientaux**

Les Monts Orientaux s'allonge d'Ouest en Est sur près de 50 km, les reliefs forment un ensemble assez complexe, profondément disséqué, avec des altitudes différentes, de 1265 m à Dj. Djerar, 1421 m à Dj. Guater, 1418 m à Dj. Zora. Trois grands oueds recoupant perpendiculairement cet ensemble : Oued Rharghar, oued Guenttis et Oued Hallail qui impressionnant canyon qui débouche sur le sahara. (M. Kalla, 1995)

## **2.2.2. Les dépressions (les outas)**

A l'intérieur de ces montagnes s'est installé les déprissions (les Outas), il représentée par trois unités de taille plus modeste, qui correspondent d'Ouest en Est aux plaines de l'Outa Guert, l'Outa Zora et l'Outa Behiret Tlidjen. Ces plaines sont délimitées et entièrement ceinturées par des crêtes rocheuses. (M. Kalla, 1995)

### **2.2.2.1. L'Outa Guert**

Cette plaine situé au Nord-Ouest des monts orientaux, c'est l'extension de l'Outa mère (Outa Guessés) au Sud-Ouest. Cette cuvette accuse une dissymétrie. En effet sur son bord Nord-Ouest, les crêts à regard Sud-Est du val d'Ouled Rechache et son bord Sud du Kef Rahal 1300 m, véritable barrière montagneuse sans aucune ouverture, dominant une plaine d'une altitude relative de pris de 1000 m. Cette dissymétrie est mieux soulignée par le tracé de l'Oued Guenttis qui draine cette dépression. (M. Kalla, 1995)

### **2.2.2.2. L'Outa Zora**

Cette dépression située au Nord-Ouest des monts orientaux, elle est complètement individualisée et bouclée par des crêts du Dj. Zora au Sud donnent une forme presque demi-

cercle incliné vers Sud-Est avec une altitude maximale de 1418 m au Sud régresser sur les deux cotes vers le Nord-Est. Leurs pentes convergentes vers le centre de la plaine où se compose un réseau hydrographique, généralement longitudinal vers l'Est, change leur direction réalisant un code vers le Sud-Est pour rejoindre la vallée de l'Oued Hallail, à travers la cluse de Draâ-El-Mellah. (M. Kalla, 1995)

### **2.2.2.3. L'Outa Behiret Tlidjen**

Parallèlement aux autres plaines, Behiret Tlidjen située au Nord-Ouest des monts orientaux, c'est une combe bouclée par des crêts du Dj. Arhour El-Kifene au Sud-Ouest. Leurs faîtes se maintiennent à 1300 m, dominant de versant concave à pente moyenne, donnent une forme presque demi-cercle incliné vers Sud-Est. Le réseau hydrographique devient moins dense convergeant vers l'Oued Tlidjen.

Ces trois unités qui constituent la région des dômes présentent dans leur aspect topographique et structural certaines similitudes qui mettent en évidence leur originalité. (M. Kalla, 1995)

### **2.2.3. Les talus bordiers**

Tous les paiements des Nememchas et son prolongement septentrional se trouvent en situation notamment perchée par rapport au reste de la région, ils constituent une zone d'accès difficile, cependant c'est à l'Est, au Sud-Est et au sud que les talus bordiers, sous forme d'escarpements spectaculaire, traduisent une limite à la fois topographique et structurale. (M. Kalla, 1995)

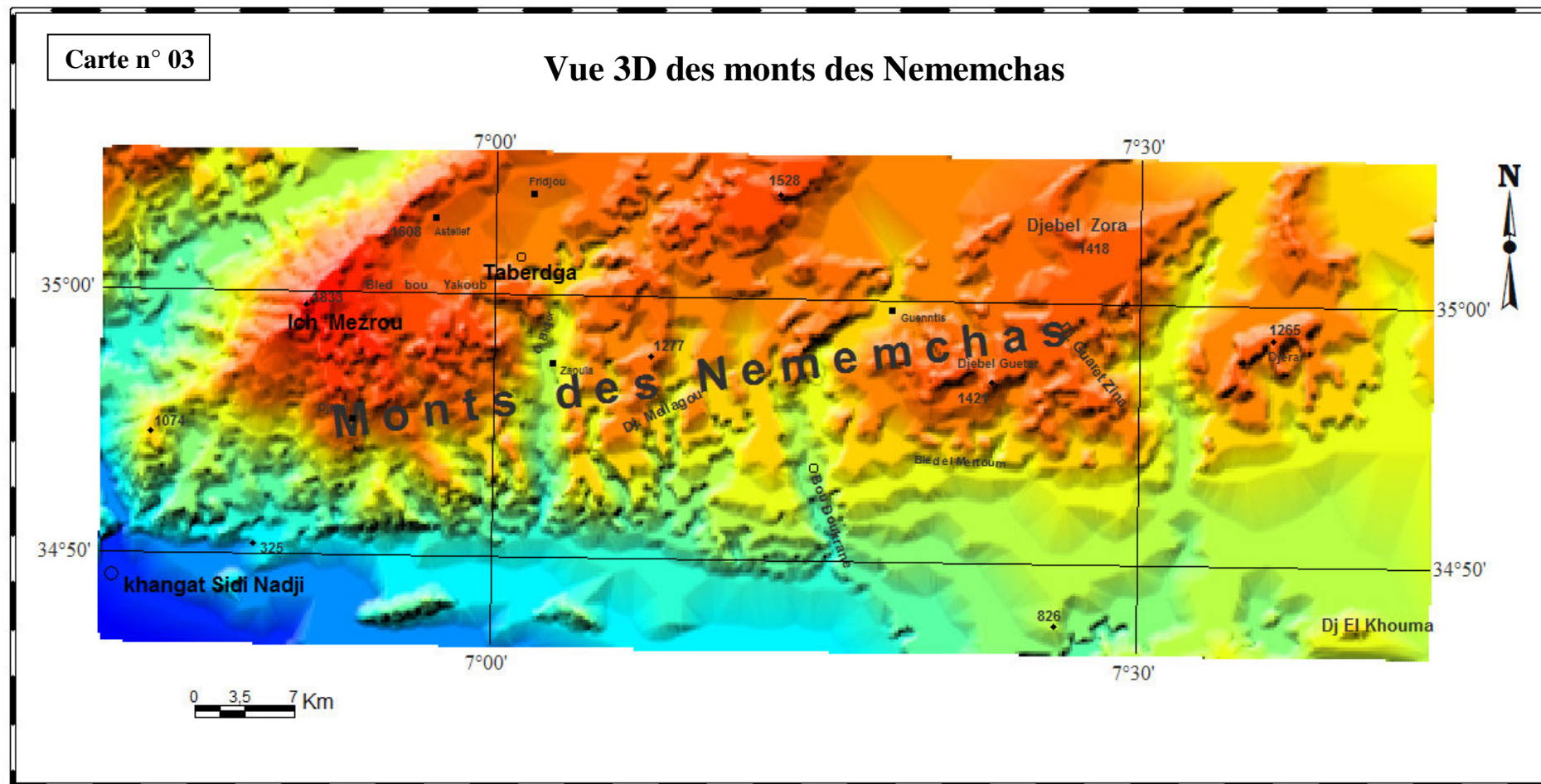
#### **2.2.3.1. Le talus occidental**

Ce talus détermine la limite entre le massif des Nememchas et des Aurès à l'Ouest. Il est confondant par sa vigueur et son trac parfaitement droit, selon la direction Nord-Est Sud-Ouest, des structures atlasiques. C'est vers le Sud-Ouest de Taberdga, où les versants structuraux deviennent presque horizontaux, forme un petit plateau, que le talus atteint le maximum de sa puissance. Ainsi le plateau de Bled-Bou-Yakoub à l'altitude moyenne de 1700 m, domine la vallée de l'Oued El-Arab de près de 1200 m. Ce qui donne lieu à des versants courts et pentus. (M. Kalla, 1995)

#### **2.2.3.2. Le talus oriental**

Contrairement au talus occidental, cet escarpement présente un tracé assez complexe. Il délimite à la loi la bordure Sud-Est. Celui-ci sous forme d'une ligne courber au niveau des paiements Est et Sud-Est de Dj. Djerar avec des versants à pentes moyennes (15° en moyenne). (M. Kalla, 1995)





Source : Carte topographique de Tebessa 1/500 000

### **2.2.3.3. Le talus méridional**

Ce talus détermine la limite entre le massif des Nememchas et le Sahara. Il est presque droit sur le côté Est au niveau des versants du Dj. Guetar et Dj. Guaret Zina. D'autre côté Ouest le talus des pentes Sud des monts de Ouled Rechache est un peu complexe au niveau du Dj. Guelaa et Dj. Mellagou.

L'organisation du relief semble être influencée par la structure. Ceci apparaît clairement dans le cloisonnement de différentes unités, très déterminant le climat de cette zone. Enfin la topographie des fonds de vallées et des dépressions s'organise selon une pente nord-sud, contrairement aux reliefs qui s'abaissent du Sud vers le Nord. Ceci se traduit dans la zone sud par un enfoncement du réseau hydrographique qui a réussi à franchir l'obstacle montagneux Est-Ouest par de profondes gorges. (M. Kalla, 1995)

### **2.3. Les caractéristiques morphologiques**

La morphologie est l'un des éléments les plus précieux de l'analyse morphologique dans les études de reconnaissance, tel que l'altitude, la pente .... Nous avons utilisé le logiciel MapInfo par l'option Vertical Mapper (extraire de MNT) par rapport à la carte topographique pour élaborer les différentes cartes expliquant la forme des monts des Nememchas.

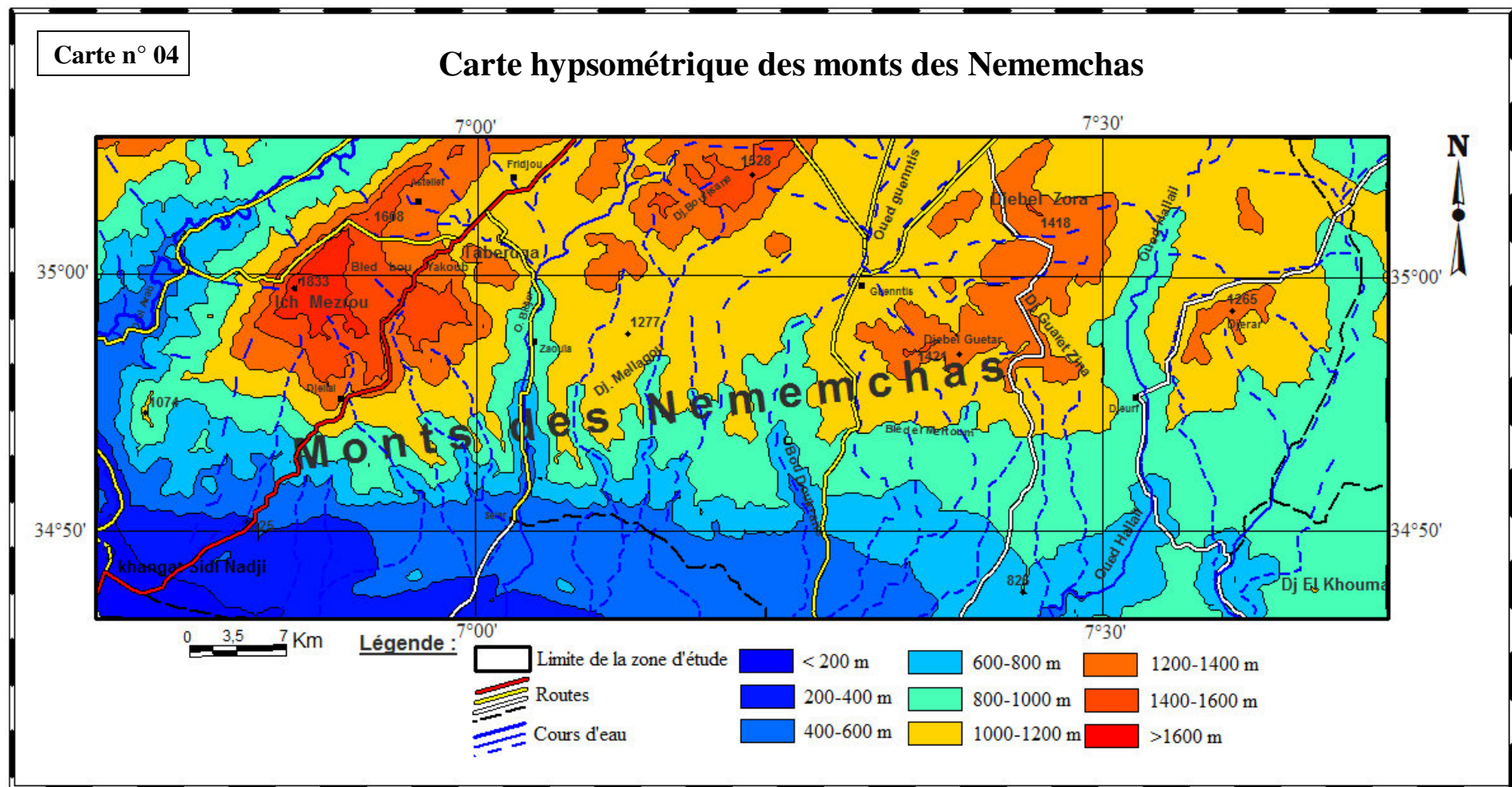
#### **2.3.1. Modèle numérique de terrain**

Plusieurs logiciels utilisant pour exécuter la carte en trois dimensions, en utilisant Vertical Mapper pour déterminer le modèle numérique de terrain de notre zone d'étude. Ce logiciel traite les données des courbes de niveau digitalisées en poly lignes et transformées en points, et présentées en trois dimensions.

#### **2.3.2. Les altitudes**

L'altitude est un paramètre principal de connaître la morphologie du terrain, il est influé sur les facteurs météorologiques et hydrologiques, tel que le gradient pluviométrique et thermique, ainsi que la vitesse d'écoulement qui sera en principe plus importante en montagne qu'en plaine.

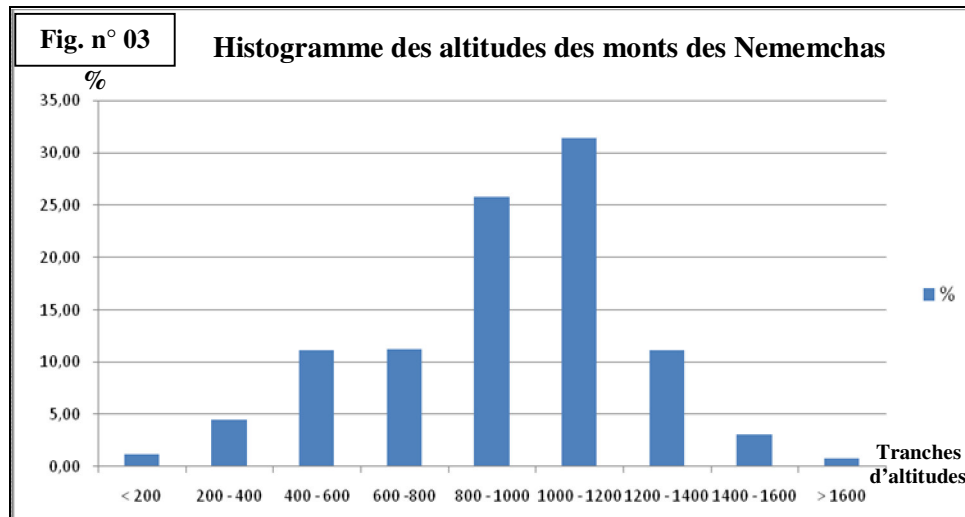
La répartition de notre zone d'étude (en km<sup>2</sup> et en % de la superficie totale) par tranches d'altitude est constatée dans le tableau N° 02, et reportée sur la carte N° 04 (carte hypsométrique des monts des Nememchas) qui nous donne les altitudes caractéristiques de cette zone.



Source : Carte topographique de Tebessa 1/500 000

**Tableau n° 02 : La répartition des altitudes**  
(Selon la carte hypsométrique des monts des Nememchas)

Altitude en m	Surface en Km <sup>2</sup>	%	% Cumulé
< 200	37,80	1,17	5,73
200-400	147,90	4,56	
400-600	360,68	11,13	22,30
600-800	361,89	11,17	
800-1000	833,18	25,71	57,12
1000-1200	1017,78	31,41	
1200-1400	358,67	11,07	14,85
1400-1600	97,94	3,02	
> 1600	24,55	0,76	



Les altitudes de notre zone d'étude ne sont pas ordonnées, elles sont tranchées d'un secteur au d'autre, l'altitude dominante est entre 800-1200 m avec un pourcentage de 57,12 % de la surface globale, qui représente les plaines et les dépressions.

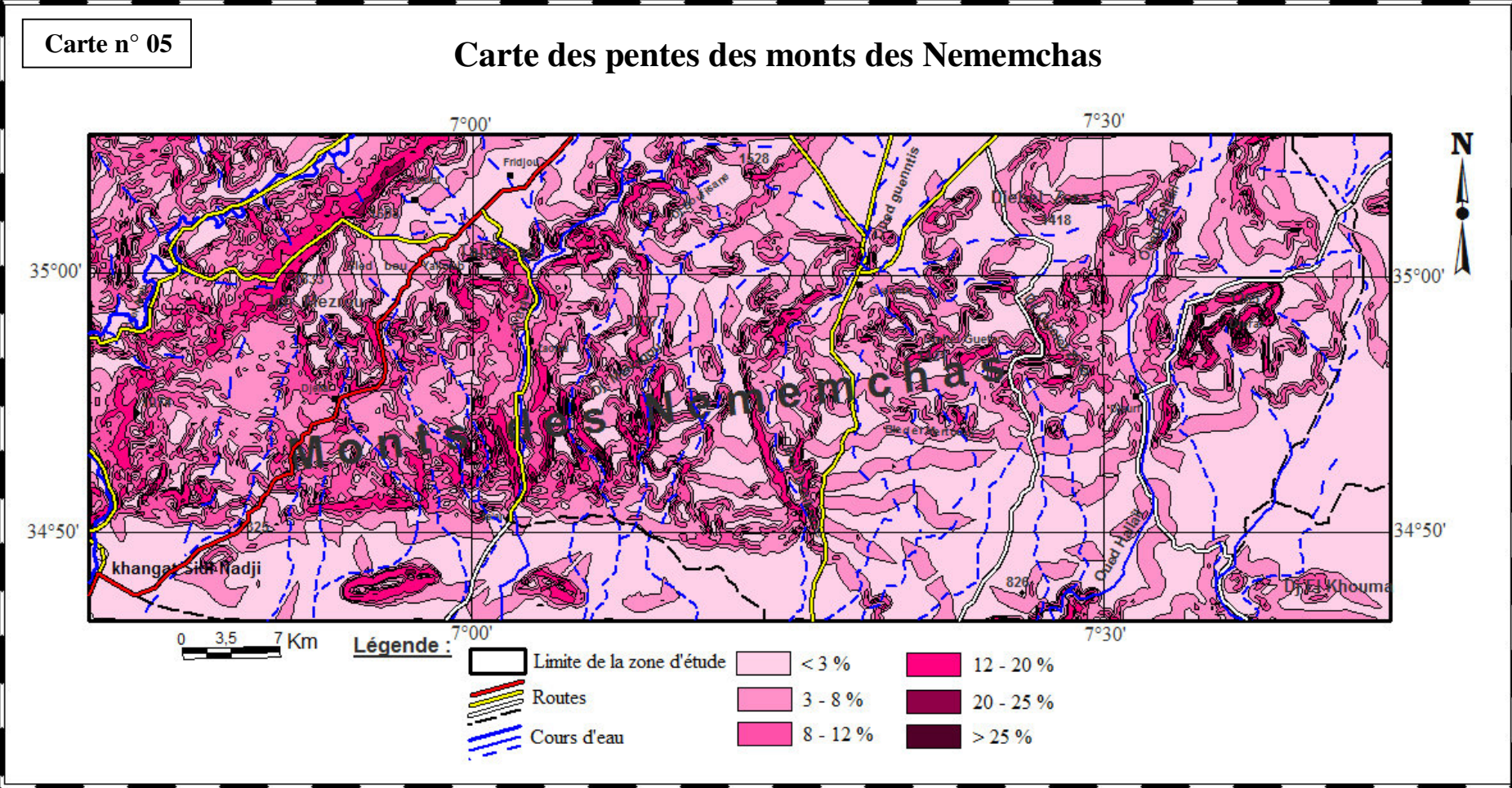
Les secteurs d'altitude supérieurs de 1200 m ressemblent les sommets de Djebels et leurs piedmonts, soit 14,85 % de la surface totale de la région d'étude.

Les secteurs d'altitude inférieurs de 800 m représentent 27,93 % de la superficie totale, qui montre les dépressions.

### 2.3.3. La pente

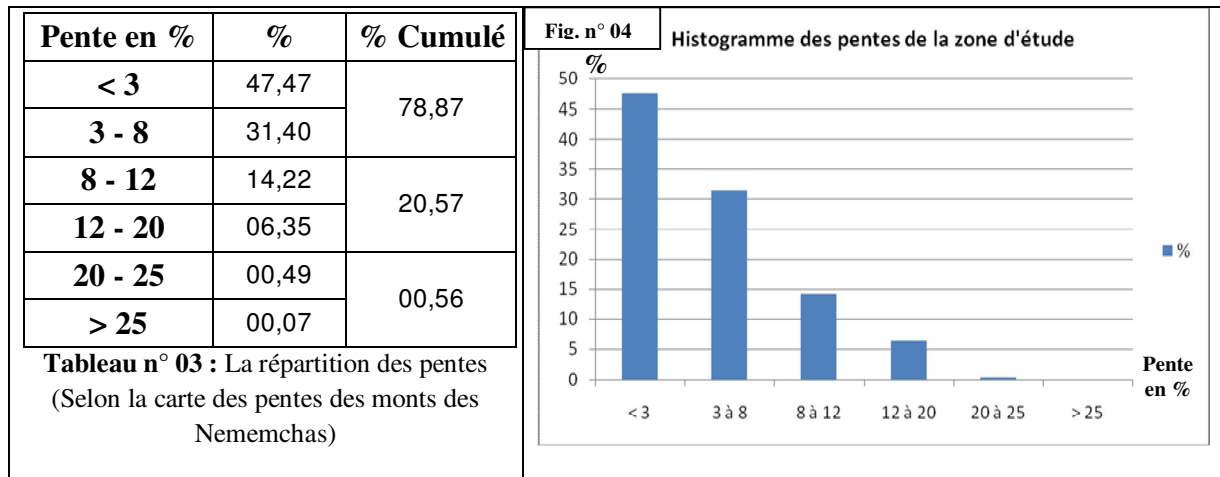
La pente est une caractéristique importante du relief et un facteur déterminant pour les processus de la dynamique actuelle, on n'ignore pas la vulnérabilité de la pente à la désertification. Pour notre zone d'étude nous avons fait ressortir la carte des pentes suivante :





Source : Carte topographique de Tebessa 1/500 000





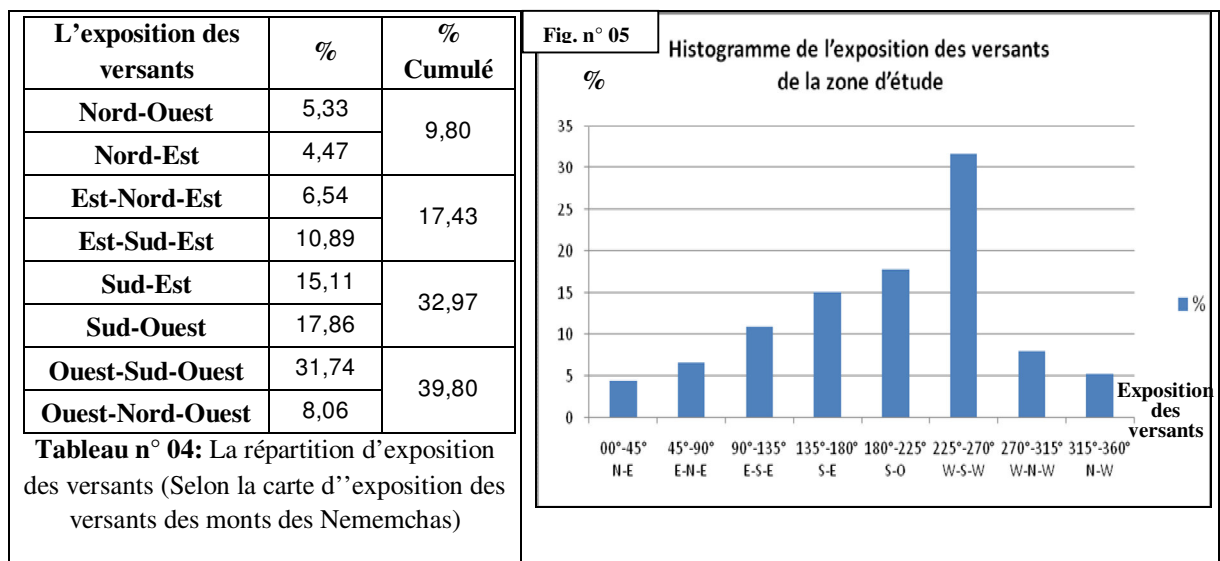
D'après la carte des pentes, nous avons remarqués que la classe la plus dominante est (< 8 %), soit 78,87 %, qui indiquent la pente faible à assez faible de notre zone d'étude. Ces pentes se trouvent au niveau des talus bordiers et les dépressions.

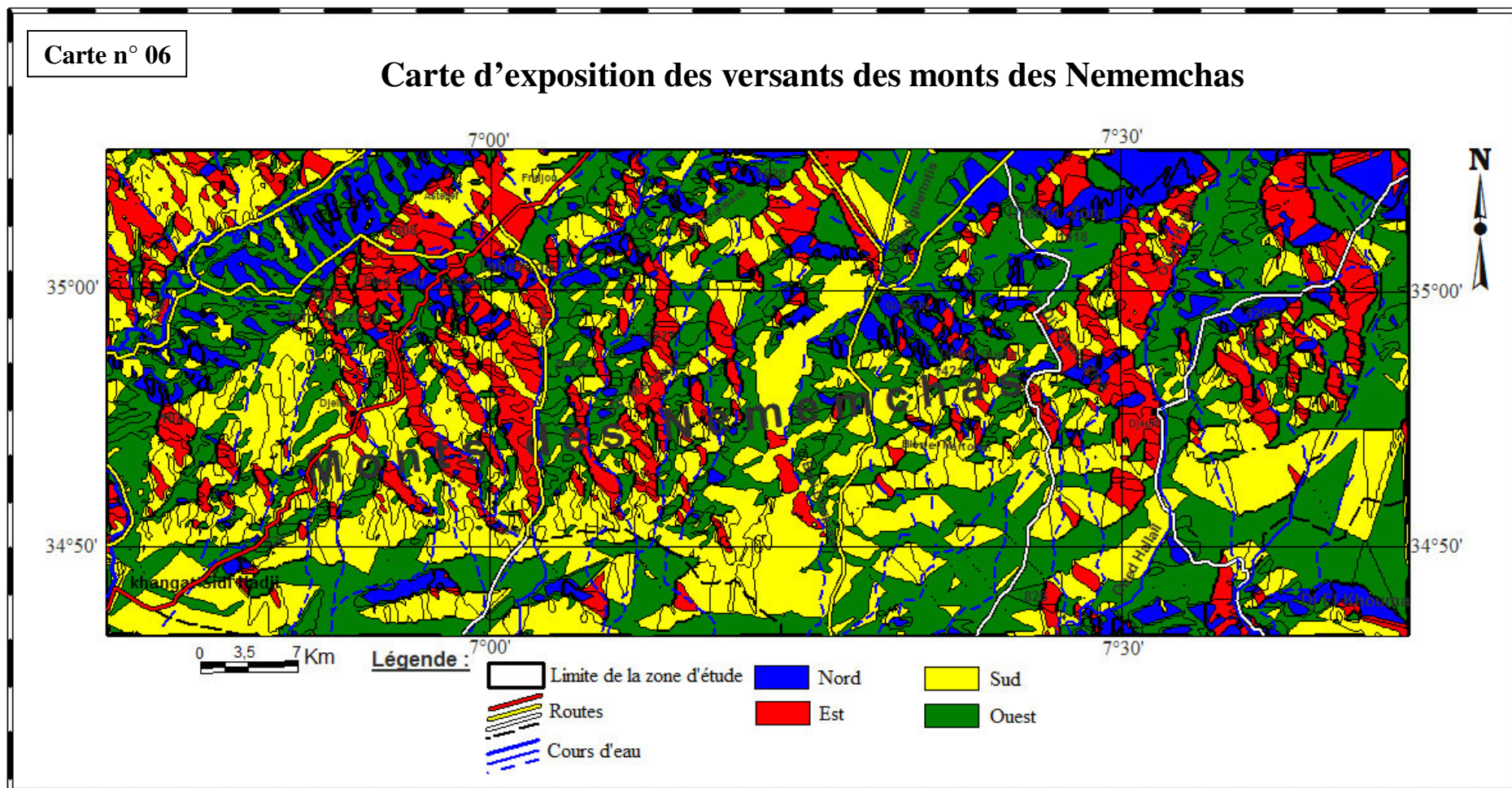
La classe des pentes moyennes et assez forts (8-12 % et 12-20 %) occupe 20,57 % de la surface totale de notre zone d'étude, ces pentes découvrent au niveau de tous les ensembles montagneux, surtout les chaînes orientales.

La classe des pentes forts est très forts ne présentent pas au moins 1 %, se trouvent dans les crêtes des ensembles montagneux.

### 2.3.4 L'exposition

L'exposition joue un rôle très important sur la répartition des pluies et par conséquent, sur la diffusion de la végétation.





Source : Carte topographique de Tebessa 1/500 000

D'après la carte d'exposition des versants des monts des Nememchas, nous avons remarqués que la plupart de notre versants exposés vers l'Ouest soit 39,80 % de la zone d'étude qui partagés comme suit :

- Sud-Ouest ; entre 225° et 270° présente 31,74 %
- Nord-Ouest ; entre 270° et 315° découvre 8,06 %

Les versants exposés vers le Sud aussi sont très importants, qui présentent 32,97 % de la surface totale de notre zone d'étude par rapport les autres versants exposés vers le Nord et l'Est qui présentent tous les deux 27,23 %

En peut découvrir que les versants exposés vers le Sud sont très dominants qui présente trois quart ( $\frac{3}{4}$ ) de la surface totale, par rapport les versants exposés vers le Nord qui présente un quart ( $\frac{1}{4}$ ).

D'abord, en conclus que l'intensité des précipitations n'est pas importante sur la région qui influe négativement sur le développement de la végétation et la dégradation des terres.

## **2.4. La géologie**

La géologie constitue une donnée importante pour la connaissance du cadre structural et l'étude du milieu. La nature des terrains est un des principaux critères qui conditionne le choix des travaux de mise en valeur. (BERRAYAH, 2006)

Les formations les plus anciennes de la zone d'étude sont attribuées au Crétacé, le matériel rocheux est constitué de deux ensembles lithologiques distincts, aux formations marines de l'Eocène, succèdent les formations du Crétacé.

L'essentiel de l'évolution géologique de la région est matérialisée par un matériau rocheux constitué essentiellement de calcaire, de marne, de grès et d'argile appartenant à une série allant du quaternaire.

### **2.4.1. Le crétacé**

Le crétacé forme l'essentiel du matériel rocheux affleurant dans la région, les formations présentent un caractère très important qui réside dans l'existence des faciès gréseux et marneux-calcaires.

Dans la zone occidentale des Nememchas, région d'Ouled Rechache vers les Aurès. Le Crétacé est bien pourvu en fossiles repères. R. Laffite (1939) a pu fixer avec beaucoup de précision les limites des différentes subdivisions. Cet étage se présente dans les limites Sud des régions des Outas (Dômes), comme une puissante série marneuse de 400 m d'épaisseur en moyenne. Il est largement affleurant avec des épaisseurs voisines de 500 m à Djellal, partie

Sud de val et plus de 600 m dans l'anticlinal d'Ain el Hammam, Nord-ouest de synclinal. Vers l'Ouest, le faciès devient plus carbonaté. (M. Kalla, 1995)

#### **2.4.2. L'Eocène**

A la puissante série crétacée succède l'Eocène relativement modeste, puisque les épaisseurs maximum dans la région dépassent rarement les 350 m, épaisseur qu'on observe dans la région Djeurf (M. Beghoul, 1974). Néanmoins, son extension latérale est considérable, il constitue l'entablement de la majorité des structures synclinales des Nememchas et monts des Tebessa et joue le rôle orographique qui était dévolu, dans les Aurès, aux calcaires du Maestrichien (R. Laffite, 1939) (M. Kalla, 1995)

**2.4.2.1. L'Eocène inférieur :** On peut distinguer dans cette formation trois termes différents :

A la base, une série phosphatée qui se présente comme un ensemble formé par un assiste calcaire marneuse phosphatée. Dans le synclinal d'Ouled Rechache, il est de mêmes caractères avec des bancs de phosphates. Ces derniers corroborent bien avec les formations à phosphates du Dj. Dyr de la région de Tébessa où les l'épaisseur est de 200 m (J.L. Blès et J.J. Fleury, 1970) (M. Kalla, 1995).

Au-dessus de ce membre, vient s'intercaler une deuxième série intermédiaire lumachéllique. Elle débute par une assise grossière à huîtres, surmontée par une alternance de calcaires marneux suivie par 25 m de calcaires blancs à intercalations marneuses (M. Kalla, 1995).

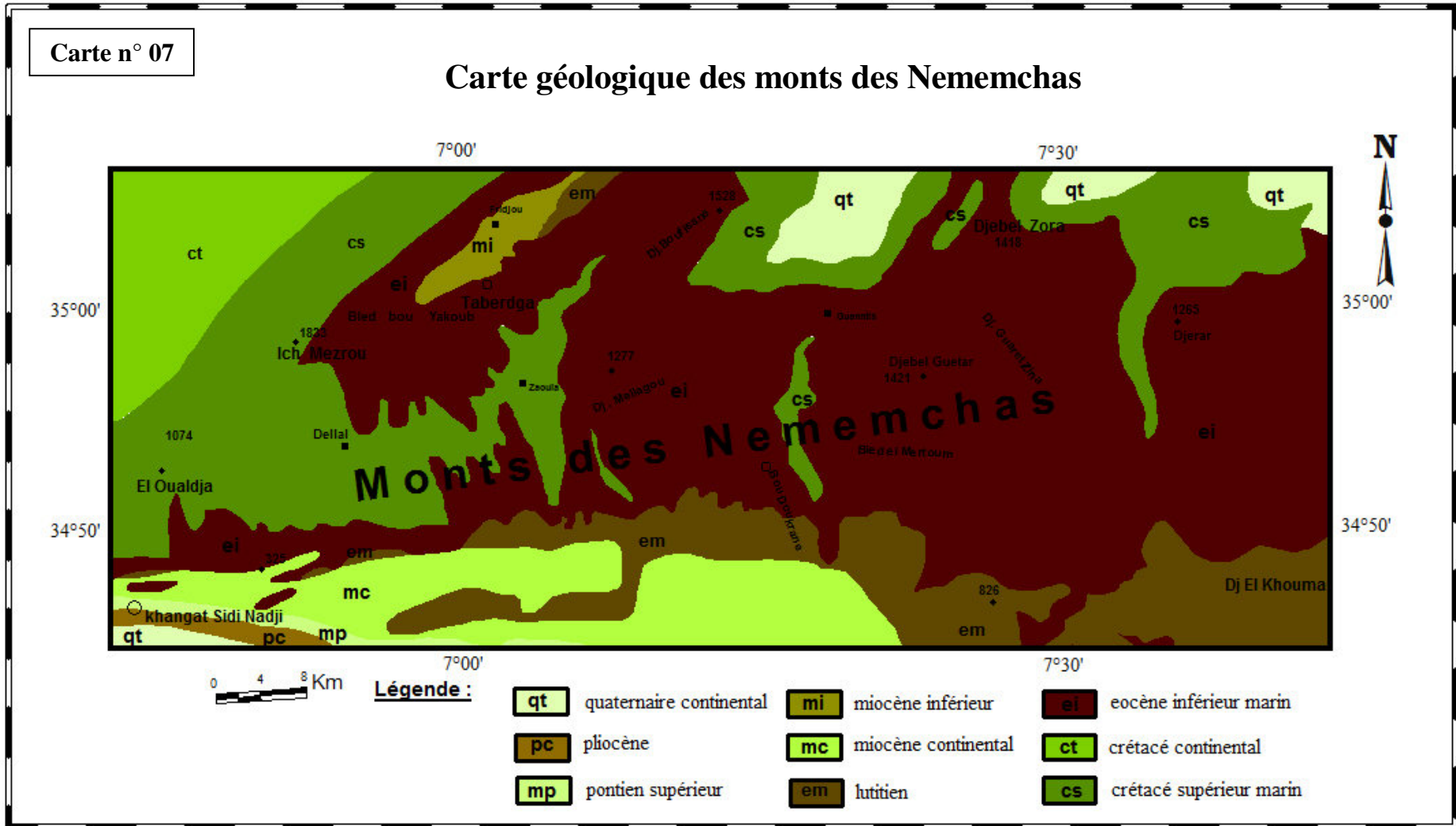
Le dernier terme est forme de calcaires à silex qui alternent avec les calcaires marneux localement lumachéllique (M. Kalla, 1995).

La faune indique ici une formation probablement yprésiens. Les mêmes faciès à silex de Djellal, dans la région d'Ouled Rechache, sont datés de l'Eocène inférieur (R. Laffite, 1939). Ils constituent, en fait, tout le relief d'Ouled Rechache et tous les monts orientaux, tel que Dj. Djerar, Dj. Guater et Dj. Zora.

**2.4.2.2. L'Eocène supérieur (Lutétien):** L'Eocène supérieur est caractérisé par des calcaires zoogènes durs où la silice est sous forme de rognons. Ces calcaires admettent des intercalations marneuses gypsifères surtout vers le sommet (M. Kalla, 1995).

**a – Lutétien inférieur :** La basse de cet étage est constituée par des marnes alternant avec des calcaires blancs à silex, sur une épaisseur voisine de 60 m. Leur succèdent des calcaires qui alternent avec des bancs de gypse sur une épaisseur de 80 m (M. Kalla, 1995).





Source : Carte géologique d'Algérie - Constantine Nord 1/500 000



**b – Lutétien supérieur :** La structure des sédiments du Lutétien supérieur semble uniforme et comprend uniquement des marnes vertes dans lesquelles s'intercalent des horizons constants de gypse (M. Kalla, 1995).

L'Eocène supérieur est plus ou moins localisée au Sud des monts orientaux, sur les bordures des massifs du Dj. Guetar et Dj Guaret Zina et à la région d'El Azeb.

### **2.4.3. Le miocène**

**2.4.3.1. Miocène continental:** il est représenté par une série de sable fluviale qui devient lacustre. En haut cette formation sableuse devient argileuse à quelque passage gypseux. Situé au Sud-Ouest de la zone d'étude, au-dessous l'Eocène supérieur.

**2.4.3.2. Miocène inférieur:** il est marqué par une série régressive de sable en bas la série est littorale, plus haut elle devient deltaïque et puis elle devient fluviale, on note qu'au sommet, en rencontre une croûte ferrugineuse continentale. Il est situé juste au niveau de crête de Dj. Fredjou.

### **2.4.4. Le Pontien**

Il affleure seulement dans la dépression de Sud-Ouest de la zone d'étude de l'anticlinal d'El Achache. Il est représenté par des argiles et marnes multicolores souvent très sableuses. C'est un dépôt continental détritique : argiles, sables, graviers et marnes.

### **2.4.5. Le pliocène**

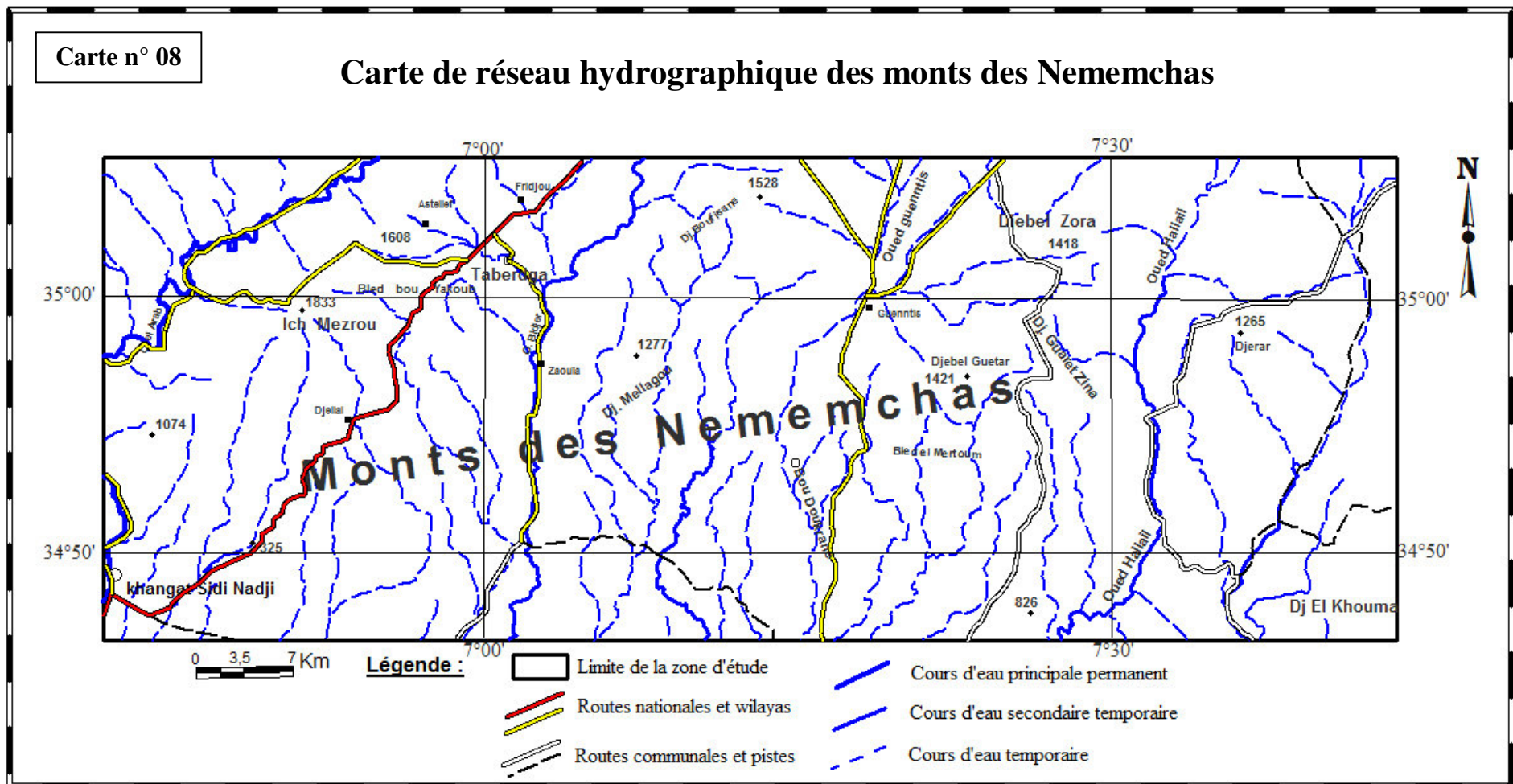
Il est également représenté par la croûte calcaire-gypseuses englobant souvent des masses de poudingues, des sables et des graviers. Il est afflué à l'extrême Sud-Ouest de la zone d'étude au-dessous de Pontien.

### **2.4.6. Le quaternaire**

Cette terrasse est bien développée dans la partie Sud-Ouest de la région, Elle est principalement formée de poudingues remplacés progressivement par un dépôt sableux et argileux. Se trouve en aval d'Oued El Areb, dans la région de Zribet-El-Oued.

## **2.5. Le réseau hydrographique**

Dans les régions à climat semi-arides, les régimes hydrologiques sont d'une manière générale, influencés par les régimes pluviométriques, dont ils sont largement tributaires. Dans son étendue, le massif des Nememchas est sillonné par un chevelu hydrologique assez dense dans l'ensemble, qui s'organise autour de nombreuses vallées. Celles-ci assurent toutes un écoulement vers le Sahara, permis les plus importantes, la vallée de Oued El Arab à l'extrémité Ouest, la vallée de Taberdga de la région à Ouled Rechache et oued Hallail à l'Est



Source : Carte topographique de Tebessa 1/500 000

de la zone d'étude. Tous les oueds coulent dans des vallées profondément encaissées dans le massif jusqu'au Sahara.

### **2.5.1. Oued El Arab**

Oued El Arab écoule dans un bassin versant délimité par les versants Sud-Est des Aurès et les versants Nord-Ouest des Nememchas. Il s'étend de la région de Khenchla au Nod jusqu'au débouché de Khanguet Sidi Nadji au Sahara. Le matériel rocheux est essentiellement marneux (marnes et marno-calcaires du Crétacé). Ce cours d'eau assure des écoulements pérennes, mais avec des débits souvent très faibles, sauf en périodes de crue d'automne.

### **2.5.2. Oued Bidjer**

Oued Bidjer écoule dans les versants internes de Ouled Rechache, passe de la région de Taberdga, d'une direction de nord vers le Sud au Sahara. Il assure des écoulements pérennes d'une densité assez faible que l'Oued El Arab.

### **2.5.3. Oued Hallail**

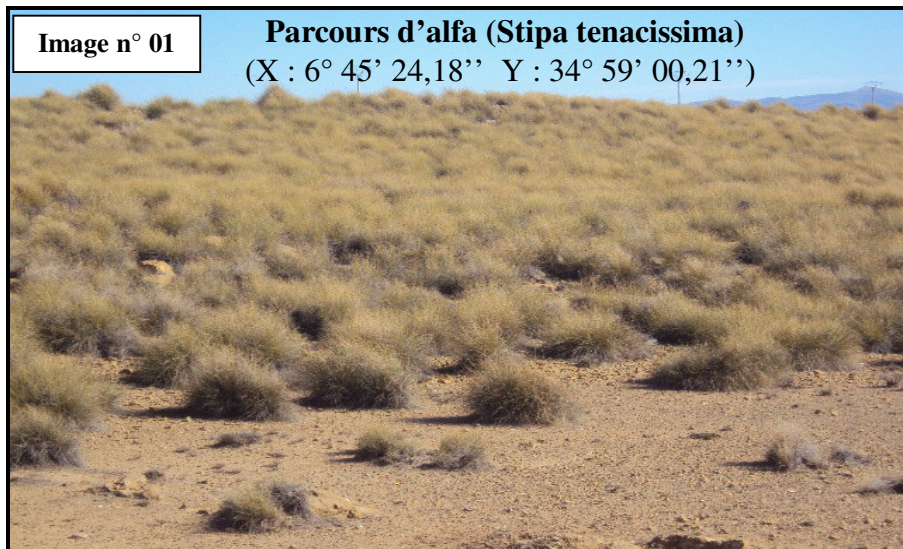
Oued Hallail écoule à l'Ouest de la zone d'étude, il traverse la ligne montagneuse orientale des monts des Nememchas. Ce cours d'eau assure des écoulements pérennes, de direction Nord vers le Sud, avec un débit assez faible, augmente en période des précipitations.

## **2.6. La végétation**

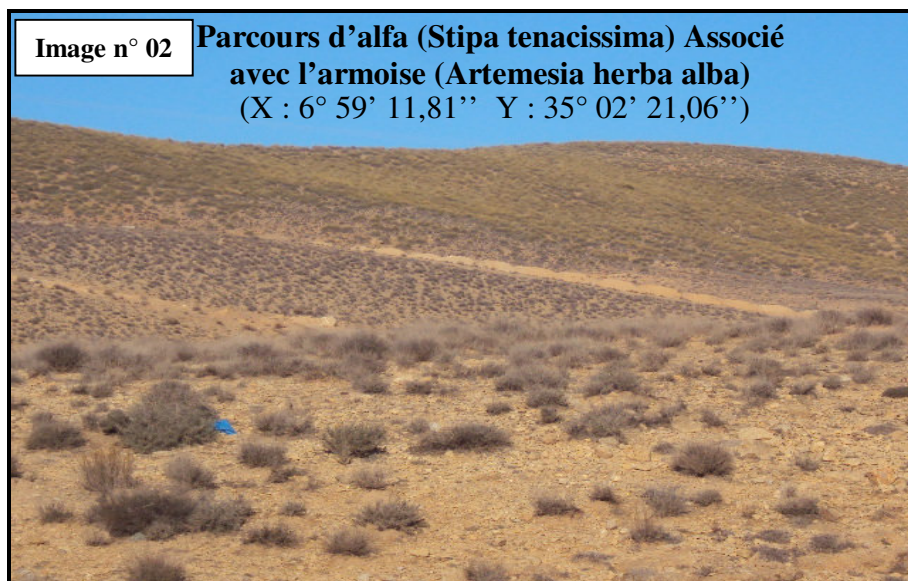
Le couvert végétal dans les monts des Nememchas est caractérisé par une large extension de la végétation steppique, qui donne une grande concordance à la région. D'autre part, la forêt dans cette région est presque inexistante, sauf quelques groupes des arbres.

### **2.6.1. Une large extension de la steppe**

La steppe est la paroi distinguée dans l'ensemble de massif. Elle occupe les trois quart de la région et s'étale sur tous les hauts versants en montant jusqu'à les altitudes de 1600 m. L'alfa (*Stipa tenacissima*) constitue l'espèce la plus dominante, en association avec l'armoise (*Artemisia herba alba*). Les plus belles nappes alfatières occupent actuellement les hautes collines de Tabredga à la limite Ouest des Nememchas. Vers l'extrémité Ouest, l'alfa devient par fois rare et se fait remplacer progressivement par *Artemisia herba alba* avec d'autres espèces moins importantes tels que *Astragalus Armature* et la *Thymélataea Hirsuta*. En effet, la nature et la qualité du couvert végétal dépendent, en chaque endroit, des caractéristiques morphopédologiques des sols, des écoulements, de l'altitude, de l'exposition et surtout de l'impact humain. (Kalla, M. 1995)



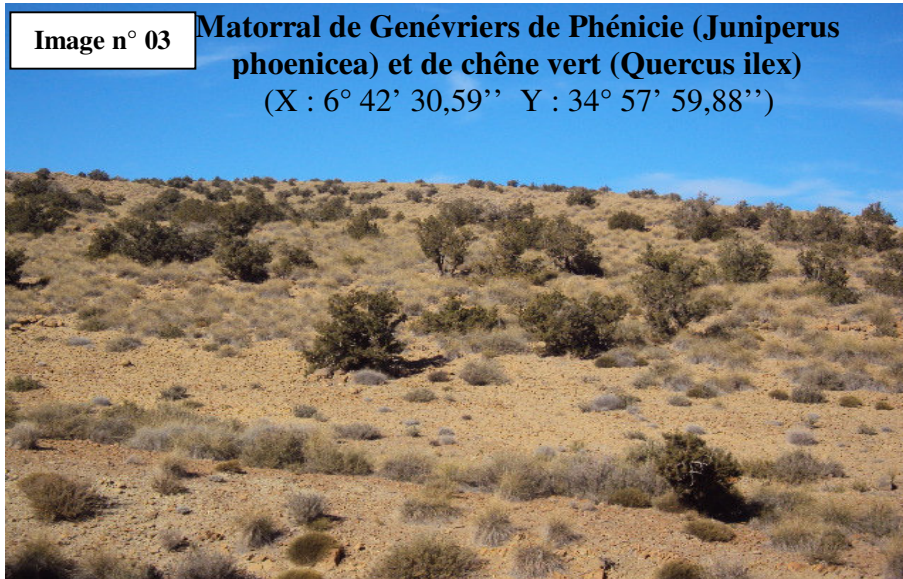
Cette même mosaïque végétale se répète d'une manière monotone dans l'ensemble du massif avec des variantes définies par des paramètres édaphiques et l'état de l'exploitation. En dehors des dépressions occupées annuellement ou quelquefois par les cultures de céréales, le passage d'une association végétale steppique à une autre définit, en réalité, le passage d'un stade de dégradation à un autre.



### 2.6.2. Un matorral localisé

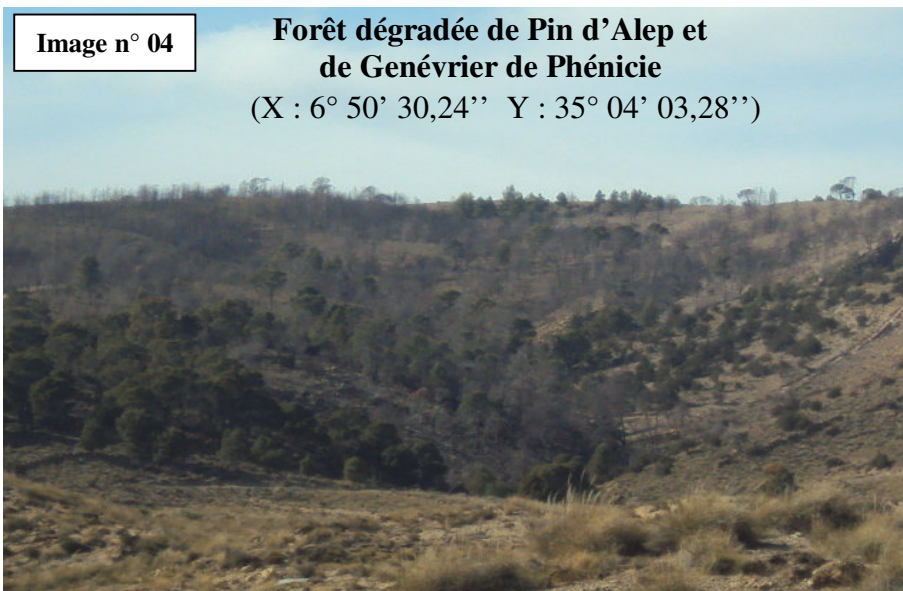
Certains sommets comme le Dj. Rafès et Iffamène à l'Ouest de Chechar, garde encore quelques petits îlots de matorral assez dégradés. Il s'agit en fait de végétation arbustive quelquefois arborescente à l'état résiduel. Ce matorral est formé éventuellement de genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), de chêne vert (*Quercus ilex*) avec quelques reliques de pin d'Alep. A ces espèces arbustives s'associe une couverture dense d'alfa et de romarin. (M. Kalla, 1995)



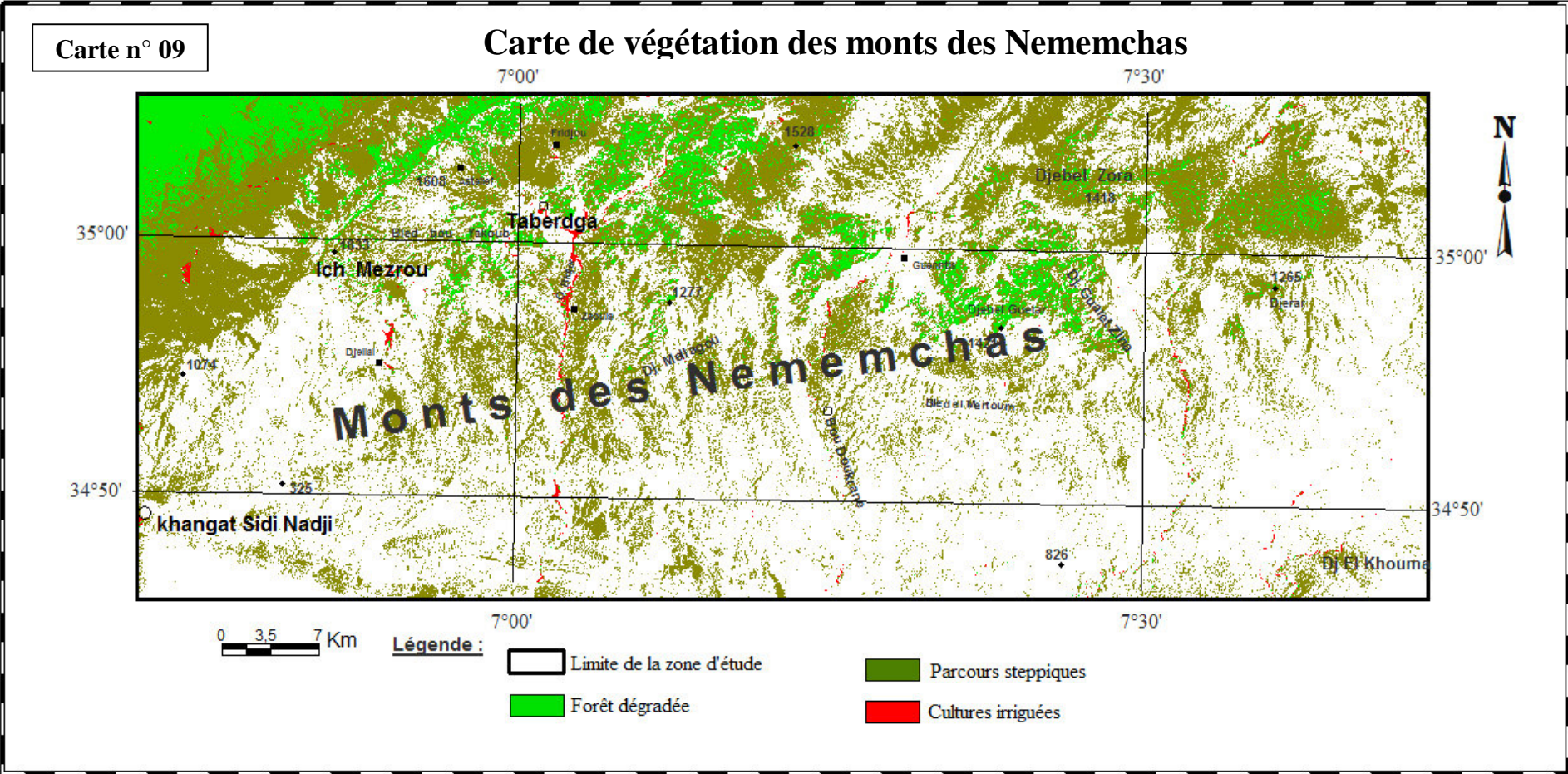


### 2.6.3. Une forêt presque inexistante

Le Dj. Toubount, à l'extrémité occidentale de notre région d'étude, constitue le seul relief qui garde encore une couverture forestière. C'est une forêt de Pin d'Alep et de Genévrier de Phénicie, Alfa et Pistachier, assez dense sur les versants Sud-Est. Sur les reliefs d'Ouled Rechache, se maintient encore de pin d'alep en relique, témoin d'une forêt dense dégradée depuis peu de temps. (M. Kalla, 1995)







## **2.7. Les caractéristiques pédologiques**

Les sols constituent un élément essentiel des biotopes aux écosystèmes terrestre. Leur composition chimique et biologique présente une influence caractéristique de la distribution des végétaux et des animaux.

Les processus pédologiques ne sont pas particulièrement développés dans les régions semi-arides, en raison des conditions climatiques sévères peu favorables à la formation des sols évolués. L'ensemble de la zone d'étude est caractérisés par des sols de steppe iso-humiques peu évolués, sauf quelques sols particuliers.

### **2.7.1. Les sols calciques (*les sols à accumulation calcaire des glacis et terrasses quaternaires. (POUGET, 1980)*).**

L'importance et la morphologie de l'accumulation calcaire conduit à différencier trois catégories de sols très typiques des régions steppiques arides :

**A/ Les siérozems à amas et nodules calcaires.** Sur les surfaces relativement récentes, Quaternaire moyen à récent, les siérozems à amas et nodules calcaires occupent une place assez importante ; Cônes et glacis de piémont, glacis de raccordement et surface polygénique sur les argiles sableuses rouges du Tertiaire continental, glacis à matériau alluvial (Soltanien), terrasses anciennes (Soltano Rharbien), chenaux d'oueds alluvionnés, et même certaines zones d'épandage.

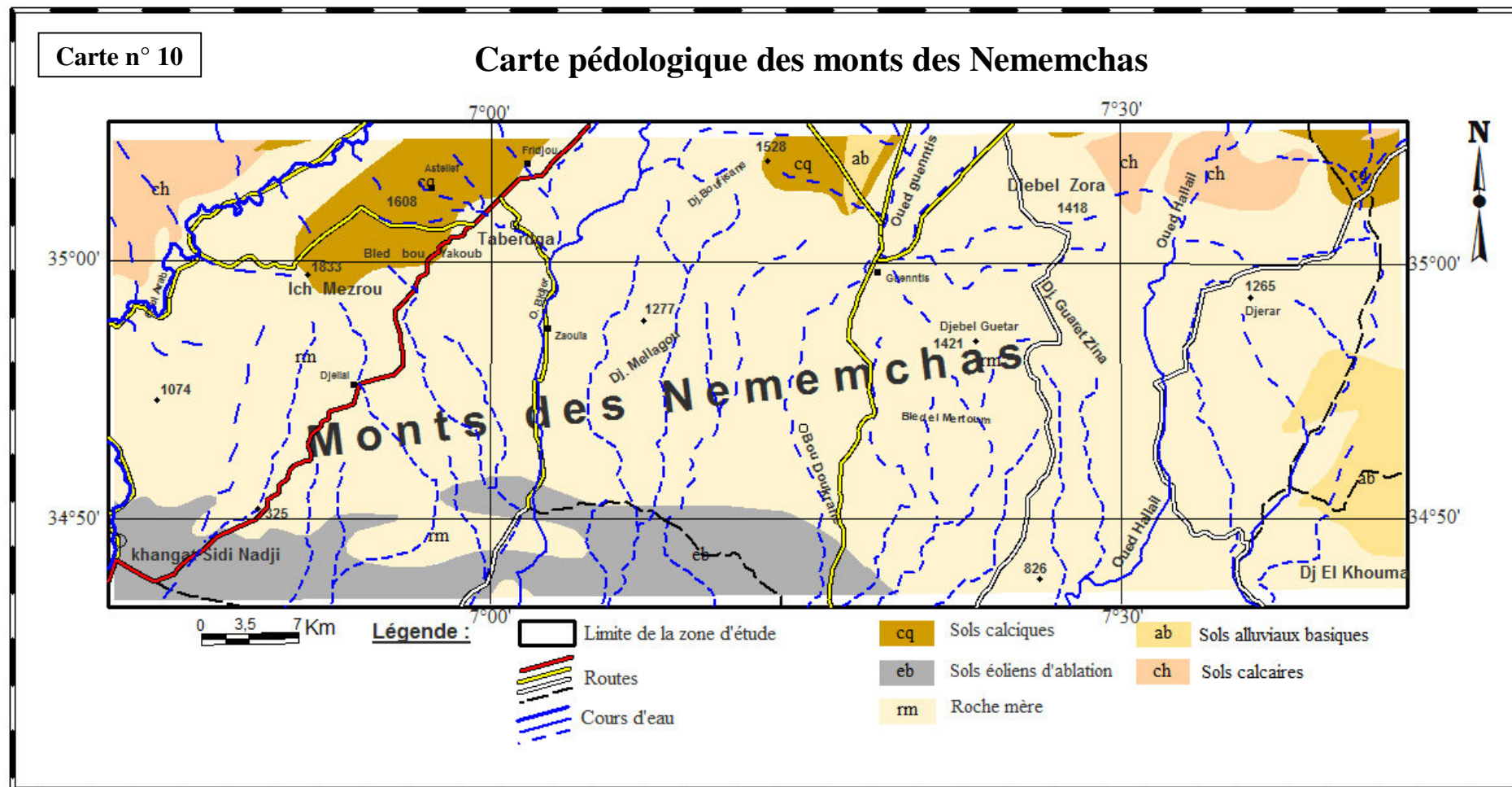
**B/ Les siérozems à encroûtement calcaire.** L'accumulation calcaire plus importante se manifeste par la présence d'un encroûtement presque toujours surmonté d'un horizon à amas et nodules calcaires. Habituellement sur les glacis du Quaternaire moyen, voire récent, les sols à encroûtement calcaire s'observent aussi sur les terrasses anciennes et les chenaux d'oueds alluvionnés.

**C/ Les sols à croûte calcaire.** Les vastes surfaces encroûtées du Quaternaire ancien et moyen attestent de l'extension considérable des sols à croûte calcaire sur des matériaux très divers: alluvions, colluvions de piedmont, calcaire lacustre, argiles sableuses rouges du Tertiaire continental, etc ...

En règle générale, les croûtes sont d'autant plus épaisses et consolidées qu'elles se trouvent sur des surfaces plus anciennes et en zones plus arides.

### **2.7.2 Les sols alluviaux basiques (*Les sols des formations alluviales récentes et actuelles*).**

Les sols peu évolués d'apport alluvial nettement moins riches en matière organique et moins bien structurés. Ils sont généralement cultivés; ils correspondent aux alluvions déposées très récemment, après la reprise d'érosion ayant succédé aux dernières grandes



Source : Carte des sols de Tebessa 1/500 000



périodes humides (Soltano-Rhacbien); ils se répartissent dans trois sous-groupes: (POUGET, 1980).

**\*Les sols peu évolués d'apport alluvial modaux** ; sur alluvions calcaires de texture variable et sur alluvions anciennes plus ou moins noircies

**\*Les sols peu évolués vertiques** ; sur alluvions calcaires de texture fine à très fine.

**\*Les sols peu évolués halomorphes**; sur alluvions calcaires de texture variable et sur alluvions anciennes plus ou moins noircies.

### **2.7.3. Les sols calcaires humifères** (sur des roches calcaires tendres).

Dans un matériau plus tendre et plus perméable l'évolution est rapide car l'altération pénètre aisément en profondeur. (POUGET, 1980).

#### **A/ Sur marno-calcaires.**

Assurant la transition entre les calcaires durs et les marnes, les marno-calcaires regroupent donc un ensemble de roches variées : calcaires tendres, calcaires gréseux, grès marneux, parfois même des marnes, etc. (POUGET, 1980)

**\*Les sols bruns calcaires** : La dégradation du couvert végétal et la mise en culture déclenche une érosion plus ou moins intense avec entraînement des horizons de surface et formation de sols régosoliques et même de régosols (POUGET, 1980).

**\*Les sols calcimagnésiques xériques à croûte calcaire** : Avec le remplacement de la forêt par la steppe et l'arification du climat, on passe progressivement à ce type de sol; l'horizon humifère Ah devient de moins en moins riche en matière organique et se transforme en horizon A. (POUGET, 1980).

#### **B/ Sur marnes.**

En raison d'une très grande diversité pétrographique: texture, nature minéralogique des argiles, teneur en calcaire, sels et gypse, etc., il apparaît difficile de vouloir caractériser un ensemble aussi hétérogène. (POUGET, 1980).

**\*Les vertisols** ont une extension limitée aux zones telliennes subhumides et semi-arides sur les marnes plus ou moins- salées et gypseuses du Crétacé et surtout du Tertiaire (Miocène). Presque toujours cultivés, les vertisols sont d'ailleurs de très bons sols à céréales et fourrages. Sur certaines marnes et sous végétation forestière ils cèdent la place à des sols bruns calcaires, parfois à caractères vertiques en profondeur (POUGET, 1980).

**\*Les régosols** correspondent en fait aux affleurements de la roche-mère dans les entailles des ravines creusées par l'érosion. La présence en surface d'un horizon (A) peu épais indique une

simple désagrégation physique de la marne en polyèdres plus ou moins fins. (POUGET, 1980).

#### **2.7.4. Les sols éoliens d'ablation**

Ces sols minéraux bruts inorganisés, leur pédogénèse est insignifiante. Leur localisation sur des pentes assez fortes est soumise à une érosion active qui ne laisse pas le temps de se former. Ce sont donc des sols de dunes à texture grossière, perméables.

#### **2.7.5. La roche mère**

La roche mère apparaît sur la plupart des monts des Nememchas

##### **Conclusion :**

Le massif des Nememchas dans sa configuration est largement dépendant de la structure, qui lui confère un certain cloisonnement longitudinale dans les unités de relief de même orientation Nord-Est Sud-Ouest et Est Ouest que les structures géologiques atlasiques, avec la dominance de l'exposition Nord-Ouest à Sud-Ouest et Sud. La région se subdivise en trois domaines structuraux : un domaine montagneux avec des sommets qui ne dépassent pas 1800 m. Entre les unités montagneuses se développent des plaines de forme allongée ; c'est le domaine des Outas. La région des Nememchas est limitée, au Nord Nord-Est et au Sud par des talus bordiers.

Le réseau hydrographique de la région n'est pas dense, avec des écoulements temporaires, qui augmentent dans les périodes précipités et diminuent ou être nu à la saison chèche.

Les monts des Nememchas caractérisent par une large parcours steppique composé essentiellement de l'alfa associé avec l'armoise, un matorral localisé qui formé éventuellement de genévriers de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), de chêne vert (*Quercus ilex*) avec quelques reliques de pin d'Alep et quelques témoins des forêts dégradés



*Chapitre 03*  
*Caractéristiques  
climatiques et  
socio-économiques*

Permis les principaux facteurs qui influent sur la dégradation des terres, d'une part les caractéristiques climatique ; tel que l'évolution des précipitations (annuelles, saisonnières, surtout mensuelles qui jouent un rôle principale pour le développement des plantes), des températures (maximum, minimum), d'évapotranspirations et la direction des vents, d'autre part les caractéristiques anthropiques qui sont très importantes surtout la méthode de vie de la population occupant cette région.

A cet effet, nous avons étudié dans ce chapitre les deux importantes causes climatiques et anthropiques.

### 3.1. Caractéristiques climatiques

Le massif des Nememchas se situe dans une zone de transition climatique. On passe d'un climat méditerranéen semi-aride sur le piedmont Nord à un climat méditerranéen nettement plus aride sur le piedmont Sud.

Si les moyennes des données climatiques font apparaître, d'une manière générale, deux saisons caractéristiques, l'une froide, plus ou moins arrosée, et l'autre sèche et chaude, celles-ci cachent en même temps certains aspects fondamentaux de la réalité climatique, qui appariassent dans les irrégularités annuelles et interannuelles.

#### 3.1.1. Données climatiques

Les données climatiques utilisées sont fournies par l'ANRH (Agence nationale des ressources hydriques) et l'ONM (Office national de la météorologie) de Constantine au niveau des quatre (04) stations pluviométriques ; Chechar, Khangat sidi Nadji, Guentis et Seiar.

**Tableau n° 05 : Caractéristiques des stations pluviométriques**

Station	CODE	X(Km)	Y(Km)	Z(m)
<b>CHECHAR</b>	06.20.03	892,65	200,15	1165
<b>GUENTIS</b>	06.21.01	919,75	199	993
<b>KHANGAT SIDI NADJI</b>	06.18.06	866,13	174,796	
<b>SEIAR</b>	06.20.02	896,15	180,15	450

Pour caractériser le climat de notre région et son évolution, nous avons considéré la pluviosité, la température et autres facteurs du climat (vent, humidité, neige, sirocco, évaporation, insolation...) pour deux périodes différentes.

#### 3.1.2. Evolution des paramètres climatiques

##### 3.1.2.1. La pluviométrie

C'est un des plus importants éléments de l'étude climatique, sa relation avec les plantes est considérable. C'est le facteur limitant du développement et de la croissance de la végétation en milieu alide et semi alide.

Les pluies sont également considérées comme l'essentielle source d'eau qui alimente les nappes utilisées pour l'irrigation pendant les saisons sèches ainsi que pour les besoins de l'homme.

**A/ Evolution des précipitations moyennes annuelles**

La pluviosité moyenne annuelle est la donnée la plus utilisée pour caractériser la quantité de pluie en un lieu, en effet la quantité d'eau reçue annuellement est un élément essentiel pour la vie végétale (DJELLOULI, 1981).

Nous avons basé notre travail sur plusieurs stations de mesures, en raison de l'étendue du terrain d'étude.

Le tableau indique les différentes valeurs des précipitations moyennes annuelles pour les stations de Chechar, Khangat sidi Nadji, Guentis et Seiar.

**Tableau n° 06:** La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Chechar)

<b>Année</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>
<b>P (mm)</b>	298,4	257,8	212,4	188,2	282,4	371,8	307,3	173,3	316,4	184,9	169,7	222,0
<b>Année</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>P (mm)</b>	483,5	595,1	221,4	365,8	272,9	321,3	420,3	282,4	387,8	187,7	223,0	293,3

Source : ANRH Constantine

**Tableau n° 07:** La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Khangat sidi Nadji)

<b>Année</b>	<b>1970</b>	<b>19971</b>	<b>1972</b>	<b>1993</b>	<b>1974</b>	<b>1975</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>
<b>P (mm)</b>	27,3	40,8	36,9	6,2	76,9	69,0	57,4	69,9	89,6	101,5	28,4
<b>Année</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
<b>P (mm)</b>	46,7	47,4	66,4	26,4	11,6	22,4	11,1	69,0	28,0	59,7	59,7
<b>Année</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<b>P (mm)</b>	33,8	24,3	6,1	20,6	18,7	58,6	68,7	82,9	59,8	66,5	221,3
<b>Année</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>P (mm)</b>	121,7	48,3	127,9	86,0	119,2	141,5	62,7	72,2	25,8	48,5	59,7

Source : ANRH Constantine

**Tableau n° 08:** La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Guentis)

<b>Année</b>	<b>1970</b>	<b>19971</b>	<b>1972</b>	<b>1993</b>	<b>1974</b>	<b>1975</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>
<b>P (mm)</b>	242,3	242,3	242,3	242,3	238,5	247,2	231,6	223,6	279,4	254,7	165,8
<b>Année</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
<b>P (mm)</b>	291,1	242,3	238,8	145,1	225,1	148,7	144,1	147,2	535,1	178,0	240,6
<b>Année</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<b>P (mm)</b>	149,4	187,9	175,2	272,7	232,4	169,5	284,3	131,1	145,4	222,3	320,3
<b>Année</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>P (mm)</b>	498,8	211,4	312,1	182,8	253,8	461,0	278,6	320,9	264,0	200,2	242,3

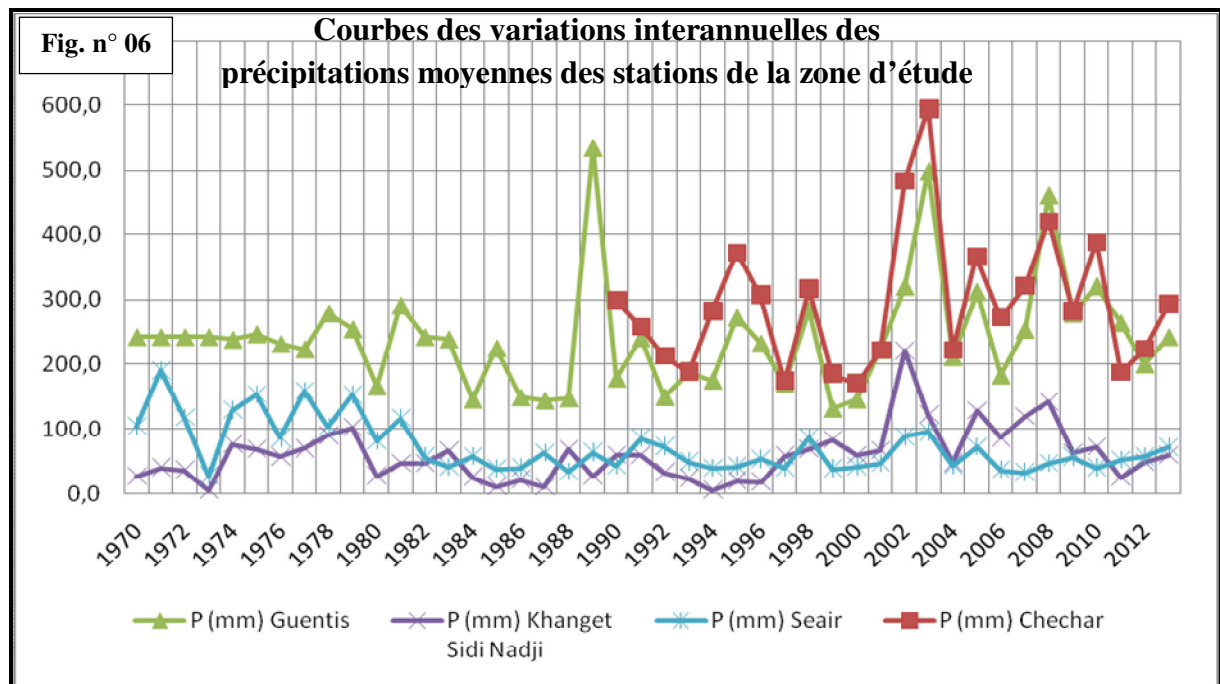
Source : ANRH Constantine

**Tableau n° 09:** La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Seiar)

<b>Année</b>	<b>1970</b>	<b>19971</b>	<b>1972</b>	<b>1993</b>	<b>1974</b>	<b>1975</b>	<b>1976</b>	<b>1977</b>	<b>1978</b>	<b>1979</b>	<b>1980</b>
<b>P (mm)</b>	103,5	190,7	117,1	27,5	128,6	153,1	85,8	158,9	103,0	152,3	81,5
<b>Année</b>	<b>1981</b>	<b>1982</b>	<b>1983</b>	<b>1984</b>	<b>1985</b>	<b>1986</b>	<b>1987</b>	<b>1988</b>	<b>1989</b>	<b>1990</b>	<b>1991</b>
<b>P (mm)</b>	116,2	56,8	41,6	58,0	38,3	40,9	62,9	34,0	64,1	43,3	85,3
<b>Année</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>	<b>1995</b>	<b>1996</b>	<b>1997</b>	<b>1998</b>	<b>1999</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>
<b>P (mm)</b>	73,2	49,6	39,3	41,9	53,6	40,6	85,8	39,0	42,3	47,2	87,9
<b>Année</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>
<b>P (mm)</b>	94,9	44,2	71,9	36,9	33,2	46,5	56,7	40,9	52,2	57,2	71,6

Source : ANRH Constantine

Nous avons établi des courbes d'évolution des précipitations annuelles pour une longue période, dont la durée est variable selon les stations, illustré dans la figure n° 06:



Les courbes des précipitations annuelles traduisent une succession d'années sèches et humides par rapport à la moyenne. Le nombre d'années sèches et humides sont noté sur le tableau au dessous :

**Tableau n° 10 :** Nombre d'années sèches et humides pour la période récente

<b>STATION</b>	<b>Nombre d'années</b>	<b>Années sèches</b>	<b>Années humides</b>	<b>Années moyennes</b>	<b>Moyenne mm</b>
<b>Chechar</b>	24	09	06	09	293,3
<b>Guentis</b>	44	15	08	21	242,3
<b>Khangat sidi nadji</b>	44	16	10	18	59,7
<b>Seiar</b>	44	26	10	08	71,6

En générale la pluviosité moyenne annuelle est relativement faible dans les deux stations de Chechar et Guentis et sa répartition est irrégulière. Les pluies se caractérisent par leur averse et leurs aspects orageux. Elle est de 293,3 mm/an en moyenne dans la station de Chechar de la période (1990 à 2013) et de 242,3 mm/an à Guentis de la période (1970 à 2013). D'autre part la pluviosité moyenne annuelle est très faible dans les deux stations de Khanget Sidi nadji et Seiar. Les pluies est de 59,7 mm/an en moyenne dans la station de Khanget Sidi nadji et de 71,6 mm/an à Seiar de la période (1970 à 2013).

On constate également que les précipitations sont insuffisantes pour permettre une utilisation agricole intensive, cette influence s'aggrave évidemment au fur et à mesure que l'on descend vers le Sud.

### **B/ Le régime pluviométrique**

Selon Bensaid (2006), ce n'est pas le total des pluies qui intéresse l'agropasteur, l'agriculteur et l'éleveur, mais surtout, leurs répartitions dans l'année. L'étude du régime des pluies est plus instructive que de comparer des moyennes ou des totaux annuels. Il est préférable que les saisons soient placées dans l'ordre qui intéresse les agropasteurs de la région steppique : Automne commence au premier septembre (Despois, 1955).

D'après DJELLOLI (1981), les régimes saisonniers donnent une indication sur la répartition des pluies suivant les quatre saisons de l'année, et ceci est en rapport direct avec la croissance de la végétation, autrement dit le cycle du développement des végétaux est étroitement lié au rythme saisonnier.

Nous avons considéré quatre saisons de trois mois chacune :

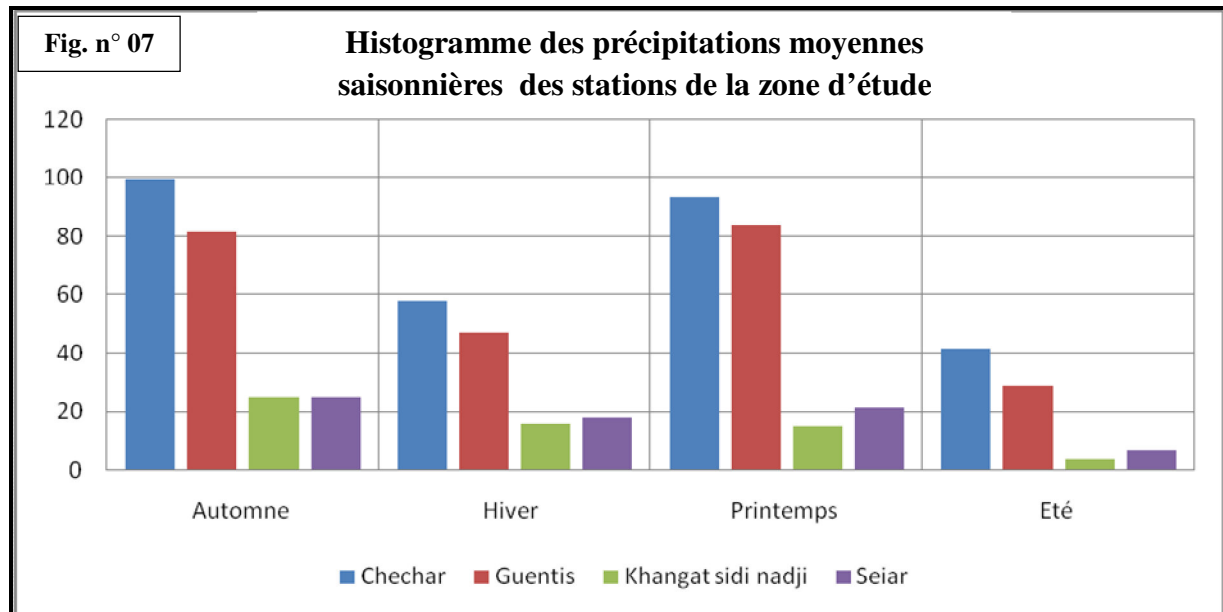
- **Printemps** : Mars, Avril et Mai
- **Hiver** : Décembre, Janvier et Février
- **Automne** : Septembre, Octobre et Novembre
- **Été** : Juin, Juillet, Août

**Tableau n° 11** : Régimes saisonniers moyens des stations de la zone d'étude

<b>Station</b>	<b>Automne</b>	<b>Hiver</b>	<b>Printemps</b>	<b>Été</b>
<b>Chechar</b>	99,8	58,2	93,5	41,7
<b>Guentis</b>	81,7	47	84,3	29,1
<b>Khangat sidi nadji</b>	25,3	15,9	15	3,6
<b>Seiar</b>	25,2	18,1	21,6	6,6

Source : ANRH Constantine





En remarque une hétérogénéité du maximum saisonnier, il diffère suivant les stations, par contre le minimum saisonnier est toujours observé pendant l'Eté.

La pluviométrie est maximum pendant la saison de l'Automne dans toutes les stations sauf la station de Guentis, qui marque une pluviométrie maximum à la saison du Printemps, d'autre part les précipitations diminuent au mois de l'Hiver après les quantités remarquées à l'automne, les précipitations remontées au mois de printemps et en fin elles abaissent à la valeur minimum au mois d'Eté.

En générale la pluviométrie saisonnière est relativement très faible, malgré leurs répartitions par rapport le développement des plantes, elle reste toujours insuffisantes pour la vie régulière des différents plantes.

### C/ Précipitations moyennes mensuelles

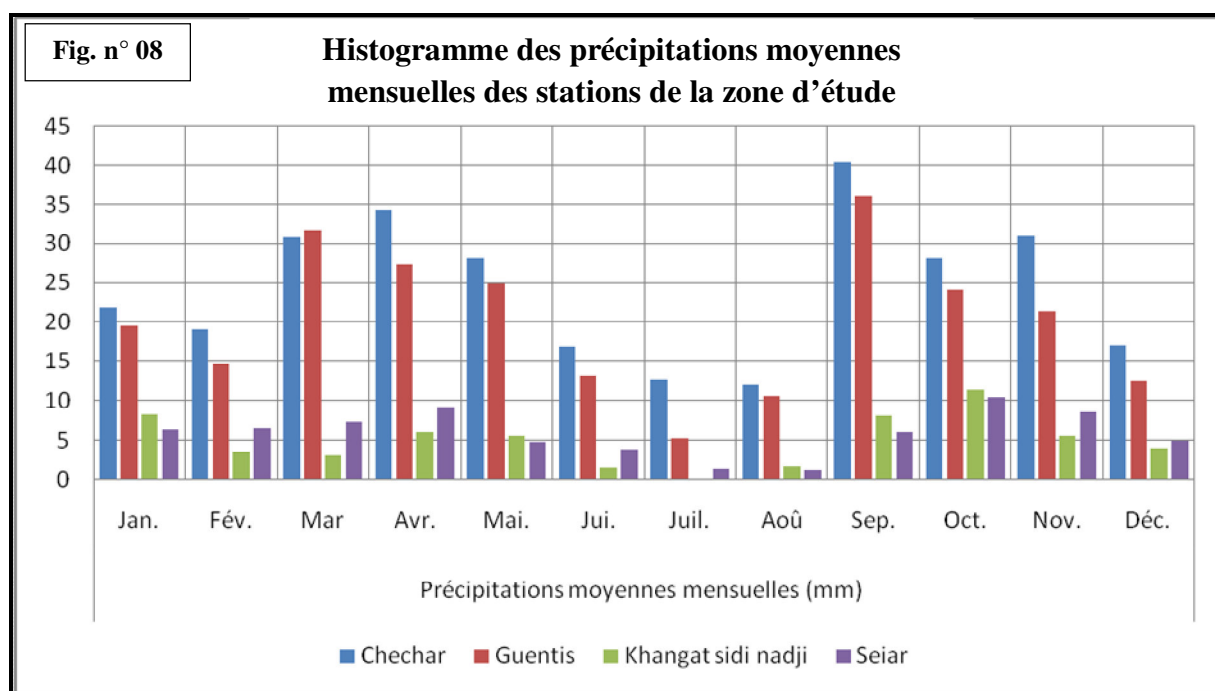
D'après CELLE (1975) la moyenne mensuelle est moins significative que la moyenne annuelle, il l'explique par le fait que dans le climat méditerranéen, un mois donné peut facilement être complètement sec telle année et recevoir l'année suivante près de la moitié des précipitations annuelles.

Le tableau n° 12 où sont réunies les moyennes mensuelles des précipitations des stations et illustrés sur des histogrammes, donnent une idée générale de la pluviosité de notre zone d'étude.

**Tableau n° 12:** La répartition des précipitations moyennes mensuelles

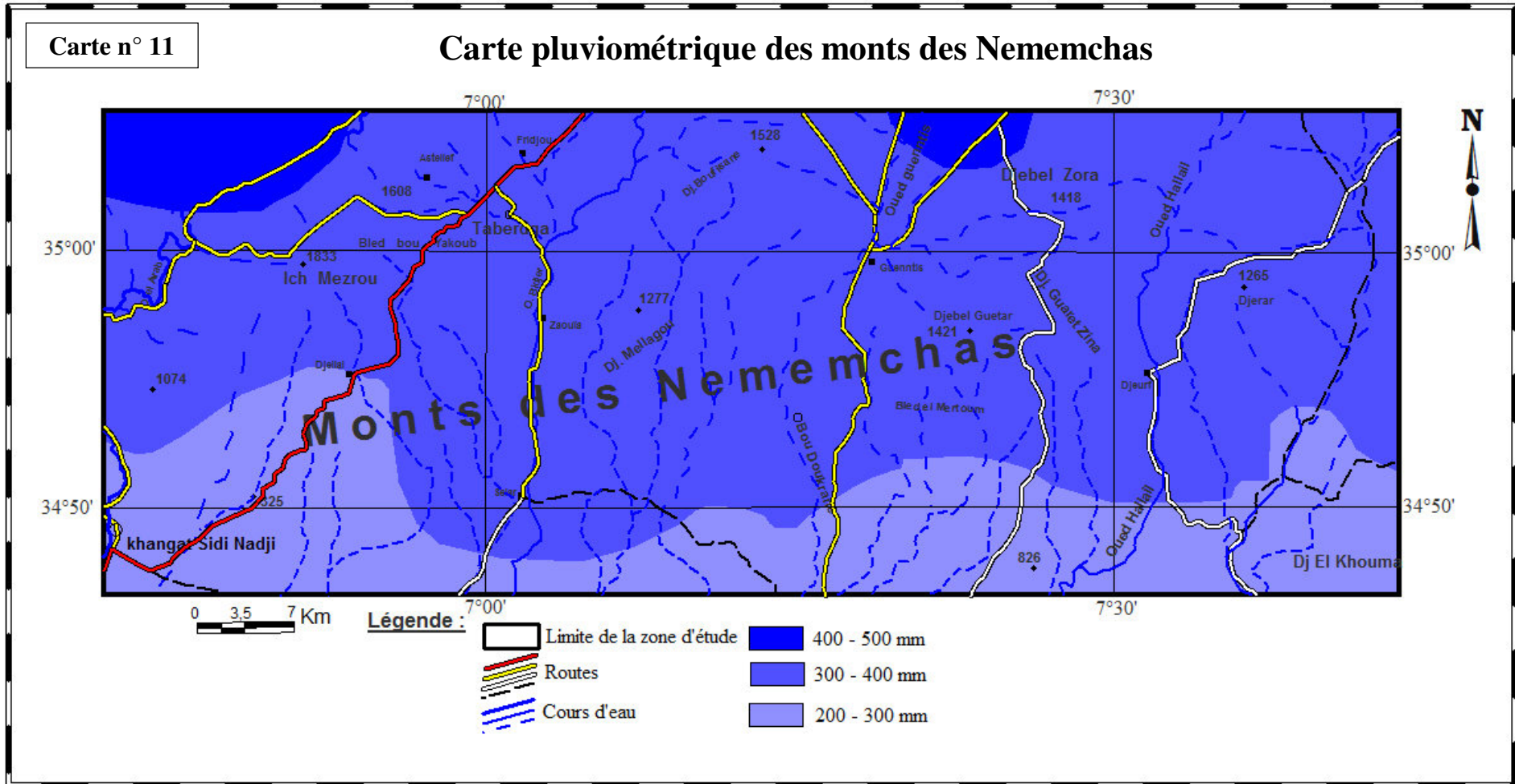
Station	Précipitations moyennes mensuelles (mm)											
	Jan.	Fév.	Mar	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.
<b>Chechar</b>	21,9	19,2	30,9	34,3	28,3	17,0	12,7	12,0	40,5	28,2	31,1	17,1
<b>Guentis</b>	19,6	14,8	31,9	27,5	24,9	13,1	5,4	10,6	36,1	24,1	21,5	12,6
<b>Khangat sidi nadji</b>	8,3	3,6	3,2	6,1	5,7	1,6	0,2	1,8	8,1	11,5	5,7	4,0
<b>Seiar</b>	6,5	6,6	7,4	9,3	4,9	3,9	1,4	1,3	6,1	10,5	8,6	5,0

Source : ANRH Constantine



La répartition des précipitations moyennes mensuelles sont apparentes du mois à autre, en remarque que les pluies au mois de septembre sont maximum au niveau des deux stations de Chechar et Guentis (40,5 et 36,1 mm), ils sont aussi élevés par rapport au moyenne mensuelle (24,4 et 20,2 mm) en mois du Mars, Avril, Mai, Octobre et Novembre (entre 28,2 et 34,3 mm à la station de Chechar et entre 24,1 et 31,9 mm à la station de Guentis), elles sont moyennes au mois du Janvier, Février et Décembre et faibles en mois du Juin, Juillet et Août.

Pour les deux autres stations, les pluies sont presque nulles en mois de Juillet (0,2 mm) à la station de Khanget Sidi Nadji, très faible en mois de la saison d'Eté, ils sont différents aux autres mois et le maximum des pluies est marqué en mois d'Octobre (11,5 et 10,5 mm).



#### **D/ Les précipitations neigeuses**

Les précipitations neigeuses suivent peu à peu la même répartition spatiale que les pluies. Il neige en moyenne 8-10 jours/an dans les régions Nord de notre zone d'étude et 15 jours/an sur les sommets des chaînes montagneuses. L'épaisseur du tapis neigeux dépasse rarement 20 cm. A l'Ouest de la zone d'étude, les précipitations neigeuses semblent plus importantes, il neige en moyenne 20 jours/an, cette moyenne augmente avec l'altitude, elle peut atteindre plus de 40 jours/an sur les hauteurs du Dj. Ali Anes (1834 m). La neige peut persister assez longtemps, elle peut rester parfois jusqu'au mois d'Avril.

#### **E/ La carte pluviométrique**

A partir de la carte pluviométrique établie par l'ANRH, nous avons réalisé la carte pluviométrique des monts des Nememchas.

D'après la carte pluviométrique, on remarque que la quantité des précipitations domine est entre 300 et 400 mm au niveau de toute la région d'étude, elle dépasse les 400 mm au Nord-Ouest, d'autre part elle diminue au Sud, elle ne dépasse pas les 200 mm.

#### **3.1.2.2. La température**

La température est un facteur déterminant dans la pédogenèse et la distribution de la végétation dans le paysage. «La caractérisation de la température en un lieu donné se fait généralement à partir de la connaissance d'au moins cinq variables importantes qui sont les moyennes des minima et maxima, la moyenne mensuelle, le minimum absolu, ainsi que l'amplitude thermique» (Djebaili, 1984).

Pour l'étude des milieux naturels de point de vue végétation, d'après Pouget (1980). «Il s'avère nécessaire de tenir compte de ces deux moyennes, minimum et maximum». En effet, «les paramètres thermiques (en particulier le froid) jouent un rôle déterminant dans la vie végétale; la température intervient dans le déroulement de tous les processus biologiques selon des modalités diverses. Elle contrôle la croissance végétative des espèces, leurs reproductions, leurs survies et par conséquent leur répartition géographique générant les paysages les plus divers.

La vie d'une plante est conditionnée par certaines limites de températures qui une fois franchies ne permettent plus la survie. L'influence de la moyenne minimale de température sur la végétation n'est pas à démontrer. Cette température traduit l'intensité des gelées et la durée du froid hivernal, qui représentent une période critique pour les végétaux qui se traduit par une dormance hivernale (LE HOUEROU, 1973).

Par ailleurs, la moyenne des températures maximales du mois le plus chaud « M » est aussi importante que celle de « m », elle peut être un facteur limitant pour certaines espèces végétales, car elle représente la limite supérieure de l'intervalle des températures dans lequel se déroule la vie végétale, certaines espèces peuvent montrer une grande résistance aux températures maximales, « comme en témoignent d'ailleurs la puissance de leurs systèmes racinaires et la réduction de leurs systèmes foliaires en vue de réduire leur déficit hydrique » (DJEBAÏLI, 1978)

En prend les données d'une seul station qui située presque au milieu de la zone d'étude, à cause de manque des données. Le tableau N° 13 résume les moyennes mensuelles des températures minimales, moyennes, et maximales pour la période (1990 – 2012) de la station de Guentis.

**Tableau n° 13:** La répartition des températures moyennes mensuelles dans la station de Guentis (1990 – 2012)

	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Annuel
T°max en °C	13,4	15	21,1	25,2	30,7	34,9	40,5	<b>41,3</b>	35,1	29,8	22	16,1	<b>27,1</b>
T°min en °C	-4,2	-3,9	-3,3	-2,4	3,9	5,7	<b>8,2</b>	7,8	5,9	1,2	-2,8	-3,9	<b>1,0</b>
T°moy en °C	4,6	5,6	8,9	11,4	17,3	20,3	24,4	<b>24,6</b>	20,5	15,5	9,6	6,1	<b>14,1</b>

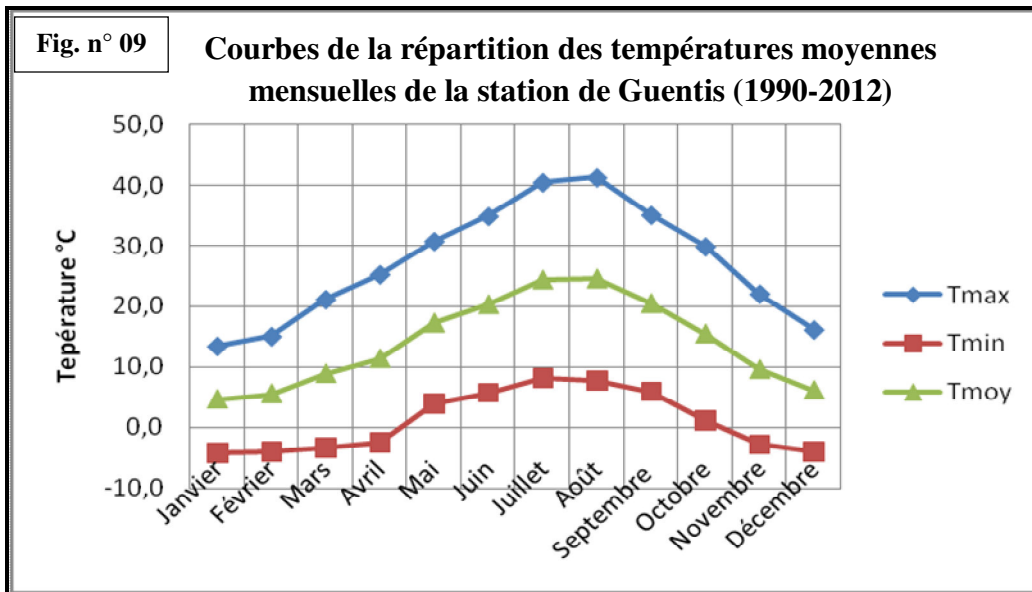
Source : ANRH Constantine

Les températures moyennes annuelles ont une influence considérable sur l'aridité du climat. La température moyenne maximale est de 24,6°C en mois d'Août. Les températures minimales enregistrées au niveau de la station de Guentis est 4,6°C au mois de janvier.

L'amplitude thermique annuelle moyenne (M-m) est très importante puisqu'elle atteint en moyenne 26,1°C.

La gelée intervient pendant la période d'hiver et le début du printemps, les maximums d'apparition du phénomène sont relevés en décembre et en janvier avec presque. Il est rare que les températures descendent au dessous de – 4 °C.





### A/ L'importance de la gelée blanche en Hiver et printemps

Le froid se manifeste en Hiver comme le montre bien l'écart entre les températures et les précipitations neigeuses. L'autre manifestation de froid, non moins importante, est celle des gelées blanches qui surviennent par des températures nocturnes régulières, celles-ci peuvent subsister une bonne partie de la journée.

La gelée blanche est un indice de rigueur thermique nocturne qui caractérise les milieux continentaux où l'humidité atmosphérique reste encore suffisante (M. Sary, 1976).

Notre région d'étude se situe à une latitude nettement continentale sans être tout à fait saharienne. De ce fait, elle associe continentalité et humidité atmosphérique, d'où le nombre de jours de gelée blanche relativement élevé. Ce phénomène est d'autant plus important qu'on s'élève en altitude. La région d'Ouled Rechache dépasse 30 jours en moyenne. Cet état souligne le rôle de la continentalité. Le nombre de jours de gelée blanche augmente à la région occidentale de la zone d'étude qui connaît sa humidité atmosphérique. Il est évident que les valeurs ne reflètent qu'une partie de la réalité climatique. Les mois d'Avril et Mai qui correspondent à la saison végétale, peuvent ne pas connaître de gelée pendant un certain nombre d'années, comme ils peuvent enregistrer plusieurs jours successifs de gelée, qui influe sur le développement végétal des différentes plantes. Généralement, les années où le nombre de jours de gelée est élevé coïncident avec des hauteurs de précipitations inférieures à la moyenne annuelle.

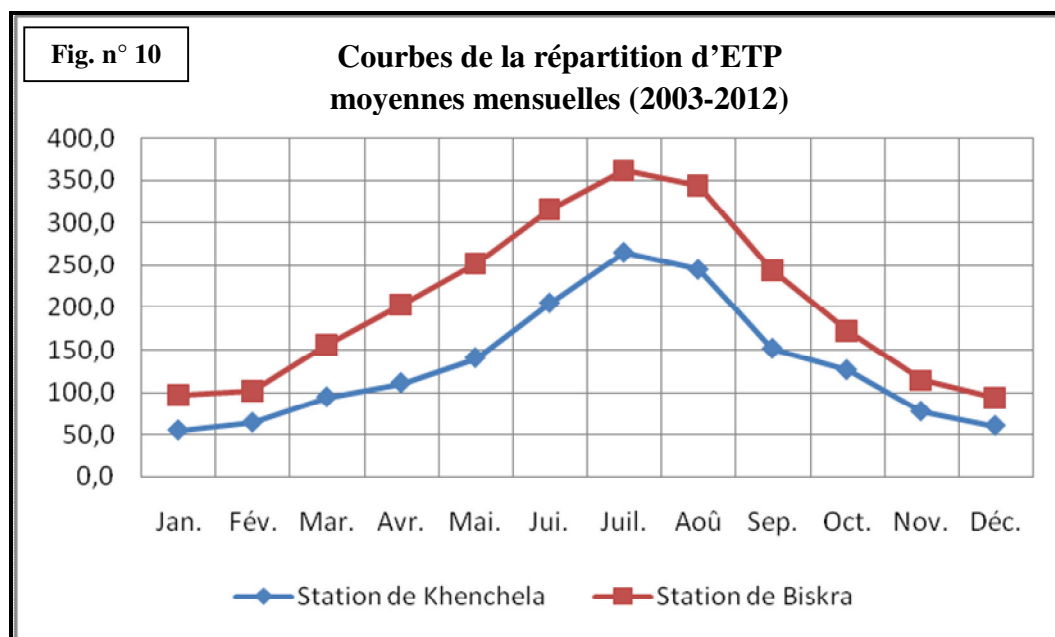
### B/ L'importance de l'évaporation en Été

Afin de mieux caractériser ce phénomène d'évaporation en relation avec les composantes du milieu et le manque des données des stations situés à l'intérieur de la zone d'étude, nous avons pris les données des deux stations (Khenchela et Biskra), l'un situé au Nord de la zone d'étude et l'autre au Sud.

**Tableau n°14:** La répartition d'évapotranspirations potentielles moyennes mensuelles des stations de Khenchela et Biskra (2003 – 2012)

Mois	ETP moyennes mensuelles en mm												Total Annuel
	Jan.	Fév.	Mar.	Avr.	Mai.	Jui.	Juil.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	
Station de Khenchela	54,8	64,0	94,3	110,9	140,3	204,8	265,1	244,9	151,3	126,1	77,4	60,3	1594,2
Station de Biskra	96,9	101,8	156,0	203,7	252,4	315,7	362,2	344,1	244,7	172,1	114,6	93,6	2457,9

Source : ONM Constantine



Les valeurs de l'ETP indiquent que la sécheresse s'étend du mois d'Avril au mois d'Octobre, la plus grande valeur d'ETP est enregistrée pendant la période estivale, Juin, Juillet et Août. L'augmentation sensible des températures et une nette diminution des précipitations pendant l'Eté expliquent l'installation de la sécheresse qui accentue le phénomène d'évaporation.

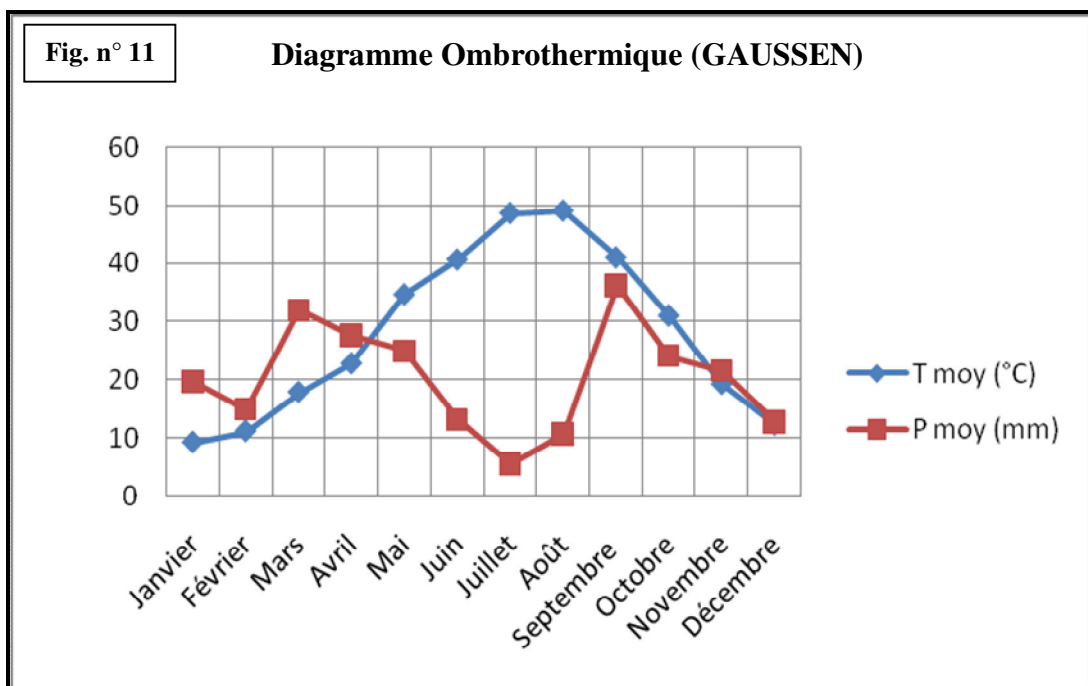
Les courbes montrent que l'évaporation est plus active à Biskra qu'à Khenchela. Cet écart entre les deux stations semble normal, en raison des maxima de température sensiblement plus élevés et des précipitations moins élevés à Biskra qui se trouve loin au Sud par rapport à Khenchela.

### 3.1.2.3. Le diagramme ombrothermique

Pour rendre les données climatiques plus significatives plusieurs auteurs ont proposé des indices climatiques qui sont des combinaisons des moyennes des différentes composantes du climat notamment la température et les précipitations (Emberger, 1955).

La synthèse met en évidence les différentes caractéristiques du climat méditerranéen. En effet ce dernier est caractérisé par un hiver frais et un été sec et chaud. Cette différence chronologique entre l'alimentation en eau par les précipitations et la température est responsable de la période sèche de ce type de climat. Ce décalage est souvent dénommé Xéranthème, c'est à dire long et sec.

Le diagramme ombrothermique : il est représenté sur un repère où sont portées les courbes pluviométriques des périodes humides et sèches et les courbes thermiques correspondant à la période sèche. Un mois est sec si les précipitations (mm) sont inférieures au double de la température moyenne exprimée en degré Celsius  $P \leq 2 T$ . Il est représenté par la (Figure n° 11) où sont portées les courbes ombriques des périodes humides et sèche, ainsi que les courbes thermiques correspondant à la période sèche. On note en abscisse les mois de l'année et en ordonnée les précipitations en mm et les températures en ° Celsius avec une échelle double de celle des précipitations. Pour un mois sec la courbe des températures passe au dessus de la courbe des précipitations, par ailleurs pour un mois humide la courbe des précipitations passe au dessous de la courbe des températures, cette période est beaucoup plus marquée au début du mois de novembre jusqu'au janvier pour la station de Guentis.



### 3.1.2.4. Le problème de xéricité

Le degré de sécheresse du climat méditerranéen résulte de la combinaison de trois paramètres : pluviosité, température et évapotranspiration qui sont le plus souvent relevés dans les stations météorologiques

Cette synthèse met en évidence les différentes caractéristiques du climat méditerranéen. En effet ce dernier est caractérisé par un hiver modéré et un été relativement sec et chaud. Cette différence chronologique entre l'alimentation en eau par les précipitations et la température est responsable de la période sèche de ce type de climat. Ce décalage est souvent dénommé Xérotherme c'est à dire long et sec (FAYE, 1963).

#### *A/ Indice d'aridité de DE MARTON (1927)*

L'auteur a apporté des modifications à l'indice de LANG, afin de le rendre plus utilisable et plus accessible pour les températures annuelles négatives. Il a ajouté le chiffre 10 à la valeur des températures.

$$Aa = P / (T + 10)$$

**P** : pluviosité moyenne annuelle en (mm).

**T** : température moyenne annuelle en (°C)

0 < Aa < 10            Climat aride ou désertique

10 < Aa < 20        Climat semi aride

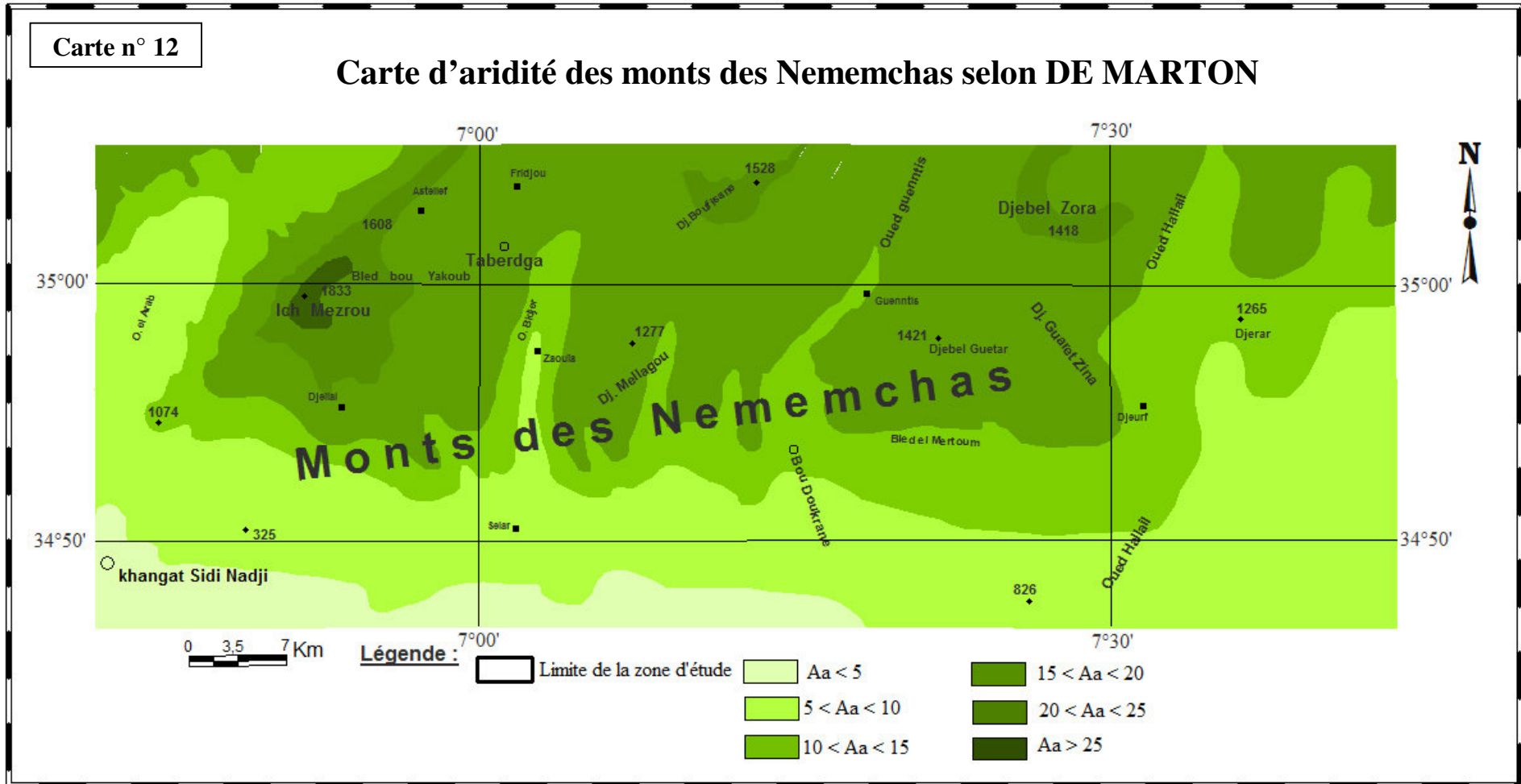
20 < Aa < 30        Climat subhumide

30 < Aa < 55        Climat humide.

**Tableau n° 15** : Indices d'aridité et l'étage bioclimatique selon DE MARTON

Station	P (mm)	T (°C)	Aa	Etage climatique
<b>Guentis</b>	242,3	14,1	10,1	Climat semi aride
<b>Khenchela</b>	530,5	15,7	20,6	Climat subhumide
<b>Biskra</b>	163,8	22,7	5,0	Climat aride

- La valeur de l'indice d'aridité montre que le climat dominant est le climat semi aride qui occupe la plus part superficie de notre région d'étude avec un climat aride au Sud à Sud-Ouest et subhumide dans les sommets de Ouled Racheche.
- Les valeurs de l'indice d'aridité des deux stations (Khenchela et Biskra) qui se trouvent, l'un au Nord et l'autre au Sud hors de notre région d'étude ; confirme le climat semi aride à aride qui domine sur les monts des Nememchas.
- D'après les valeurs de Aa on voit que la région d'étude se caractérise par le régime thermique semi aride à aride avec un écoulement temporaire.





**B/ Indice de sécheresse estivale d'EMBERGER (1942)**

Cet indice a été proposé à partir des observations faites dans le Midi de la France

$$S = Pe / Me$$

**Pe** : précipitations estivales de mois de juin, juillet et août en mm

**Me** : la moyenne des températures maximales des mois de juin, juillet et août en °C

D'après EMBERGER (1942), pour qu'une station soit méditerranéenne, il faut en plus de son régime de pluie méditerranéen que  $S \leq 7$ .

DAGET et al (1975), ramènent cette valeur à 5, elle permet une meilleure séparation entre les climats méditerranéens et les climats océaniques en Europe occidentale.

**Tableau n° 16** : Comparaison des indices de sécheresse estivale d'EMBERGER

Station	Pe (mm)	Me (°C)	S
<b>Guentis</b>	29,2	38,9	0,8
<b>Khenchela</b>	76,9	42,3	1,8
<b>Biskra</b>	4,8	46,2	0,1

Les valeurs de l'indice de sécheresse estivale **S** sont inférieures à 5, ce qui confirme une fois de plus la méditerranéen de notre région d'étude.

**3.1.2.5. Les vents**

Le vent accentue les effets des éléments du climat (température, humidité et précipitations). Il est fortement influencé par les conditions topographiques locales. Le Houèrou (1979), a mis en évidence l'existence d'un écart de 20 % pour les valeurs des précipitations pour les versants exposés ou abrités par rapport aux vents pluviaux. Ainsi un vent dominant peut constituer un élément dévastateur pour la végétation.

Le vent peut être également responsable du façonnement du relief, de l'évapotranspiration et de la formation de la végétation. Il est également connu pour son effet de dessiccation des graines.

Les vents dominants sont souvent secs et sont en provenance du sud - ouest et du sud-est.

Les vents sont dus à des différences de température engendrant des dépressions différentes. Il s'écoule des hautes vers les basses pressions». Pour définir une action mécanique directe sur la végétation (dissémination, destruction, dessèchement " (Bouabdellah, 1991).

En effet, le vent est l'aspect climatique le plus important dans l'étude d'une région aride il est malheureusement souvent délaissé ou mal relevé dans les stations météorologique surtout si l'on recherche leur capacité de transport éolien.

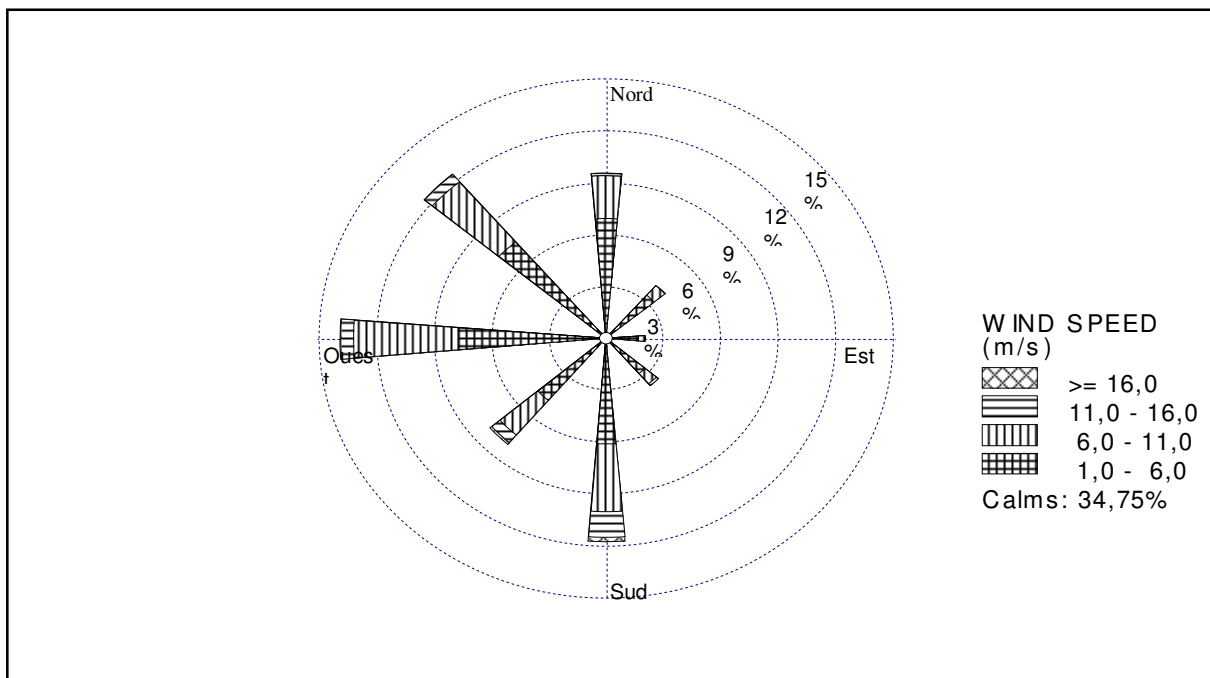
D'après Demangeot (1981) Cité par Benouis (2006) " le vent est non seulement, un agent érosif spécifique au façonnement des paysages désertiques, mais aussi responsable de l'ensablement et de leur origine. Le vent est donc capable d'éroder des roches tendres et cela par le frottement exercé par les grains de sable transportés.

En prend la station de Khenchela qui est très proche de la zone d'étude, dont les données sont à généraliser, avec réserves dans les Nememchas, car les vents dépendent plus que les autres facteurs climatiques de l'étagement des reliefs.

**Tableau n° 17:** La répartition des vents moyens mensuels de la station de Khenechela (2003 – 2012)

Années	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jun	Jul	Aut	Sep	Oct	Nov	Déc
2003	5,6	4,2	2,9	4,0	3,9	3,0	3,2	3,3	3,2	4,0	3,1	4,9
2004	4,4	4,2	4,3	4,0	3,4	2,6	2,9	3,2	2,9	2,4	2,9	3,9
2005	3,6	4,5	4,0	4,3	3,2	3,4	3,4	3,4	2,7	1,8	3,3	2,5
2006	3,3	3,2	4,3	3,7	2,7	4,9	2,6	2,9	2,6	2,4	2,1	1,8
2007	1,7	3,5	3,9	3,2	3,3	4,5	2,7	3,4	2,3	3,2	3,0	3,4
2008	2,1	1,9	3,8	3,9	4,0	2,8	3,3	2,2	2,8	1,6	3,6	3,0
2009	3,6	5,2	4,1	3,4	2,2	2,6	2,2	3,1	2,2	2,9	2,5	4,8
2010	4,2	5,0	3,2	3,1	3,9	4,2	3,0	2,9	3,3	4,0	5,2	4,1
2011	2,3	4,8	4,1	3,6	3,4	2,3	3,4	2,9	2,4	2,4	3,2	3,2
2012	3,4	3,5	3,6	4,1	2,5	2,9	3,0	2,7	2,8	2,7	2,5	2,9

Source : ONM Constantine



**Fig. n° 12:** Rose des vents pour la région de Khenchela, période : 2003-2012

Directions	NORD	NORD-EST	EST	SUD-EST	SUD	SUD-OUEST	OUEST	NORD-OUEST
Fréquences en %	9,5	4,0	2,1	3,6	11,7	8,0	13,9	12,4

Fréquence des vents calmes : 34,7 %

Vents dominants : Ouest à Nord-Ouest avec composante SUD en particulier le printemps.

La rose des vents nous indique que les vents dominant soufflent de l'Ouest et du Nord-Ouest, généralement pendant l'Hiver, ils sont moins fréquentes de Nord. La direction principale est relayée, en mois d'Eté, par les vents chauds du Sud et Sud-Ouest (Sirroco). Ils maintiennent leur direction toute la journée, favorisés dans leur déplacement, par le cadre morphostructural.

Pendant l'Eté, les mouvements du vent sont facilités par les vastes vallées synclinales orientées Sud-Ouest Nord-Est. En résulte que les piedmonts Sud des Nememchas ne bénéficient pas pleinement des perturbations de Nord-Ouest porteuses de pluie. Cette situation est aggravée par le cloisonnement longitudinal des reliefs conforme à la direction des vents chauds et secs de l'Eté, ce qui favorise ainsi leur pénétration profondément dans le massif de la région, accentuant l'aridité.

### **3.2. La réalité socioéconomique et leur impacte sur le milieu**

L'étude de la population de la région est très importante pour connaître le poids de l'action anthropique avec les différentes pratiques incontrôlables, afin de montrer le rôle de l'homme dans le déséquilibre du milieu.

#### **3.2.1. La population**

Les données démographiques utilisées concernent une échelle Communale. L'intérêt de la dimension spatiale dans cette analyse est capital, informant sur les concentrations, les inégalités et les oppositions : répartition du peuplement et des densités, les indicateurs d'évolution de la population, et la dynamique des populations.

##### **3.2.1.1. Evolution de la population**

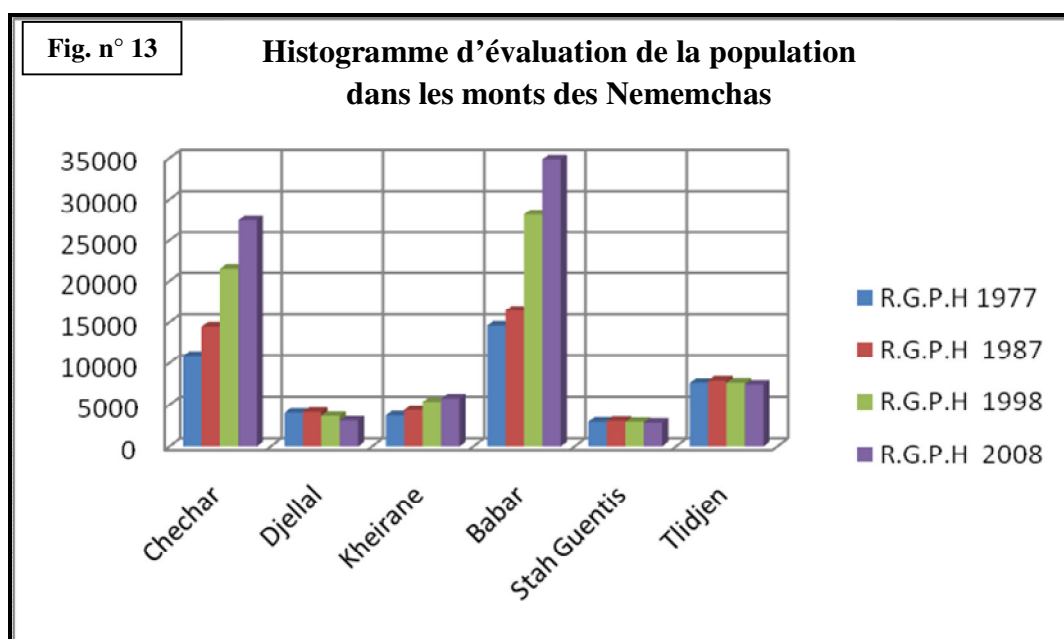
L'évolution de la population de la région d'étude dans le temps peut être analysée suivant trois phases bien distinctes : 1977 - 1987, 1987 - 1998 et 1998 - 2008.

On observe une baisse du taux d'accroissement : 0.7% à Kheirane entre 1998 et 2008 et négatif à Djellal, Stah Guentis et Tligjen entre 1998 et 2008, qui indiquent l'émigration dans ces communes.

**Tableau n° 18 :** Evolution de la population 1977 – 2008 et taux d'accroissement moyen

Communes	R.G.P.H 1977	R.G.P.H 1987	R.G.P.H 1998	R.G.P.H 2008	Taux d'accroisst. moyen(%) (98/2008)	Estimation à fin 2012
Chechar	10 900	14 473	21 468	27 428	2,5	30 075
Djellal	4 000	4 107	3 637	3 089	- 1,7	3 290
Kheirane	3 700	4 354	5 350	5 752	0,7	6 290
Babar	14 600	16 469	28 182	34 844	2,2	36 784
Stah Guentis	2 937	3 048	2 914	2 802	- 0,4	3 113
Tlidjen	7 621	7 905	7 649	7 426	- 0,3	8 251
Total	43 758	50 356	69 200	81 341	0,7	87 803

Source : A.S.W KHENCHELA et W TEBESSA 2012



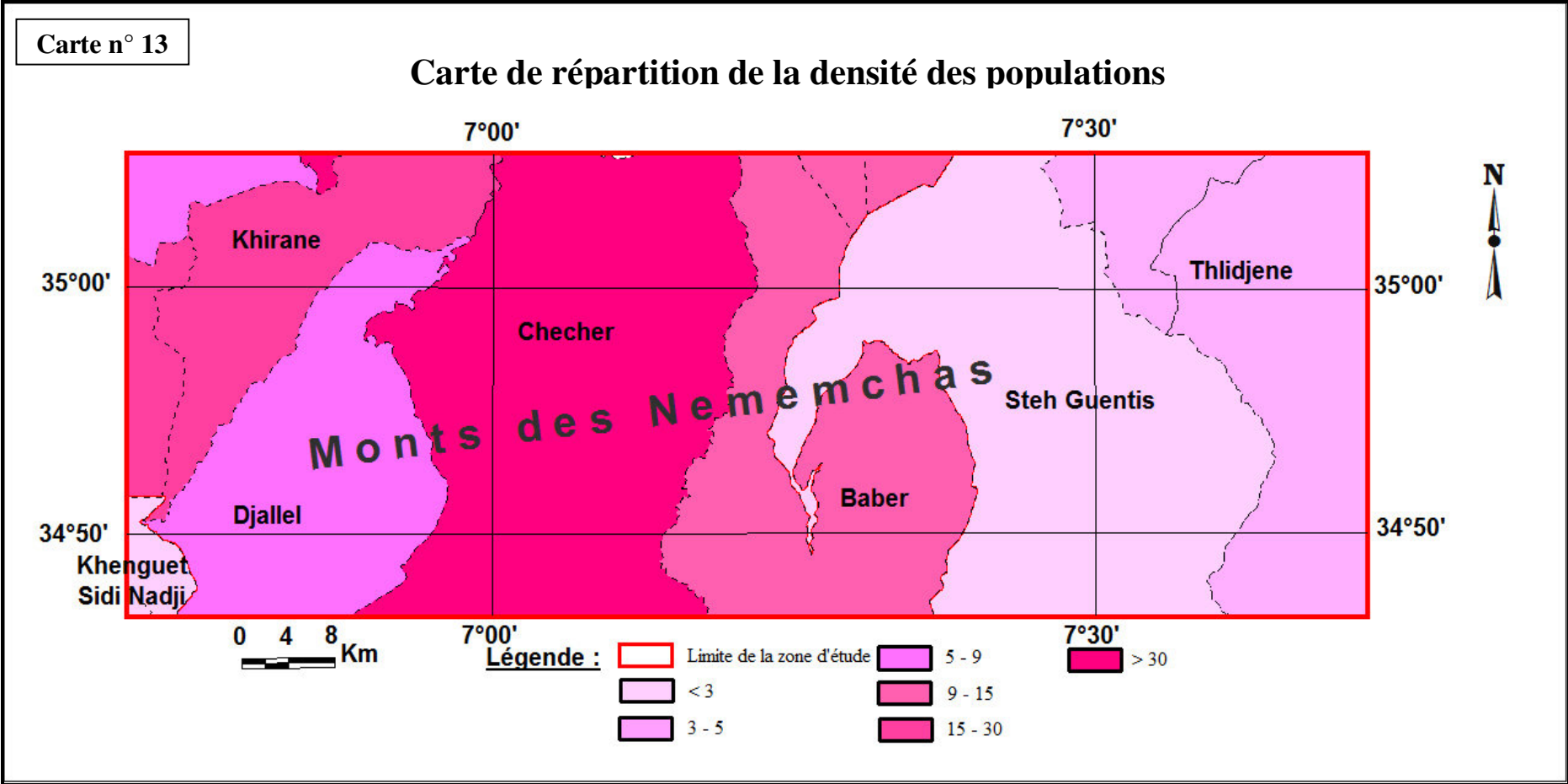
### 3.2.1.2. Densité de la population

On retrouve la densité par communes selon le recensement du 16 avril 2008 dans le tableau suivant :

**Tableau n° 19 :** La densité de la population par communes

Commune	Superficie km <sup>2</sup>	Population	Densité Hb/km <sup>2</sup>
Chechar	922	30 075	32,6
Djellal	378	3 290	8,7
Kheirane	400	6 290	15,7
Babar	3 935	36 784	9,3
Stah Guentis	1 274	3 113	2,4
Tlidjen	1 668	8 251	4,9
Total	8577	87 803	10,2

Source : A.S.W KHENCHELA et W TEBESSA 2012





La densité de population est très faible dans la plus part des communes de la zone d'étude, elle ne dépasse pas 10 Hb/Km<sup>2</sup> à Djellal, Babar, Stah Guentis et Tlidjen, ces des zones éparses qui domine sur notre zone d'étude.

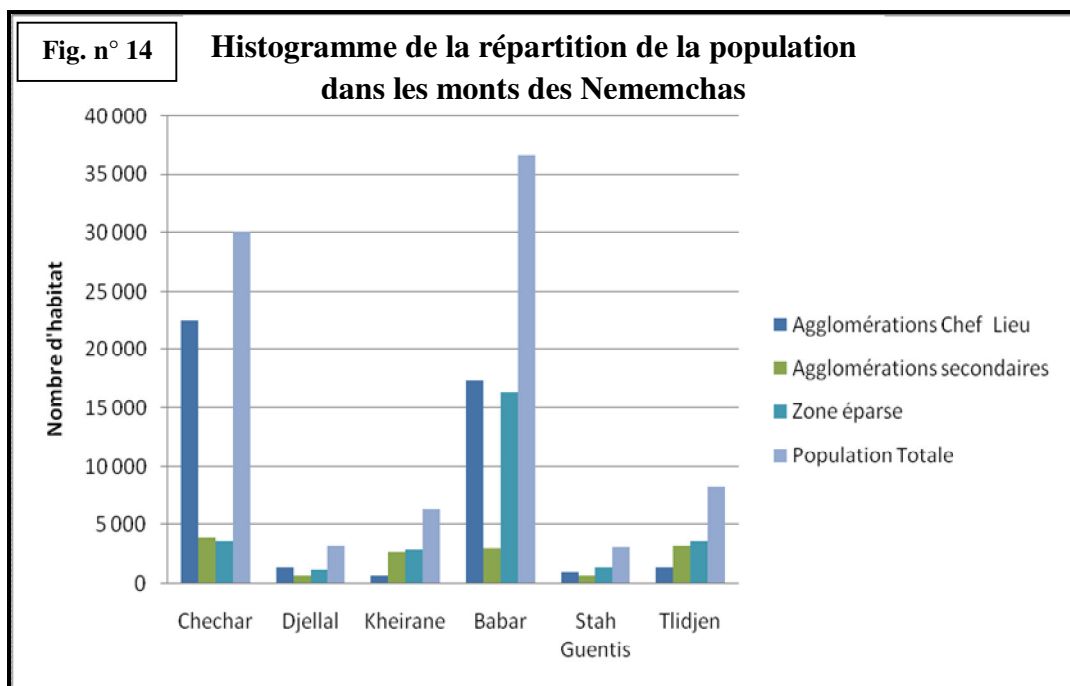
Les populations des zones éparses se sont installées de préférence dans les montagnes où il existait des systèmes de production intensifs à base d'arboriculture, cultures annuelles, élevage et artisanat qui permettaient de nourrir une forte population.

### 3.2.1.3. Répartition de la population selon la dispersion et par commune

Tableau n° 20 : Répartition de la population par communes

Communes	Agglomérations Chef Lieu		Agglomérations secondaires		Zone éparse		Population Totale	
	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%	Nbre	%
<b>Chechar</b>	22 505	74,83	3 948	13,13	3 622	12,04	30 075	34,25
<b>Djellal</b>	1 348	40,97	720	21,88	1 222	37,14	3 290	3,75
<b>Kheirane</b>	706	11,22	2 690	42,77	2 894	46,01	6 290	7,16
<b>Babar</b>	17 406	47,32	3 026	8,23	16 352	44,45	36 784	41,89
<b>Stah Guentis</b>	989	31,77	721	23,16	1 403	45,07	3 113	3,55
<b>Tlidjen</b>	1 364	16,53	3 241	39,28	3 646	44,19	8 251	9,40
<b>Total Wilaya</b>	44 318	50,47	14 346	16,34	29 139	33,19	87 803	100,00

Source : A.S.W KHENCHELA et W TEBESSA 2012



L'analyse de la répartition de population de la zone d'étude fait apparaître un fort déséquilibre entre les différents espaces le composant. En se basant sur les données de l'année 2008, il apparaît ce qui suit:

- Une répartition déséquilibrée de la population : les grandes communes tel que Chechar et Babar concentre plus de 75 % de la population totale de la zone d'étude;
- 50 % de la population de la zone d'étude occupe les chefs lieux des communes, 16 % présente les agglomérations secondaires et 33 % c'est des zones éparses.

### 3.2.1.4. Répartition de la population urbaine et rurale

Tableau n° 21 : La répartition de la population urbaine et rurale

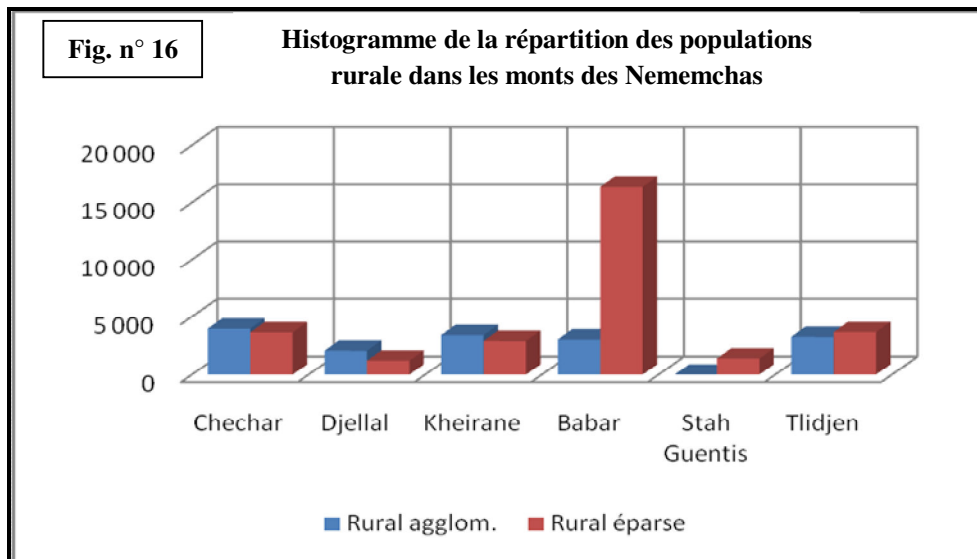
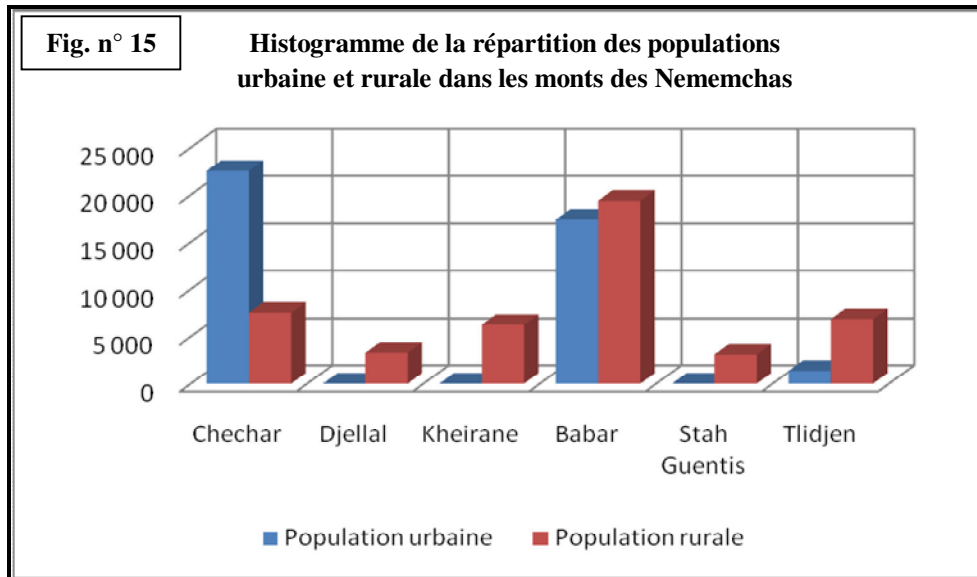
Communes	Population urbaine		Population rurale				Population Totale	
	Nbre	%	Rural agglom.	Rural éparsé	Total	%	Nbre	%
<b>Chechar</b>	22 505	74,8	3 948	3 622	7 570	25,2	30 075	34,25
<b>Djellal</b>	0	0	2 068	1 222	3 290	100	3 290	3,75
<b>Kheirane</b>	0	0	3 396	2 894	6 290	100	6 290	7,16
<b>Babar</b>	17 406	47,3	3 026	16 352	19 378	52,7	36 784	41,89
<b>Stah Guentis</b>	0	0	1 710	1 403	3 113	100	3 113	3,55
<b>Tlidjen</b>	1 364	16,5	3 241	3 646	6 887	83,5	8 251	9,40
<b>Total</b>	41 275	47,0	17 389	29 139	46 528	53,0	87 803	100,00

Source : A.S.W KHENCHELA et W TEBESSA 2012

En remarque que la population domine dans notre zone d'étude, est rurale avec un pourcentage de 53 %, les restes présents des populations urbaines avec des origines rurales dans leurs activités.

La population urbaine dans la commune de Chechar présente 74,8 %, qui occupent le chef lieu de la Daïra, par contre les autres communes les populations rurale très dominantes soit agglomération secondaires ou éparses, sauf la commune de Babar qui marque presque une égalité entre la population rurale (52,7 %) et urbaine (47,3 %).

Pour la répartition de la population rurale, en remarque équilibre dans la distribution de la population soit agglomération rurale ou bien agglomération éparsé, exception marqué à la commune de Babar, l'agglomération éparsé présente six (06) fois l'agglomération rurale.



### 3.2.2. Les activités socio-économiques

Les activités varient au comme à travers toutes les régions d’Algérie, mais la particularité au niveau de cette région est la dominance du secteur agricole (l’agriculture, l’élevage de bétail, en particulier l’élevage ovin).

Devant les besoins économique de plus en plus importants des habitants et les nombreuses contraintes qu’impose le milieu d’autre part, la société pastorale de Nememchas se voit plus en plus agressive à l’égard de son environnement.

#### 3.2.2.1. Les pratiques culturelles

En générale, le caractère steppique de la région, oblige une utilisation des terres au sens réduite, il n’y a pas une grande marge de manœuvre pour l’agriculture au sens large.

**A/ Répartition générale des terres : (camp. 2011/2012)**

**Tableau n° 22 : Répartition générales des terres par commune**

Commune		Chechar	Djellal	Kheirane	Babar	Stah Guentis	Tlidjen	Total
S.A.U	Sec	-	-	-	50 961	171 103	13 782	85 860
	Céréal	-	-	-	16 031	4 014	5 632	21 663
	Légum.	18	8	25	903	13	7	974
	Plant.	990	264	851	1 862	1 143	1 365	6 475
	Prair	-	-	-	-	-	-	-
Total		1 008	272	876	69 757	1 156	7 004	29 112
Pacage et parcours		69 368	25 853	21 124	270 144	63 335	87 459	537 283
Alfa		10 000	7 000	8 589	6 000	13 146	11 758	56 493
Forets		7 027	100	8 313	4 019	2 356	1 738	23 553
Terres improductives	Improd	4 101	4 483	977	42 890	25 933	44 602	121 986
	Urb.	770	105	70	675	357	457	2 434
Superf.totale		92 274	37 813	39 949	393 485	127 400	166 800	857 700

Source : A.S.W KHENCHELA et W TEBESSA 2012

La répartition des terres de notre zone d'étude, montre que plus de 60 % des terres sont des parcours et pacage, 15 % sont utilisés pour l'agriculture (céréaliculture, arboriculture, culture sec, ...), le reste des terres sont occupés par l'alfa, quelques forêts et des terres improductives.

**B/ Principales productions par communes (camp. 2011/2012)**

**Tableau n° 23 : Les principales productions par communes**

Communes	Production en Qx						
	Céréales	Fourrages	Culture maraîchère	Pommes	Figues	Olives	Palmier dattier
<b>Chechar</b>	-	-	1.350	4.200	6.000	7.500	8.200
<b>Djellal</b>	-	-	470	480	500	3.750	-
<b>Kheirane</b>	-	-	2.012	16.200	9.000	6.000	4.760
<b>Babar</b>	342.800	111.100	255.330	4.000	1.205	1.850	31.092
<b>Stah Guentis</b>	85 834	28 611	1 739	1 720	4 000	8 400	4 300
<b>Tlidjen</b>	120 432	40 144	1 280	853	5 600	8 650	1 720
<b>Total</b>	549 066	179 855	262 181	27 453	26 305	36 150	50 072

Source : A.S.W KHENCHELA et W TEBESSA 2012

La production végétale dans notre zone d'étude est caractérisée par un rôle marginal, qu'elle joue en raison des conditions climatiques très défavorables, cette agriculture steppique est composée essentiellement de la céréaliculture et des fourrages (plus de 60 %).

La céréaliculture est représentée par deux types principaux de cultures qui sont le blé et l'orge avec une rare présence de l'avoine, parmi les céréales cultivées, c'est le blé dur et l'orge qui prédomine en raison de la place qu'occupe cette céréale dans l'alimentation du cheptel ovin. En ce qui concerne les fourrages rencontrés par ordre d'importance en trouvent, le blé et l'orge en vert, la vesce avoine et la luzerne.

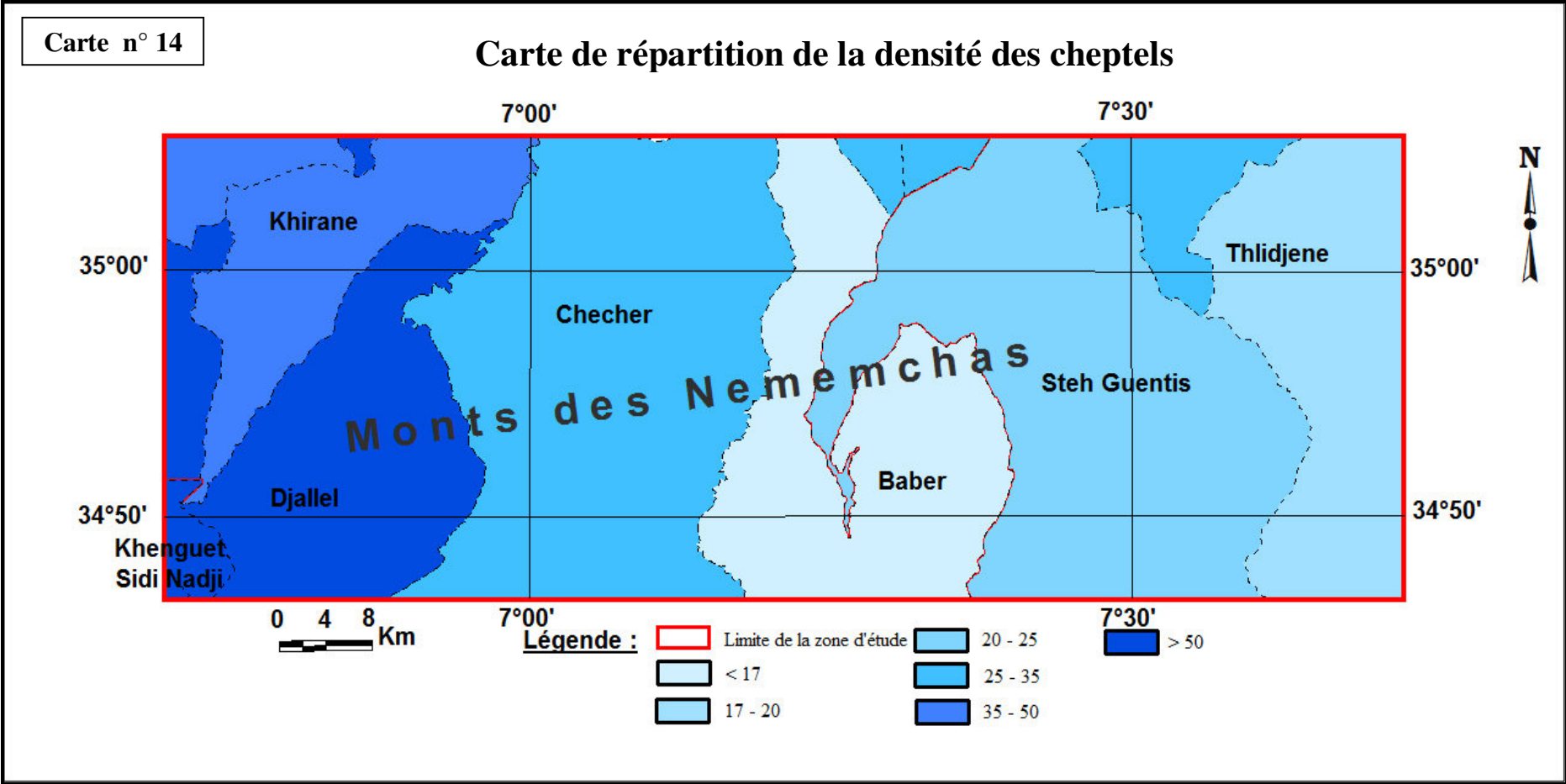
Sur le coté de manière d'utilisation des terres, nous avons relevé deux phénomènes qui jouent un rôle principale à l'accélération de la dégradation.

- Non régularisation des précipitations dans la région fait que les habitants lancent leur campagne de labours d'une manière anarchique sans grand espoir de récolte. Ces surfaces labourées sont souvent offre des milieux d'importants processus d'érosion hydrique et même éolienne. Celle-ci descend d'une part, vers des zones de plus en plus sahariennes en mordant sur les espaces steppiques et d'autre part gagne en altitude sur les versants de plus en plus élevés. Les conséquences de telles pratiques sont catastrophiques sur le milieu, car même après leur abondant, ces espaces cultivés ne sont plus recolonisés par la végétation naturelle, les sols étant profondément dégradés.
- L'utilisation des machine ; des tracteurs avec un arsenal d'accessoires pour défoncer la croûte calcaire sur des lanières étroites dont la pente dépasse 8°, est à l'origine de la réactivation de ravinement, notamment dans les secteurs où les sillons des labours coïncident avec la pente des versants.

#### **3.2.2.2. L'élevage**

Depuis des siècles, l'élevage est la principale économie de la steppe algérienne qui représente l'adaptation la plus appropriée à l'extrême variabilité des pluies et à la fragilité de la couverture végétale, toute la vie de l'éleveur est basée sur l'entretien de son troupeau qui lui assure, ainsi qu'à sa famille, la majeure partie de sa fortune et de son prestige (Yerou, 1998).





**A/ L'effectif cheptel : (camp. 2012/2013)**

**Tableau n° 24 : L'effectif cheptel par communes**

Communes	Espèces Bovines	Espèces Ovines	Espèces Caprines	Espèces Chevalines	Total	Densité (Ch/Km <sup>2</sup> )
<b>Chechar</b>	261	18 000	6 109	7	24 377	26,44
<b>Djellal</b>	0	15 268	4 921	7	20 196	53,43
<b>Kheirane</b>	0	15 000	4 861	13	19 874	49,69
<b>Babar</b>	844	60 900	4 794	58	66 596	16,92
<b>Stah Guentis</b>	49	21 240	6 183	15	27 487	21,58
<b>Tlidjen</b>	32	27 636	5 472	9	33 149	19,87
<b>Total</b>	1 186	158 044	32 340	109	191 679	22,35

Source : A.S.W KHENCHELA et W TEBESSA 2012

La richesse animale varie au niveau de la région des Nememchas, comme sa variation de répartition au sein de la région; mais en remarque la dominance de l'élevage ovin par rapport au autre élevage.

Selon les données plus récentes on peut prononcer que l'élevage dans la région de Nememchas, est représenté par 158 044 têtes d'ovins, 32 340 têtes de caprins, 1 186 têtes bovins. Ces chiffres font ressortir l'importance qu'occupe le cheptel ovin au niveau de la région qui se positionne sur le premier rang.

L'élevage bovin occupe une place négligeable comparativement à l'élevage caprin.

Les effectifs des ruminants varient d'une année à l'autre en raison principalement des transactions commerciales non contrôlées et la transhumance pratiquée par les éleveurs. Ces effectives sont détenues en grande partie par les petits éleveurs.

**B/ La surcharge pastorale et surpâturage**

La réduction des espaces steppiques a évolué de pair avec l'accroissement du cheptel. Celle-ci était estimée en 1986 à 1 200 000 de têtes, en 1995 le cheptel avoisine 2 000 000 de têtes. Actuellement dépasse trois (03) millions de têtes dans la région steppique.

Cet accroissement s'explique par une diminution importante des taux de mortalité, grâce aux campagnes de vaccination, mais surtout grâce au renforcement des troupeaux par les apports extérieurs de fourrage.

Pas très loin d'une époque, l'évolution du cheptel était étroitement liée à la pluviométrie. Les troupeaux se développaient avec les bonnes années pluviométriques (ou les fourrages sont disponibles). Inversement, les années sèches voient les éleveurs se décharger d'une grande partie de leurs moutons. Depuis trentaine d'années, les pasteurs se sont libérés d'une certaine manière des contraintes climatiques avec les apports de fourrage importés des

régions du Nord de pays. Ceci maintient évidemment une surcharge pastorale constante sur le milieu, automatiquement un surpâturage influe sur les terres. Ce dernier qui s'est amorcé depuis quelques décennies aurait fait basculer des secteurs entiers d'un état d'équilibre potentiel dans celui d'un déséquilibre avec tous les risques qui en découlent.

**Image n° 05 : Le système de pâturage**



(X : 6° 43' 30,13'' Y : 34° 57' 18,91'')



(X : 6° 45' 47,54'' Y : 34° 49' 08,60'')

**Conclusion :**

La région des Nememchas est caractérisée généralement par un climat méditerranéen semi-aride à aride au Sud, avec deux saisons très contrastées, une saison froide humide et une saison chaude sèche caractérisée par une très forte évaporation. Vu l'étendue de la région, les précipitations varient de 450 mm et 200 mm en fonction de la latitude, de l'altitude et de l'exposition. Les vents dominants soufflent de l'Ouest et du Nord-Ouest, généralement pendant l'Hiver, ils sont moins fréquents de Nord. La direction principale est relayée, en mois d'Eté, par les vents chauds du Sud et Sud-Ouest (Sirocco).

En générale, la population qui occupe la région des Nememchas est faible par rapport à la surface totale de la zone d'étude avec une densité moyenne de 10 Habitats/ Km<sup>2</sup>. Mais l'activité principale de la population est l'agriculture, soit l'utilisation des terres dans les différents types de l'agriculture ou bien l'élevage des cheptels, en particulier l'élevage des nombreux ovins sur une vaste région. Ces activités incompatibles avec la pression traduite sur le milieu steppique influent négativement sur les composants du milieu naturel et la régénération des composants pédologiques.

# *Chapitre 04*

## *Suivi diachronique de la dégradation des sols dans les monts des Nememchas*

L'analyse et le suivi des changements d'occupation et d'utilisation des sols contribuent de façon significative dans la compréhension du phénomène de désertification et son effet sur les milieux, ainsi sur la réalisation de la carte de vulnérabilité à ce phénomène.

Ce chapitre est consacré à l'utilisation de la télédétection comme outil adéquat dans la réalisation de la carte d'occupation des sols en le suivi diachronique des changements dans cette occupation des sols.

## **4.1. Télédétection**

### **4.1.1. Définition et application**

La télédétection est une technique qui permet d'étudier la surface de la Terre au moyen de capteurs placés à bord d'avions ou de satellites.

Ces instruments enregistrent les rayonnements émis ou réfléchis par la surface de la Terre. Ces capteurs sont sensibles à la lumière visible mais aussi à d'autres parties du spectre électromagnétique comme l'infrarouge, l'ultraviolet et les micro-ondes.

Une image du sol terrestre, c'est-à-dire la représentation graphique des enregistrements du capteur, est obtenue en attribuant des intensités de gris ou de couleurs aux valeurs numériques enregistrées.

L'utilisation de différentes combinaisons de valeurs et des traitements spécifiques permet l'extraction d'informations sur certaines caractéristiques du sol, informations qui peuvent être utiles en agriculture, en foresterie, en géologie, en hydrologie, en océanographie ou en cartographie.

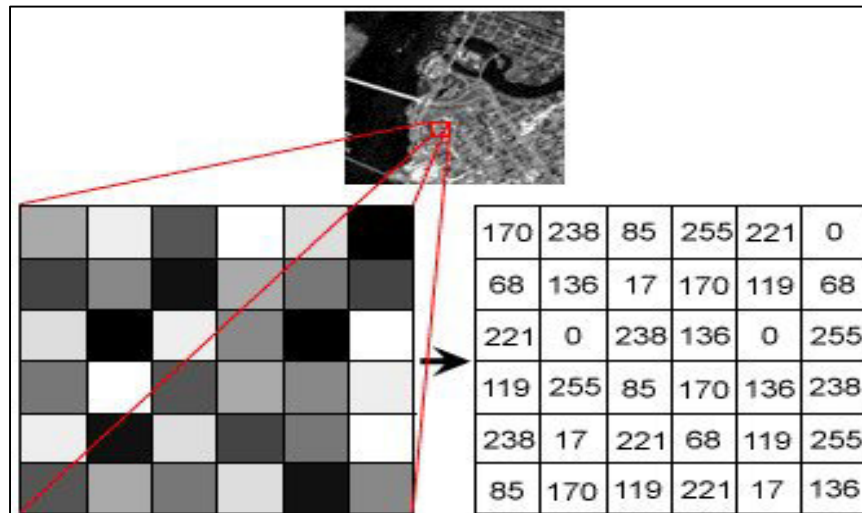
En fonction du type de capteur utilisé, on parle de télédétection passive ou de télédétection active.

### **4.1.2. Notions fondamentales en imagerie satellitaires**

#### **4.1.2.1. Imagerie satellitaire**

Une image satellitaire est une matrice de pixels. Le terme de pixel étant la plus petite surface homogène constitutive d'une image enregistrée.





**Fig. n° 17 :** Notion d’image satellitaire

#### 4.1.2.2. Le pixel

Une image satellite est constituée de nombreux carrés appelés pixels. Le pixel représente la plus petite unité figurant sur une image satellite, il est extrêmement important. Réunis, les pixels fournissent toute l’information qui constitue l’image dans son intégralité.

#### 4.1.2.3. Résolution (spatiale)

Le premier fait important à connaître concernant une image satellite est sa résolution spatiale. Imaginez l’image satellite d’une petite ville comportant un stade de football en son centre. Le plus petit carré ou pixel sur cette image peut représenter la totalité du stade de football, ou encore le centre du terrain. Dans le premier cas, l’on dira que la résolution de l’image n’est pas très bonne. Dans le second cas, l’on aura une image plus détaillée, dont on dira que sa résolution est meilleure.

La résolution spatiale d’une image est la plus petite distance entre deux objets adjacents que le capteur puisse identifier.



**Fig. n° 18 :** Notion de résolution

### 4.1.3. Le spectre électromagnétique

En Télédétection, les capteurs peuvent acquérir des informations que l'œil humain ne peut pas voir normalement (en utilisant des rayonnements appartenant à des parties du spectre électromagnétique autres que le visible).

Les objets reflètent normalement une partie de la lumière qui les atteint. C'est généralement cette portion de lumière qui donne leur couleur aux objets.

Certains objets ne se contentent pas de refléter la lumière qui les atteint, ils émettent en outre des "rayonnements", surtout à cause de leur température.

La lumière est émise et réfléchi par les objets sous forme de rayonnement. Un rayonnement, c'est de l'énergie qui se propage dans l'espace ou dans la matière sous forme de champs électriques et magnétiques perpendiculaires entre eux. Il est appelé rayonnement électromagnétique.

Les ondes électromagnétiques sont caractérisées par différentes longueurs d'ondes. Pour mesurer le rayonnement émis ou réfléchi par les objets, on mesure leur énergie à différentes longueurs d'ondes.

L'ensemble de toutes les longueurs d'ondes possibles constitue le "spectre électromagnétique".

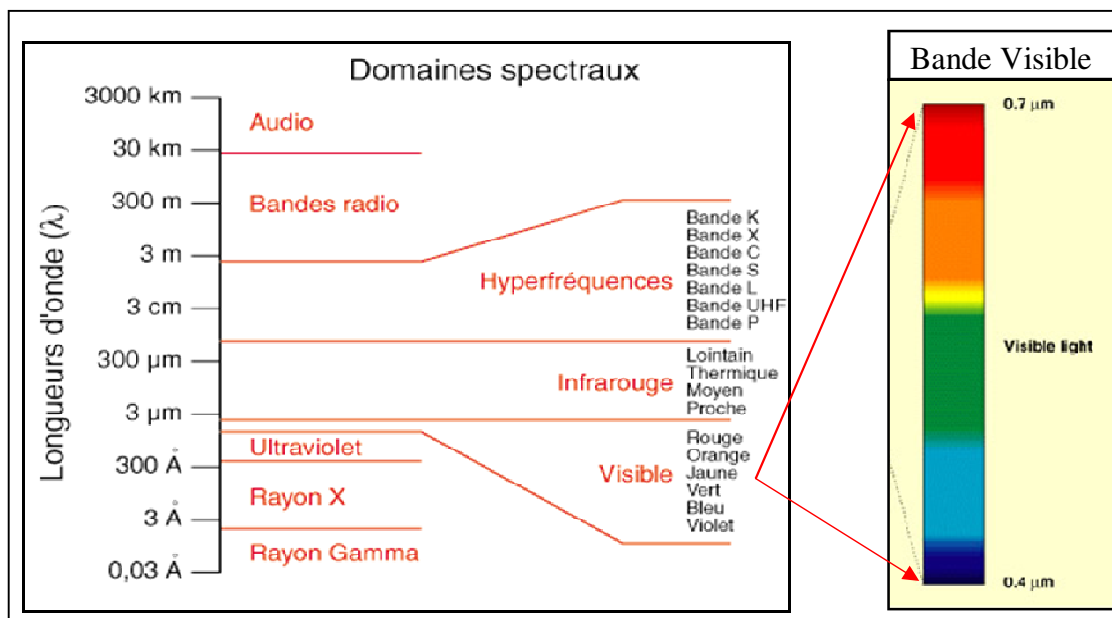


Fig. n° 19 : Le spectre électromagnétique

#### 4.1.4. Notion de signatures spectrales

Pour chaque objet observé dans le spectre électromagnétique à la surface de la terre, la valeur de réflectance correspond au rapport de l'intensité du rayonnement réfléchi au rayonnement incident d'une surface en %. Cette valeur varie en fonction de la longueur d'onde. Il est ainsi possible d'obtenir une courbe de réflectance en fonction des longueurs d'ondes dont l'allure générale constitue la signature spectrale de l'objet tel que le montre la figure suivante :

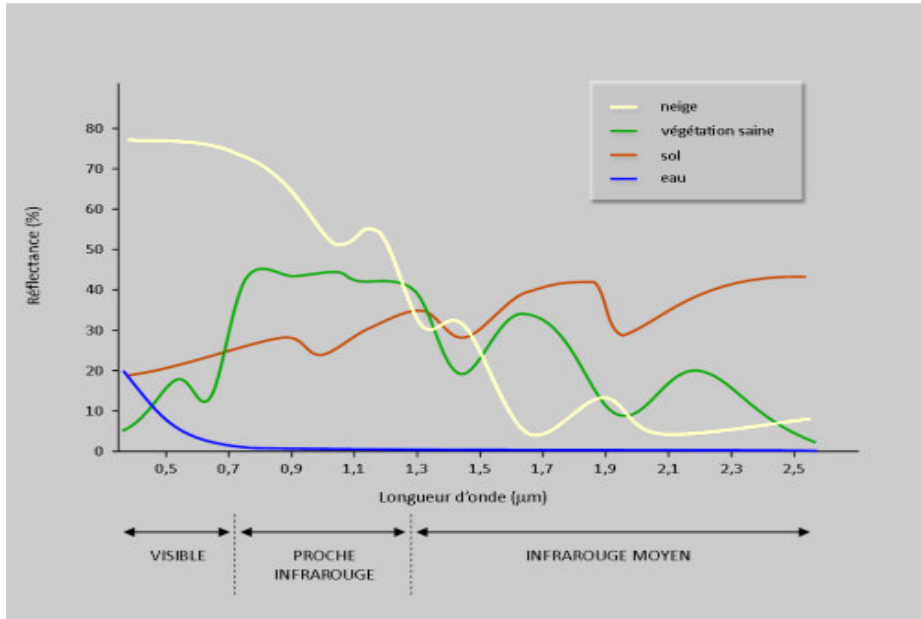


Fig. n° 20 : Quelques signatures spectrales typiques.

#### 4.1.5. Caractéristiques spectrales des couverts végétaux

Comme dans la plupart des études thématiques par télédétection, l'identification et le suivi des couverts végétaux repose sur la réponse spectrale des surfaces dans les différentes longueurs d'onde et donc sur la notion de signature spectrale. Nous rappelons simplement que la signature spectrale d'une surface correspond à la courbe de réflectance de la surface en fonction des longueurs d'onde du spectre électromagnétique, dans des conditions données.

Les propriétés optiques des couverts végétaux dépendent à la fois de la nature des plantes qui les composent, de leur état physiologique, des organes végétaux notamment les feuilles et leur arrangement spatial ainsi que du sol sous-jacent (Guyot, 1989).

Selon (Guyot, 1995), la réflectance d'un couvert végétal ne dépend pas seulement des propriétés d'absorption et de diffusion de ses feuilles mais aussi de son architecture. Celle-ci varie selon la forme, la dimension, la distribution dans l'espace et la quantité des surfaces végétales du couvert.

La distribution spatiale de la végétation sur le sol dépend du type de végétation, de la disposition des plantes (écartement et orientation des rangs) et de leur stade de croissance.

### **Comportement spectral**

On parle de comportement spectral plutôt que de signature spectrale pour bien montrer que la réflectance de la végétation n'est pas constante. Elle varie non seulement en fonction des types de végétaux (les résineux par exemple, ont une réflectance moins importante que les feuillus dans le proche infrarouge), mais également selon l'état de santé d'une plante. Comme le montre la figure ci-dessous, la signature spectrale de la végétation dans le visible ne varie pratiquement pas quelque soit le type de végétal. En revanche, on note des différences sensibles dans le proche infrarouge, liées à la structure du parenchyme lacuneux, comme nous l'avons vu précédemment. La différence est très nette entre les feuillus et les résineux, ces derniers ayant une réflectance bien moindre dans le proche infrarouge.

### **Comportement spectral du sol**

Le sol se caractérise par des valeurs de réflectance régulièrement croissantes dans le visible et le proche infrarouge, tandis qu'elles sont généralement faibles dans le moyen infrarouge réflectif. La réflectance est très faible lorsque le sol est humide.

### **Caractérisation de la structure d'un couvert végétal**

Lorsqu'on étudie la végétation par télédétection, les variations de la réflectance mesurées au niveau du capteur satellitaire sont, non seulement liées aux propriétés optiques des feuilles, mais aussi à la structure des formations végétales. La structure d'un couvert végétal n'est pas reliée aux organes végétaux, mais concerne la plante ou le peuplement. Elle prend en compte à la fois des paramètres de structure de la canopée, comme l'indice de surface foliaire ou l'angle d'inclinaison des feuilles, et l'organisation spatiale des peuplements, leur agencement, leur densité, ainsi que le taux de recouvrement du sol selon le stade phénologique. Lorsque la végétation est peu couvrante, la réponse spectrale des plantes est affectée par la réflectance des sols. Les interactions du rayonnement entre la végétation et le sol sont si complexes qu'il est très difficile de corriger l'influence perturbatrice du sol. Le signal mesuré par le capteur intègre généralement les réflectances du sol et de la végétation, comme le schématise la figure ci-dessous (Huete, 1989). Nous verrons dans le paragraphe suivant que certains indices ont été proposés qui tentent de corriger l'influence du sol.

**Illustration des interactions entre le sol et la végétation, intégrées au niveau de la mesure satellitaire** Fensholt, 2003

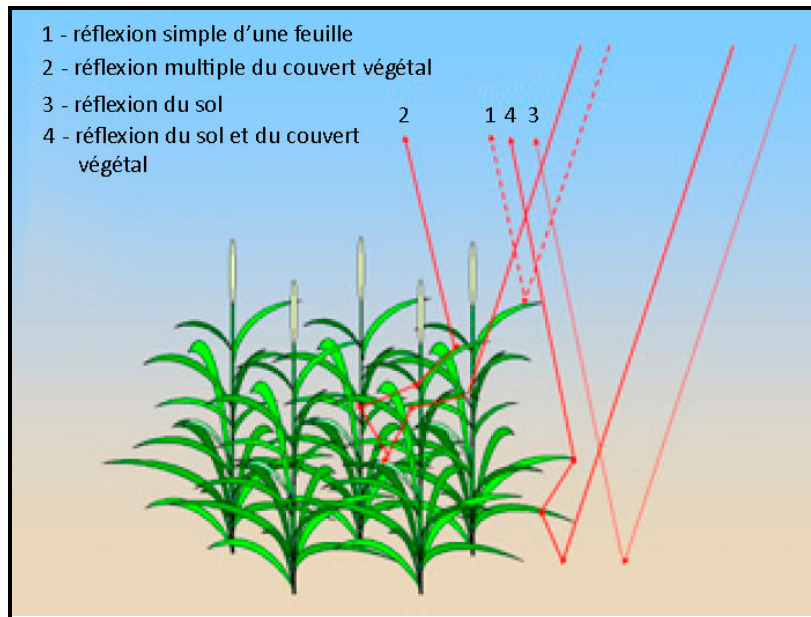


Fig. n° 21 : Quelques signatures spectrales typiques.

## 4.2. Système Landsat et ses produits

Le programme d'observation de la surface terrestre "Landsat" est le plus ancien des Etats Unis. Sept satellites Landsat ont été lancés depuis juillet 1972. Le dernier d'entre eux, Landsat 7, marque une nouvelle orientation dans le programme, afin de réduire le coût des données et d'augmenter la couverture globale de la Terre, ceci dans la perspective de recherches concernant le changement global ("Global Change").

### 4.2.1. Les satellites Landsat rôles et caractéristiques

L'instrumentation embarquée a évolué au fil des satellites, depuis la caméra RBV (Return Beam Vidicon) et le radiomètre multispectral MSS (Multi Spectral Scanner) de 1972 jusqu'au radiomètre ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) de 1999.

La résolution spatiale est passée de 80 m à 30 m (ou 15 m en mode panchromatique) et les domaines spectraux explorés concernent le visible, l'infrarouge proche et moyen ainsi que l'infrarouge thermique.

Le radiomètre ETM+ permet ainsi d'offrir des images couvrant un champ d'observation de 185 km \* 185 km, avec une résolution spatiale de 30 m en mode multispectral.



**Tableau n° 25 :** Tableau récapitulatif des caractéristiques des satellites Landsat.

Satellite	date de lancement	Alt Moy	Cycle orbital	Fauchée	Capteurs, canaux et résolution spatiale
Landsat 1	juillet 1972	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS (4 canaux, 80 m)
Landsat 2	janvier 1975	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS (4 canaux, 80 m)
Landsat 3	mars 1978	910 km	18 jours	185 km	Caméra RBV (3 canaux, 80 m) Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m)
Landsat 4	juillet 1982	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m) Radiomètre TM (7 canaux, 30 m)
Landsat 5	janvier 1984	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre MSS (5 canaux, 80 m) Radiomètre TM (7 canaux, 30 m)
Landsat 6	oct. 1993	détruit après lancement			
Landsat 7	avril 1999	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre ETM + (7 canaux, 30m) plus canal panchro, 15 m
Landsat 8	11 Février 2013	705 km	16 jours	185 km	Radiomètre LDCM (10 canaux, 30m) plus canal panchro, 15 m

#### 4.2.2. Les produits Landsat

##### 4.2.2.1. Multi Spectral Scanner (mss)

Les images MSS sont les plus anciennes (de 1972) et de qualité la plus faible des 3 capteurs LANDSAT. Le capteur MSS monté sur les satellites Landsat 1 à 5 collectes les images en 4 bandes multi-spectrales (deux bandes visibles, deux proches infrarouges) à une résolution spatiale de 79 mètres pour le Landsat (1-3) et de 82 mètres pour le Landsat (4-5), la scène couvre une surface de 180 x 172 Km (d'après CCT, 2002).

**Tableau n°26 :** Tableau des caractéristiques du capteur MSS

Landsat 1, 2 et 3		
Date de lancement	juil. 1972 / janv. 1975 / mars 1978	
Altitude	907 - 915 km	
Fréquence de passage	18 jours	
Stéréoscopie	non	
Taille d'une scène	185 x 185 km	
Capteurs	MSS (MultiSpectral Scanner) Type: radiomètre à balayage	
Bandes spectrales	Domaine spectral	Résolution spatiale
1. [0,5 - 0,6 µm]	Vert	68 x 83 mètres
2. [0,6 - 0,7 µm]	Rouge	68 x 83 mètres
3. [0,7 - 0,8 µm]	Rouge - proche IR	68 x 83 mètres
4. [0,8 - 1,1 µm]	Proche infrarouge	68 x 83 mètres
5. [10,41 - 12,6 m]	Infrarougethermique	237 x 237 mètres

#### 4.2.2.2. Thematic Mapper (TM)

Les scènes TM couvrent chacune une surface de 172 x 185 Km, la qualité des images TM a été améliorée par rapport au MSS. Le capteur TM à bord de satellite Landsat 4 et 5 produit des images depuis 1984 constituées de 7 bandes multi-spectrales : 3 bandes visibles (bande 1 : bleu, bande 2 : verte, bande 3 : rouge). Une bande proche infrarouge (bande 4), deux bandes moyennes infrarouges (bandes 5 et 7) une bande infrarouge thermique (bande 6). Les bandes de 1 à 5 et 7 ont une résolution spectrale de 30 mètres, la bande 6 de 120 mètres (D'après CCT, 2008).

**Tableau n° 27** : Tableau des caractéristiques du capteur TM

<b>Landsat 4 et 5</b>		
<b>Date de lancement</b>	juillet 1982 / janvier 1984	
<b>Altitude</b>	705 km	
<b>Fréquence de passage</b>	16 jours	
<b>Stéréoscopie</b>	non	
<b>Taille d'une scène</b>	185 x 172 km	
<b>Capteurs</b>	TM (Thematic Mapper) Type: radiomètre à balayage	
<b>Bandes spectrales</b>	<b>Domaine spectral</b>	<b>Résolution spatiale</b>
<b>1. [0,45 - 0,53 µm]</b>	Bleu	30 x 30 mètres
<b>2. [0,52 - 0,60 µm]</b>	Vert	30 x 30 mètres
<b>3. [0,63 - 0,69 µm]</b>	Rouge	30 x 30 mètres
<b>4. [0,76 - 0,90 µm]</b>	Proche infrarouge	30 x 30 mètres
<b>5. [1,55 - 1,75 µm]</b>	Infrarouge moyen	30 x 30 mètres
<b>6. [10,40 - 12,50 µm]</b>	Infrarouge thermique	120 x 120 mètres
<b>7. [2,08 - 2,35 µm]</b>	Infrarouge lointain	30 x 30 mètres
<b>Capteurs</b>	<b>MSS (MultiSpectral Scanner) Type: radiomètre à balayage</b>	
<b>Bandes spectrales</b>	<b>Domaine spectral</b>	<b>Résolution spatiale</b>
<b>1. [0,5 - 0,6 µm]</b>	Vert	68 x 83 mètres
<b>2. [0,6 - 0,7 µm]</b>	Rouge	68 x 83 mètres
<b>3. [0,7 - 0,8 µm]</b>	Rouge - proche IR	68 x 83 mètres
<b>4. [0,8 - 1,11 µm]</b>	Proche infrarouge	68 x 83 mètres

#### 4.2.2.3. Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+)

Le capteur (ETM+) lancé avec le satellite Landsat 7 fournit la meilleure qualité des images Landsat. Similaire au capteur TM, le capteur ETM+ apporte les améliorations suivantes :

Une bande supplémentaire, la bande panchromatique (bande 8) à une résolution spatiale de 15 mètres ; une amélioration de la résolution de la bande infrarouge thermique

(bande 6) est subdivisée en une bande avec un gain élevé et une bande à faible gain rendu à 60 mètres (TAYLOR, 2009).

**Tableau n° 28 :** Tableau des caractéristiques du capteur ETM+

<b>Landsat 7</b>		
<b>Date de lancement</b>	avril 1999	
<b>Altitude</b>	705 km	
<b>Fréquence de passage</b>	16 jours	
<b>Stéréoscopie</b>	non	
<b>Taille d'une scène</b>	183 x 170 km	
<b>Capteurs</b>	ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus) Type : radiomètre à balayage	
<b>Bandes spectrales</b>	<b>Domaine spectral</b>	<b>Résolution spatiale</b>
1. [0,45 - 0,51 $\mu\text{m}$ ]	Bleu	30 x 30 mètres
2. [0,52 - 0,60 $\mu\text{m}$ ]	Vert	30 x 30 mètres
3. [0,63 - 0,69 $\mu\text{m}$ ]	Rouge	30 x 30 mètres
4. [0,75 - 0,90 $\mu\text{m}$ ]	Proche infrarouge	30 x 30 mètres
5. [1,55 - 1,75 $\mu\text{m}$ ]	Infrarouge moyen	30 x 30 mètres
6. [10,40 - 12,50 $\mu\text{m}$ ]	Infrarouge thermique	60 x 60 mètres
7. [2,09 - 2,35 $\mu\text{m}$ ]	Infrarouge lointain	30 x 30 mètres
P. [0,52 - 0,90 $\mu\text{m}$ ]	Panchromatique	15 x 15 m

### 4.3. Traitement des données

#### 4.3.1. Notion de compositions colorées

Toutes les couleurs sont formées par l'addition de la lumière des trois couleurs primaires additives : rouge, vert et bleu. En partant du noir, c'est à dire l'absence de lumière, on va ajouter des quantités variables de lumières rouge, verte et bleue pour afficher une couleur précise. Chaque couleur est donc une combinaison singulière des trois couleurs primaires, la couleur blanche étant l'addition des trois couleurs primaires à intensité maximale. Ce procédé est appelé synthèse trichromique additive.

##### 4.3.1.1. Le principe de la composition colorée

Aux trois couleurs fondamentales sont donc associés trois canaux d'une image satellitaire. L'illustration ci-dessous montre le codage des trois canaux d'une image Landsat ETM+: le canal 3 (Bande rouge) est codé en rouge, le canal 2 (Bande Verte) est codé en vert et le canal 1 (Bande Bleu) est codé en bleu. Le résultat est appelé composition colorée.

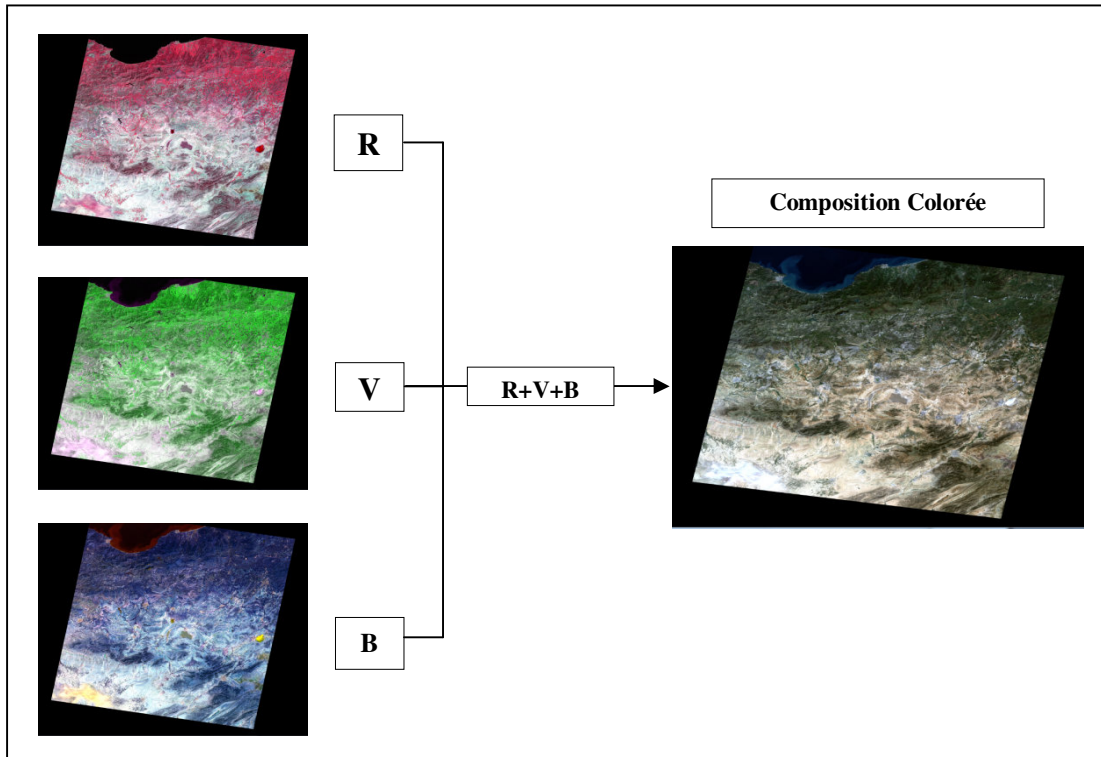


Fig. n° 22 : Composition Colorée entre 3 Bandes Spectrales

#### 4.3.1.2. Images en vraies et fausses couleurs

Le bleu, le vert et le rouge sont les couleurs primaires du spectre visible.

La combinaison de ces trois couleurs en proportions diverses permet d'obtenir toutes les autres (jaune, orange, mauve, ...).

Le capteur ETM du satellite Landsat enregistre dans 7 bandes spectrales dont le rouge (0.63 - 0.69  $\mu\text{m}$ ), le vert (0.52 - 0.6  $\mu\text{m}$ ), le bleu (0.45 - 0.5  $\mu\text{m}$ ) et le proche infrarouge (0.75 - 0.9  $\mu\text{m}$ ).

Si la couleur rouge est attribuée aux valeurs de la bande rouge, la couleur bleue à celles de la bande bleue et la couleur verte à celles de la bande verte, la combinaison de ces trois bandes fournit une image en couleurs réelles.

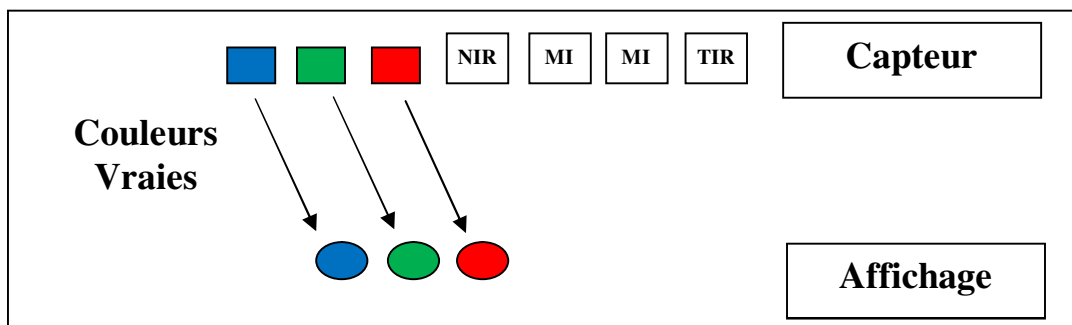


Fig. n° 23 : Combinaison en couleurs réelles bandes 3-2-1



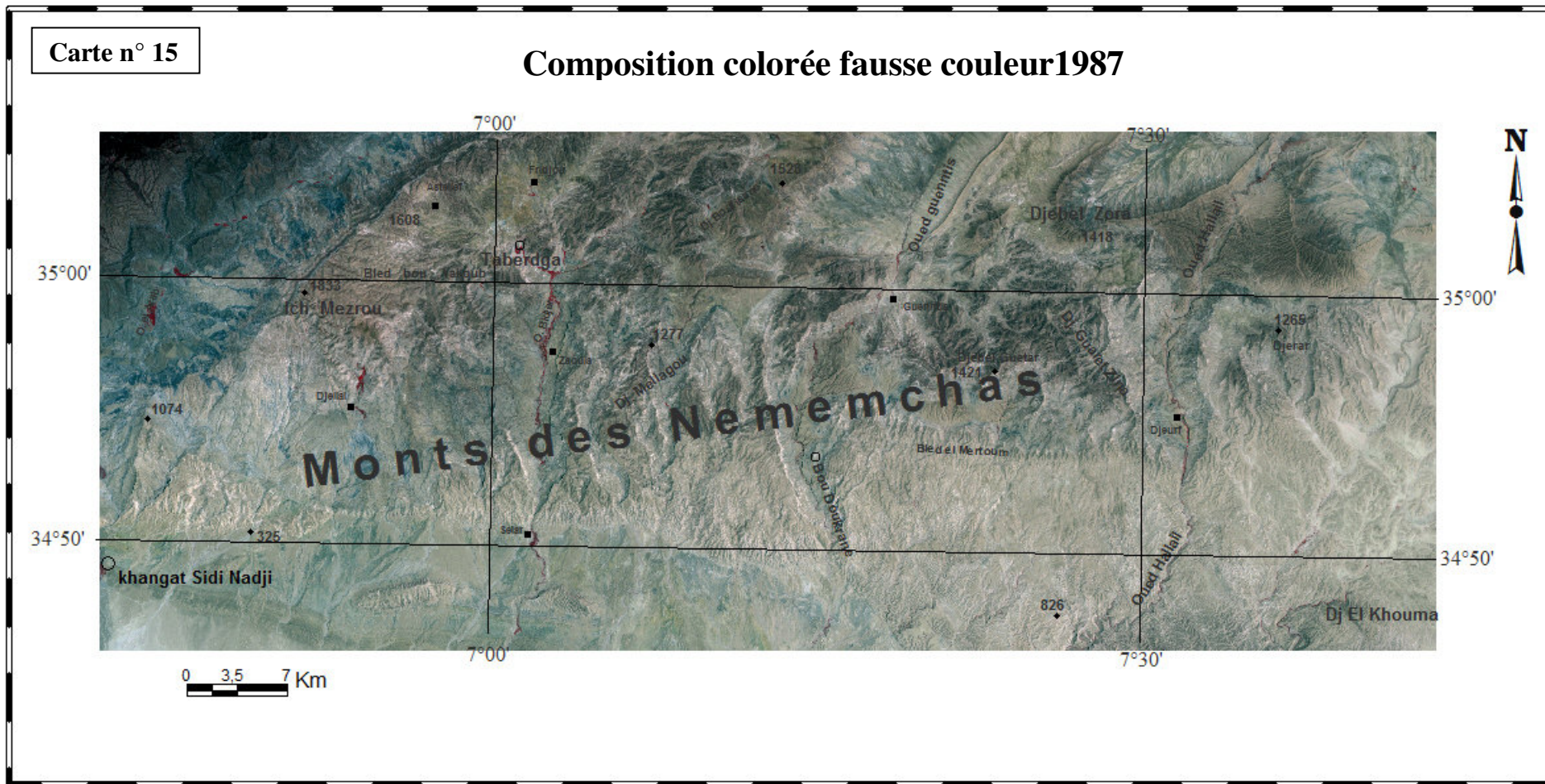
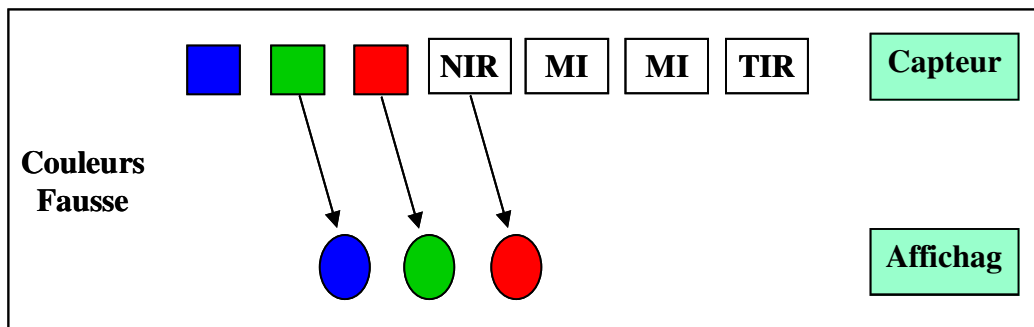


Image capturée par le satellite Landsat 7 ETM (résolution de 30m) et rendue en fausses couleurs. Le bâti apparaît en bleu gris, les forêts en rouge foncé, les zones agricoles en rouge plus clair et les sols nus en bleu. (4.3.2)



C'est la raison pour laquelle ces combinaisons sont appelées des images en vraies couleurs.

Si par contre, on attribue la couleur rouge aux valeurs enregistrées dans le proche infrarouge (auquel notre œil n'est pas sensible), la couleur verte aux valeurs enregistrées dans le rouge et la couleur bleue aux valeurs enregistrées dans le vert, on obtient une image en fausses couleurs de la zone étudiée.



**Fig. n° 24 :** Combinaison en couleurs Fausse ex : Bandes 4-3-2

Dans ce type d'image composée, la végétation très lumineuse dans le proche infrarouge sera colorée en rouge, tandis que l'eau peu réfléchissante dans le vert, le rouge et le PIR sera noire. Le sol apparaît blanc, car il réfléchit beaucoup dans le vert, le rouge et le PIR.

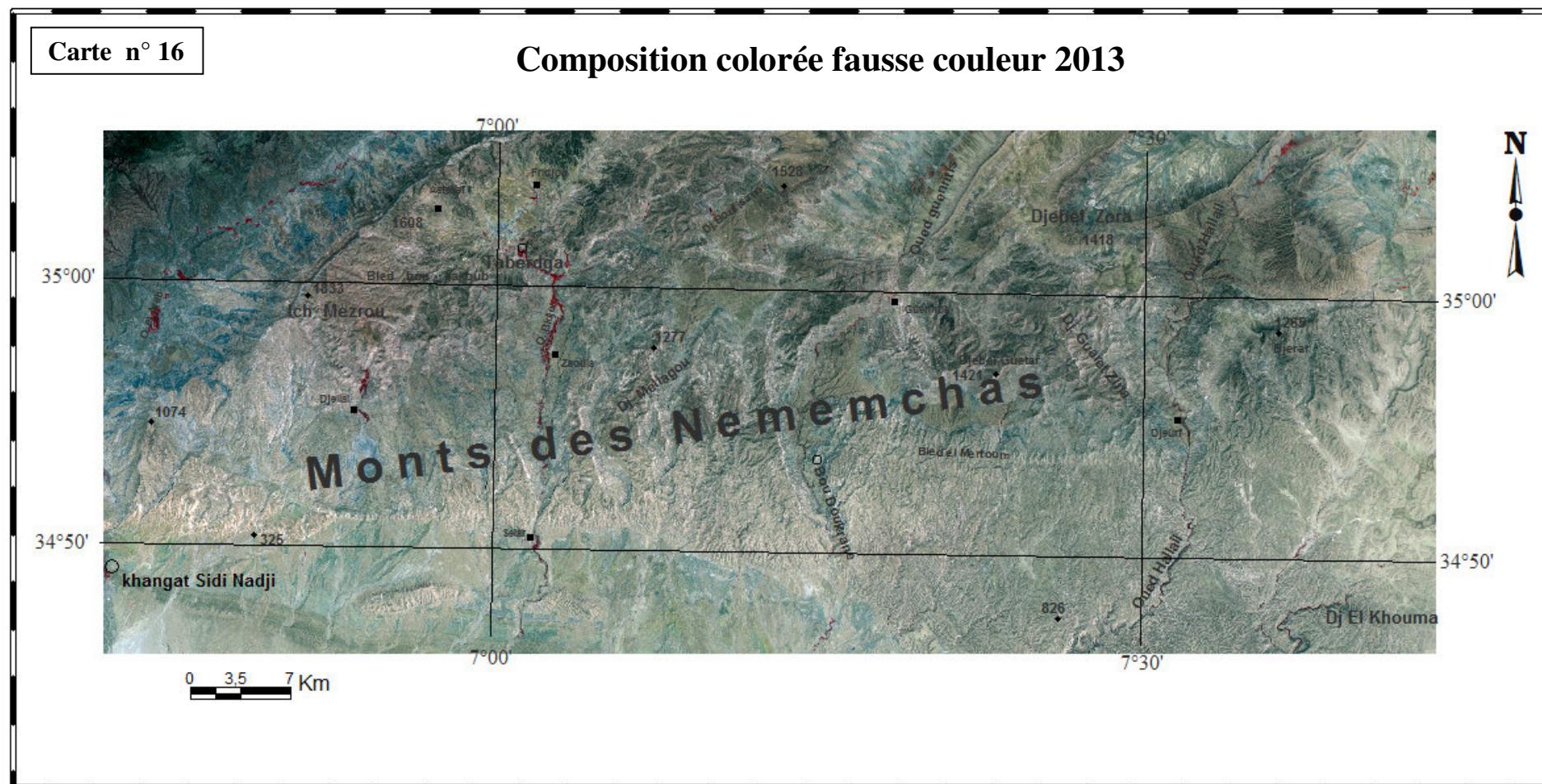


Image capturée par le satellite Landsat 8 LDCM (résolution de 30m) et rendue en fausses couleurs. Le bâti apparaît en bleu gris, les forêts en rouge foncé, les zones agricoles en rouge plus clair et les sols nus en bleu. (5.4.3)

### **4.3.2. Traitements préliminaires**

Ce travail se basera sur des images brutes qui présentent des distorsions et des dégradations ; les traitements préliminaires ont pour but de les éliminer afin d'obtenir une carte qui soit une référence planimétrique pour ses utilisateurs.

#### **4.3.2.1. Corrections radiométriques**

Elle traduit les données brutes enregistrées par le satellite en intensité de rayonnement en exécutant une série de conversions. La station de réception transforme les données brutes en compte numérique que l'utilisateur transpose ensuite en luminance spectrale, elle-même convertie en réflectance effective (Bontemps, 2004). Un tel étalonnage facilite la comparaison des données entre plusieurs images prises à différentes dates et/ou par différents capteurs (Markham et Barker, 1986, dans Peeters 2000).

Elle s'applique ou non en fonction de l'objectif poursuivi et de la méthode d'analyse employée ainsi que du pré-traitement des images acquises.

#### **4.3.2.2. Correction géométrique**

L'environnement observé (courbure de la terre, variation d'altitude du sol, réfraction atmosphérique,...), le mouvement de la plate-forme (altitude, vitesse,...), les erreurs systématiques et aléatoires dans le système de mesure (Bonn et Rochon, 1992) causent des distorsions spatiales aux scènes brutes. Parce qu'elles sont inhérentes aux images satellites, une correction géométrique est indispensable; de plus, cette étape permettra d'attribuer aux images une projection cartographique.

#### **A/ Les erreurs systématiques et les erreurs non systématiques (GCP)**

##### Les erreurs systématiques

Les erreurs systématiques se corrigent par l'application de formules mathématiques qui modélisent les sources de distorsion, et qui sont réalisées par des centres de traitement de routine (Defourny, 2004).

##### Les erreurs non-systématiques

Ces erreurs par contre excluent tout traitement automatique et leurs corrections consistent à redresser l'image à partir de points de contrôle au sol ou ground control point (GCP), dont la principale propriété est d'être facilement localisables à la fois sur l'image satellite et dans un système de référence (cartes, autres images,...). La qualité de la correction est, en grande partie, conditionnée par la précision - capture et localisation - des GCP.

##### ***Traitement***

La correction géométrique des erreurs non-systématiques se déroule en deux phases :

- Le logiciel définit, à partir d'un échantillon de GCP, une fonction mathématique de correspondance entre l'image et le support de référence, avec laquelle il crée une matrice carte « vide » corrigée. Afin de minimiser les déformations possibles, cette fonction est souvent une polynomiale du premier degré (Bontemps, 2004), elle provoque alors une translation.

Mise en place d'un rééchantillonnage (Peeters, 2000): une valeur numérique tenant compte des valeurs numériques de l'image originale est attribuée à chacun des pixels de la matrice carte.

Ce processus fait appel, selon les cas, aux méthodes du plus proche voisin, de la convolution ou de l'interpolation bilinéaire.

L'analyse des erreurs résiduelles est faite sur les coordonnées d'un même point - image et cartes topographiques-. L'erreur quadratique moyenne ou rootmean square error (RMSE) représente la distance entre la position d'un GCP, une fois l'image corrigée, et sa position de référence sur la carte topographique.

$$RMSE = \sqrt{(x_r - x_i)^2 + (y_r - y_i)^2}$$

$x_i$  et  $y_i$  sont les coordonnées d'un point sur l'image corrigée

$x_r$  et  $y_r$  sont les coordonnées calculées dans le système de référence

Les GCP présentant les erreurs les plus élevées sont éliminés, pour autant toutefois que les points conservés restent suffisamment nombreux et soient uniformément distribués sur l'image. Une RMSE totale, faisant office d'indicateur de précision de l'ensemble de la correction géométrique, est calculée à partir des GCP restants. Une correction est jugée comme précise lorsque la RMSE atteint une valeur inférieure à celle du pixel.

$$RMSE_{tot} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (XR_i^2 + YR_i^2)}{n}}$$

$XR_i$  est le résidu en X pour le GCP $_i$ , c'est à dire la distance entre la coordonnée X initiale et la coordonnée X recalculée

$YR_i$  est le résidu en Y pour le GCP $_i$ , c'est à dire la distance entre la coordonnée Y initiale et la coordonnée Y recalculée

$n$  est le nombre de GCP's

La correction de la géométrie d'une image permet donc de corriger les déformations non connues a priori mais également de rectifier les données enregistrées par le capteur selon



une projection cartographique connue (système de coordonnées de référence). (Defourny, 2004).

Les images que nous disposons ne représentent pas exactement la même zone de terre. Il y a un décalage entre eux. Afin de remédier à ce problème et d'adopter le même référentiel, nous avons procédé à un recalage des images en utilisant une interpolation bilinéaire. Pour ce faire, nous avons utilisé le logiciel ENVI 4.5

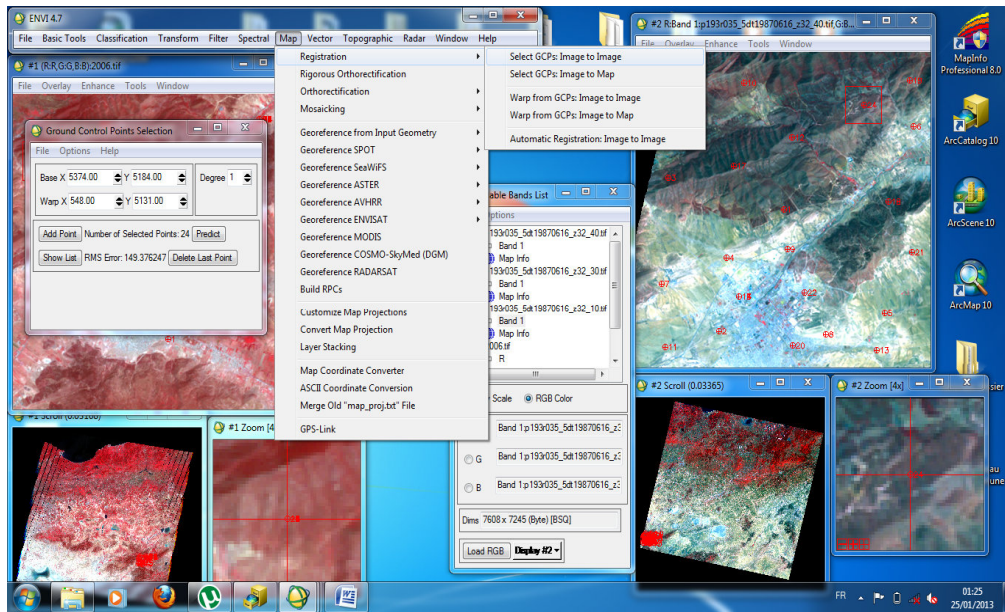


Fig. n° 25 : procédure de recalage des images satellite Landsat (image to image)

## B/ Ortho Rectification

L'ortho rectification est le processus qui permet de corriger la parallaxe due aux Changements d'altitude et donc de transformer une image brute en projection orthogonale précise. Sans ortho rectification, l'échelle n'est pas constante dans l'image et une mesure précise de la distance et de la direction ne peut pas être effectuée.

Un Modèle Numérique de Terrain (MNT) permet de connaître la hauteur de chaque point dans l'image et son utilisation permet de fournir cette information à l'image.

L'ortho rectification est une correction géométrique améliorée par l'ajout d'un MNT.

Grâce à la projection orthogonale, chaque point dans l'image apparaît comme si l'observateur regardait directement vers le bas. Ce qui présente un avantage non négligeable par rapport à une simple correction géométrique, car l'échelle est alors constante sans se préoccuper de l'altitude, des distances et les directions peuvent désormais être exactement mesurées ; cet avantage sera fortement apprécié par les futurs utilisateurs de la carte. Néanmoins, l'ortho rectification peut présenter des inconvénients si le MNT n'est pas assez précis par rapport à la résolution de l'image de départ.



Dans ce travail la procédure d'ortho rectification des images objet d'étude à été élaborée à l'aide d'un SRTM 2007 (6000 x 6000 pixels) fournit par USGS/NASA.

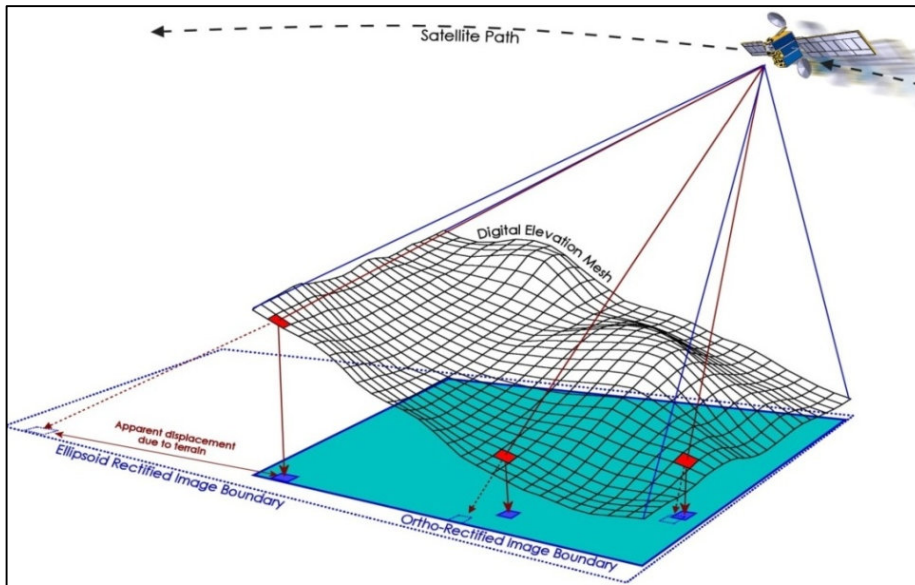


Fig. n° 26 : Schéma montre pourquoi la nécessité d'application un ortho rectification aux images satellites

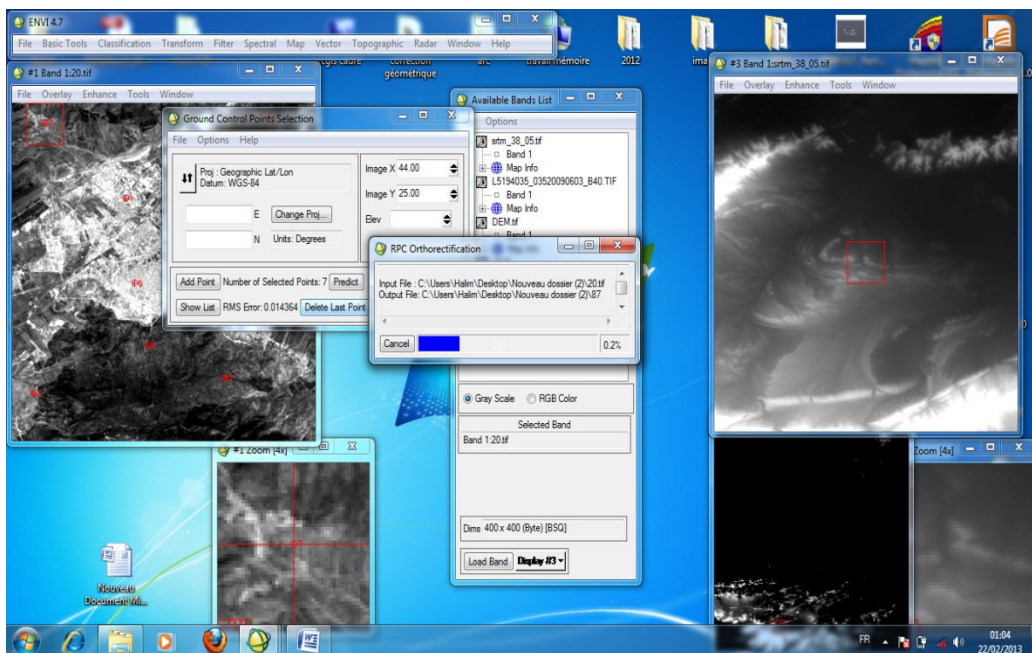


Fig. n° 27 : Processus d'ortho rectification d'une image Landsat sous ENVI 4.5

### C/ Pan-Sharpning

On définit généralement la fusion d'images comme la combinaison de deux ou de plusieurs images différentes pour former à l'aide d'un algorithme une nouvelle image (Pohl et Van Genderen, 1998). Les objectifs de la fusion d'images sont multiples, une revue globale en est faite par Wald (1999) et Pohl et Van Genderen (1998), Teggi (2001).

La fusion peut se pratiquer lors d'applications les plus diverses : établir et mettre à jour une carte topographique, étudier les occupations du sol, aider à la décision dans l'agriculture et la foresterie, surveiller régulièrement les inondations, les neiges et les glaces.

Elle améliore notamment, les capacités d'interprétation et la lisibilité des résultats de données ayant des caractéristiques différentes. Un grand nombre d'auteurs a évalué le potentiel des images fusionnées pour classifier des zones en classes d'occupation du sol (Srinivasan et Richards, 1990 ; Munechika et al, 1993 ; Serpico et Roli 1995 ; Benediktsson et al, 1997 ; Hegarat-Masclé et al, 2000, dans Amarsaïkhan et Douglas, 2004).

Dans notre travail Le pan-sharpening consiste à fusionner une image panchromatique (N/B) en haute résolution spatiale (15 m) obtenue par le capteur ETM+ avec une image multispectrale de faible résolution spatiale (30 m) obtenue également par le même capteur et le résultat produit une image multi-spectrale dotée de la même résolution que l'image panchromatique.

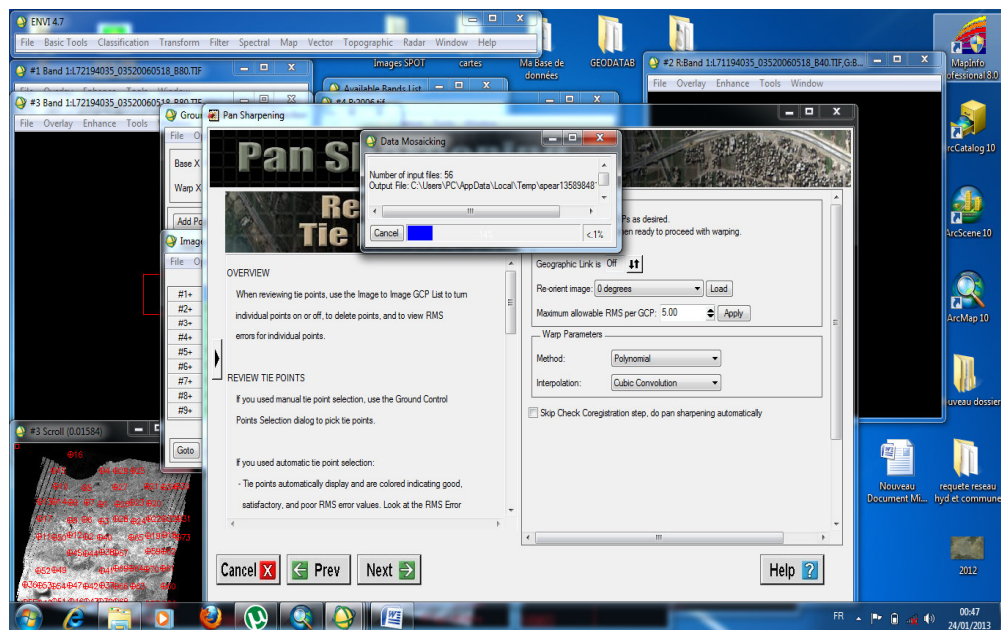
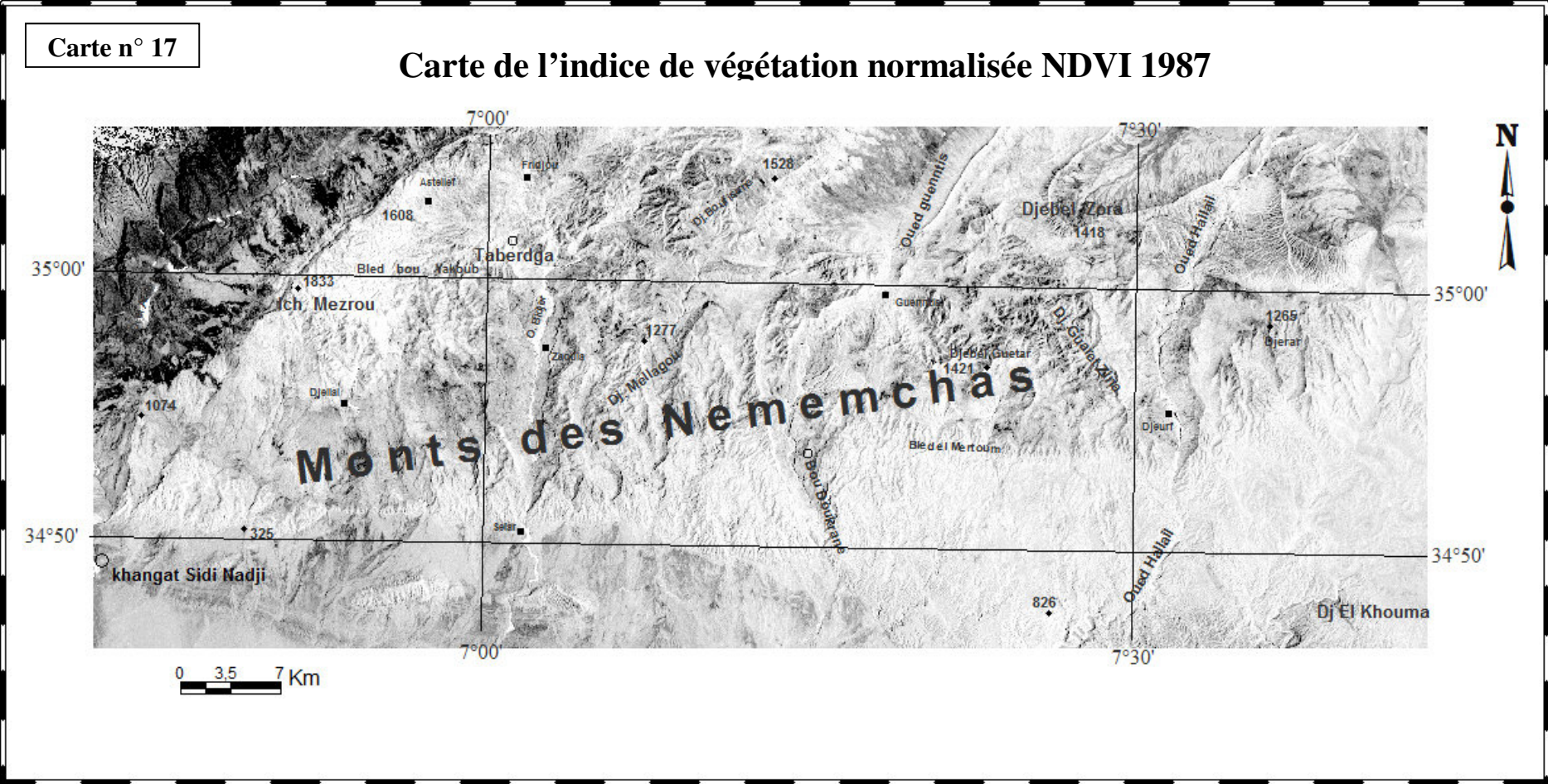


Fig. n° 28 : méthode d'application de fusion d'image sous ENVI 4.5

#### 4.3.3. Les indices de végétation utilisés en télédétection

Un indice se définit comme une variable « synthétique, numérique qui caractérise l'intensité ou l'extension d'un phénomène trop complexe pour être décomposé en un nombre maîtrisable de paramètres » (Caloz et al, 1993). Les différents indices de végétation correspondent à une démarche empirique dans la recherche d'une estimation de paramètres





concernant la végétation afin d'identifier des couverts végétaux chlorophylliens, d'évaluer l'indice foliaire, le développement de la canopée, les effets de stress, l'évapotranspiration, le rendement... Ils sont plus ou moins sensibles à la contribution spectrale venant du sol ainsi qu'à celle provenant de l'éventuelle matière sèche sur pied mélangée à la matière verte (Girard et Girard, 1999).

Un indice s'exprime selon l'intervalle choisi arbitrairement, de 0 à 1 ou de 0 à 100 ou tous autres intervalles numériques. Issu habituellement d'un rapport de variables, il est fréquemment sans dimension physique. S'il conserve une dimension de luminance, comme ceux résultant de combinaisons linéaires de bandes spectrales, sa signification est néanmoins celle d'une variable thématique. Les indices sont calculés à partir d'une combinaison simple ou complexe de bandes spectrales. L'objectif est d'accorder une valeur quantitative aux résultats et de pouvoir traduire les évolutions de la végétation en termes de variables biophysiques.

Le principal indice utilisé dans l'analyse des images satellitaires multi spectrales est l'indice de végétation normalisé (NDVI) qui va traduire la densité du feuillage et la proportion de sol effectivement couverte par la végétation (Ximenes et al, 2005). Il est défini de la manière suivante :

$$NDVI = (PIR - R) / (PIR + R)$$

PIR = Réflectance dans le canal proche infrarouge et R = Réflectance dans le canal rouge.

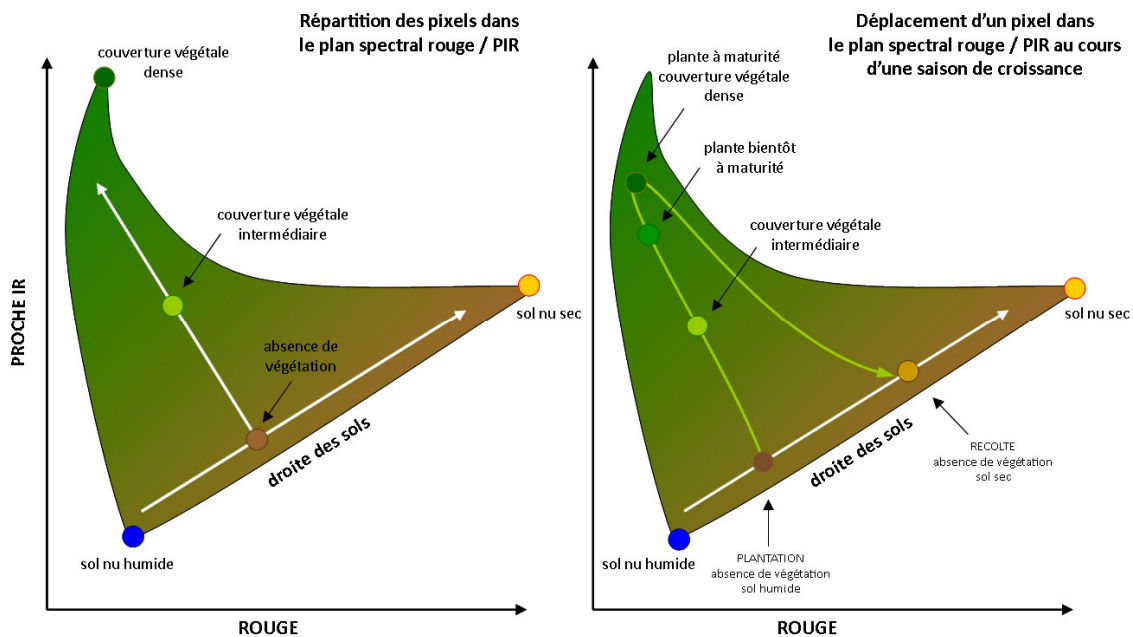
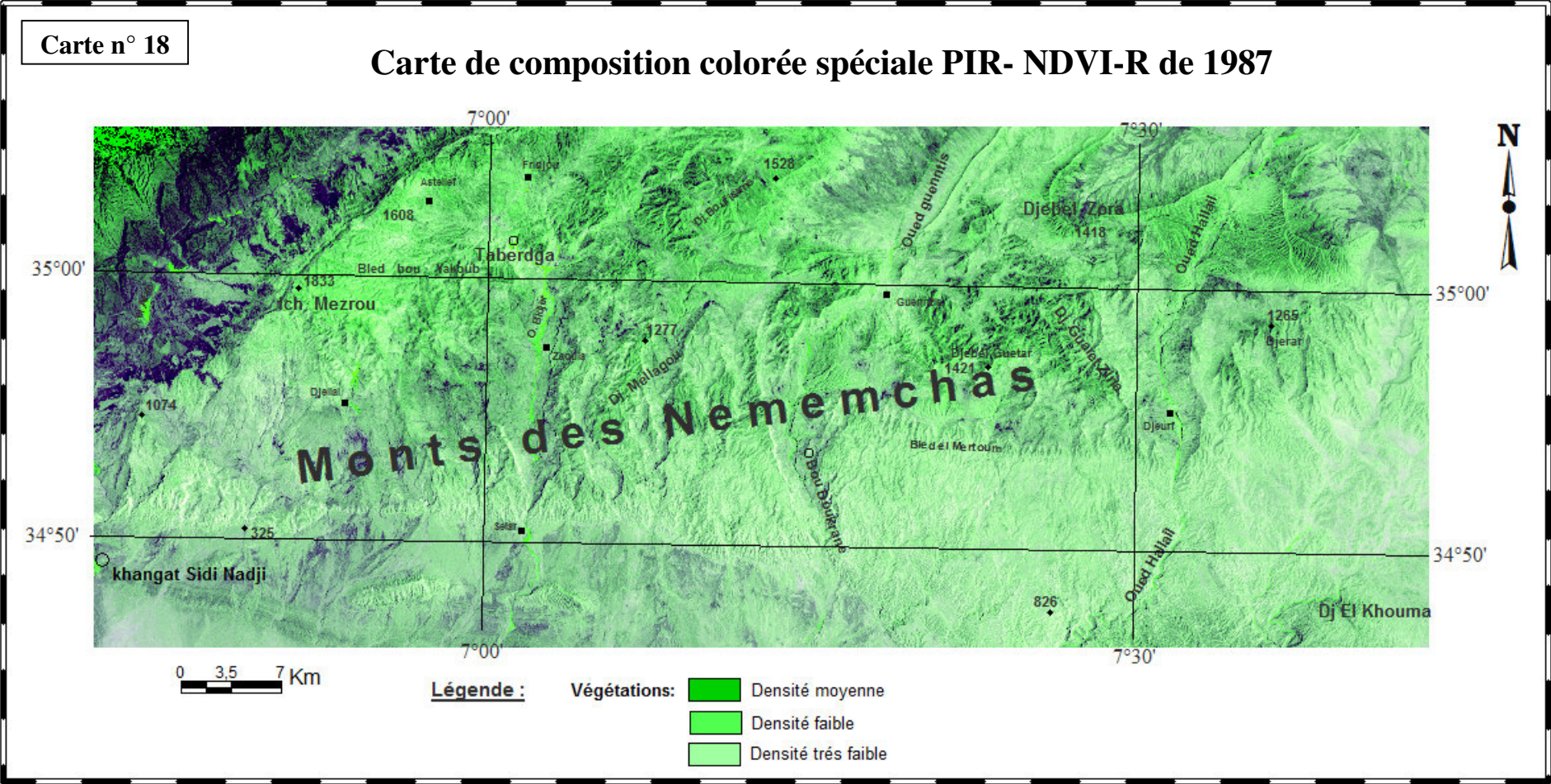


Fig. n° 29 : Répartition spectrale des réflectances dans le rouge et dans le proche infrarouge.





La réalisation de l'NDVI de la région de Nememchas nous permet d'analyser l'état du couvert végétal qui se présente sous forme de forêt dégradée, parcours steppique et arboriculture aux voisinages des oueds. La majeure partie de la zone d'étude est marquée par une couverture à densité faible. La réalisation de la composition colorée spéciale PIR-NDVI-R caractérise le changement diachronique dans la couverture végétale entre 1987 et 2013 et en remarque une dégradation de ce couvert surtout le forêt dans le Nord-Ouest.

#### **4.3.4. Les classifications**

La classification est un processus de reconnaissance des formes. En télédétection, elle consiste à effectuer la correspondance entre les éléments d'une scène de l'image matérialisés généralement par leurs valeurs radiométriques, et des classes connues *a priori* ou non par un utilisateur. La correspondance est réalisée par des fonctions discriminantes sous forme de règle de décision telle que le "maximum de vraisemblance" des probabilités, ou des distances géométriques.

La classification peut être interprétée comme un problème de données incomplètes. En chaque site (pixel) s'expriment des données de deux types différents : la donnée observée et l'autre cachée, la classe que l'on cherche à trouver. Ainsi, la classification vise à attribuer aux pixels des étiquettes dont l'origine est thématique.

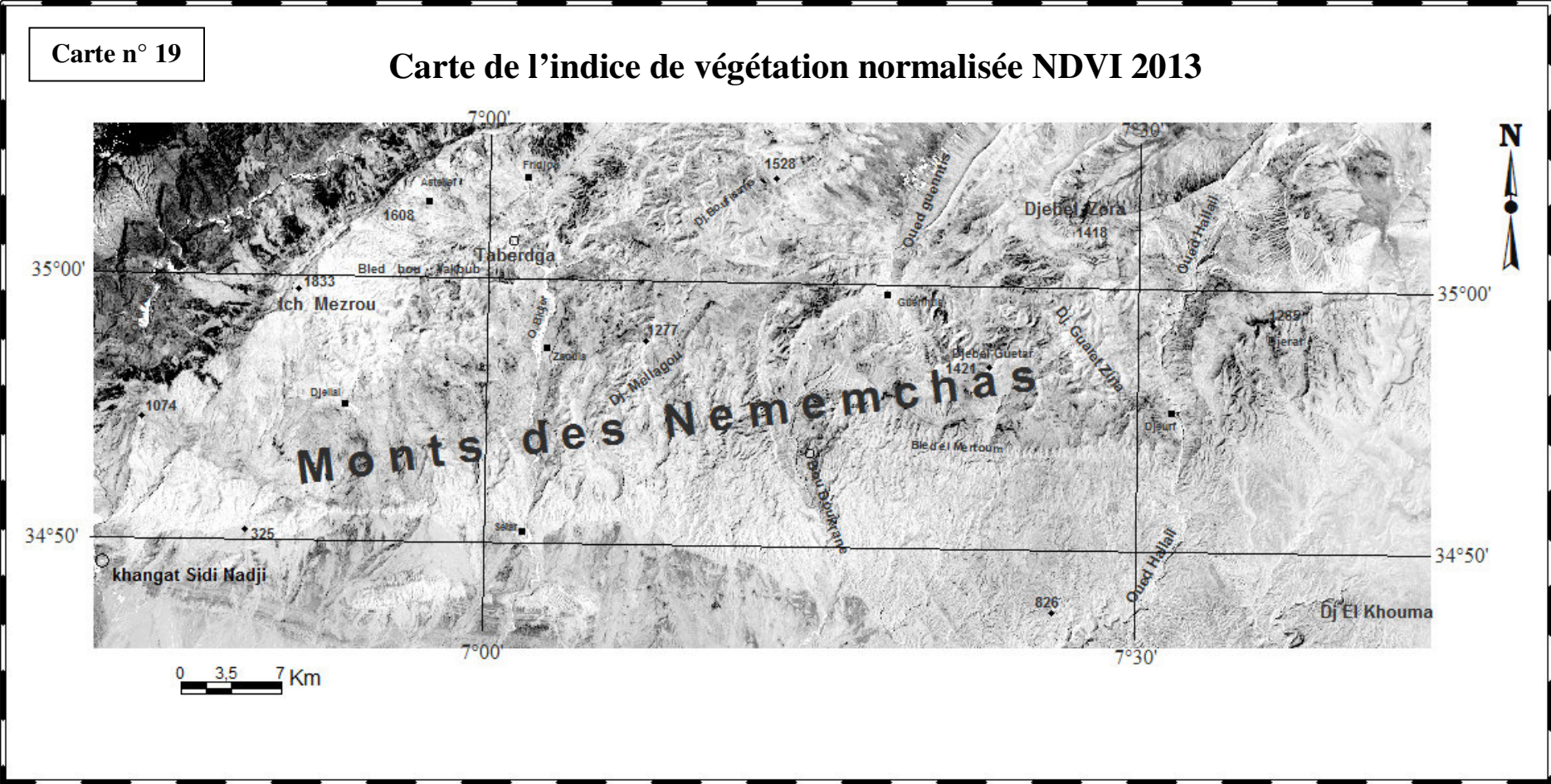
##### **4.3.4.1. Classification non supervisée (ou non dirigée)**

La classification non supervisée ou non dirigée détermine automatiquement les classes. Les algorithmes des centres mobiles, (nuées dynamiques appliquées au centre de gravité) et des distances adaptatives sont des méthodes itératives qui, à chaque itération calculent respectivement les centres de gravité ou les distances associées aux classes. Les fonctions discriminantes dépendent, soit des paramètres des densités de probabilité, soit d'un jeu de coefficients qui peuvent être évalués théoriquement par des études physiques, la classification est alors totalement non supervisée. Elle peut être semi-supervisée quand certains paramètres sont fixés par l'utilisateur en fonction du type d'image et de scène, ou que certains objets sont reconnus par l'utilisateur qui peut ainsi initialiser le processus de recherche des classes pour certaines d'entre elles.

Dans la classification de type non supervisée, c'est le logiciel qui gère les sites de références sur lesquels est basé la classification, et nous comme des utilisateurs on fixe seulement le nombre de classes et le logiciel examine l'ensemble des signatures spectrales de tous les pixels de l'image, et déterminer des groupements naturels (regroupe les pixels ayant une signature spectrale similaire).

Carte n° 19

Carte de l'indice de végétation normalisée NDVI 2013



#### 4.3.4.2. Classification supervisée ou dirigée

Les classes sont définies à partir des besoins de l'utilisateur et correspondent à des unités sémantiques de l'image, ce qui nécessite une étape d'apprentissage préalable à la classification. La classification supervisée consiste à déterminer les classes par un apprentissage qui peut être effectué soit sur chaque scène traitée, soit pour chaque type d'application (agriculture, forêt, littoral, géologie, ...) ou encore à chaque type de capteur utilisé (optique : Landsat, Spot, Ikonos, Noaa, ou radar : ERS, JERS1, Radarsat...). Cette étape influence fortement les résultats de la classification.

Pour l'estimation dirigée (avec apprentissage), on dispose pour chaque classe de l'image des vecteurs caractéristiques de plusieurs pixels de l'image (échantillons des classes) dont on connaît a priori la classe d'appartenance. En supposant le processus ergodique, les paramètres sont estimés à l'aide des méthodes classiques d'estimation telles que la méthode du maximum de vraisemblance.

Les échantillons sont sélectionnés sur des observations faites sur le terrain (vérités terrain) en repérant au sol des parcelles représentatives des différents éléments devant être présent dans la classification de la zone étudiée, si possible à une date idéalement identique à celle des prises de vues. A ces vérités terrain peuvent s'ajouter des connaissances thématiques obtenues auprès d'un expert. Les échantillons de classes stables temporellement (routes, urbain, etc...), peuvent être sélectionnés sur la base de cartes précises de la région.

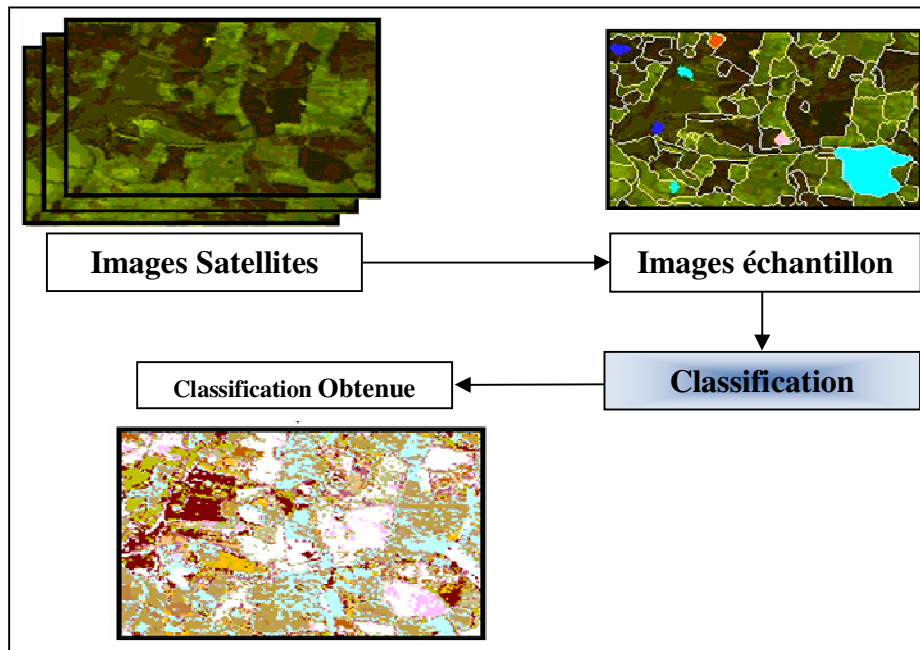
Les classifications supervisées sont nécessaires lorsque les besoins thématiques sont pointus. En effet les techniques non supervisées se limitent souvent à la reconnaissance de grandes classes thématiques (forêt, urbain, surface nue, végétation haute et basse et surface d'eau).

La classification supervisée nécessite l'intervention de l'expert qui doit définir les thèmes qu'il juge importants et caractéristiques du milieu étudié. L'occupation du sol varie d'une année à l'autre du fait des rotations de cultures et de divers changements de gestion des parcelles agricoles ou forestière. Il est indispensable de se rendre sur le terrain pour le choix d'échantillons d'apprentissage et de vérification de l'occupation du sol, ce qui donne lieu, souvent, à plusieurs sorties sur le terrain.

Des polygones d'entraînements sont définis sur l'image. Une fois que les polygones "références" ont été placés, l'algorithme calcule les statistiques sur les canaux spectraux, temporels, ou autres des N classes sur chaque polygone. Ces vecteurs de référence sont les échantillons, caractéristiques de chacune des classes. Une base de connaissances qui va servir à analyser l'image est ainsi établie.







**Fig. n° 30 :** Notion de classification supervisée

Les échantillons doivent être représentatifs, il faut que des parcelles soient sélectionnées dans toutes les parties de l'image ou la classe est présente. Dans le cas de données radars, l'intensité va varier avec l'angle d'incidence, c'est à dire que la réflectivité change dans la direction de prise de vue, selon la direction radiale, cela ajoute une difficulté supplémentaire au choix des échantillons sur une composition colorée temporelle.

Deux échantillonnages indépendants sont nécessaires : (1) pour les calculs statistiques de la méthode de classification, les échantillons sont pris alors avec précaution, au centre des classes afin d'éviter les pixels mixtes, (2) pour la validation de la classification, les échantillons ont une taille beaucoup plus large. Ces échantillons doivent être différents de ceux qui servent à l'estimation des paramètres.

Les techniques d'apprentissage classiques reposent en général sur l'utilisation des cartes topographiques, des photos aériennes et des logiciels de traitement d'image comme ENVI, IDRISI ou Erdas Imagine pour localiser et créer les fichiers des échantillons (ROIs). La prise des échantillons est une tâche fastidieuse et contraignante ; de celle-ci dépend en grande partie les résultats de la classification supervisée. L'inconvénient majeur de ces méthodes est que seul trois canaux sont utilisés pour la visualisation de la composition colorée indispensable pour le choix des échantillons.

Plusieurs méthodes ont été réalisées, testées et comparées les unes aux autres, afin de déterminer celle SVM qui s'approche le mieux possible de la réalité de terrain.



#### 4.3.4.3. Notion de Parcelles d'entraînements (Region of Interest)

Contrairement à la classification non supervisée cette fois-ci l'utilisateur définit le nombre de classes, mais aussi les sites de références sur lesquels se base le logiciel pour les regroupements.

Ainsi dans la classification supervisée on sélectionne des sites d'entraînements (Region of Interest : ROI), c'est-à-dire des zones où l'on connaît l'occupation sol, et où l'on dit au logiciel de prendre ces zones comme référence pour classifier et généraliser toutes l'image.

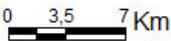
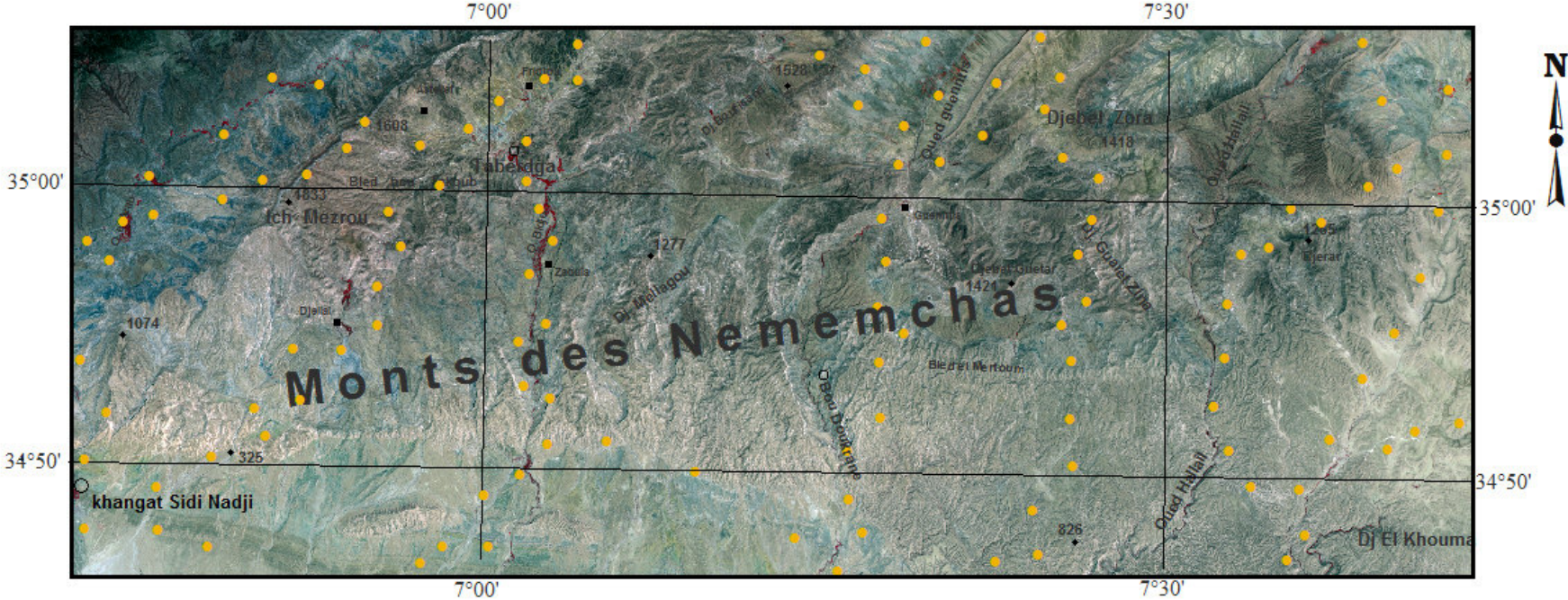
Cependant, les relevés des parcelles d'entraînement de la classification supervisée in situ ont pu être menés. Ils ont porté sur plusieurs parcelles suffisamment homogènes, avec reconnaissance de la nature de l'occupation des sols. L'usage d'un GPS (Global Positionnement System) a facilité la collecte des coordonnées des centres des parcelles.

La matrice de confusion permet d'obtenir les précisions du traitement afin de valider le choix des parcelles d'entraînement. Après plusieurs essais, la meilleure classification (reflétant le mieux la réalité du terrain) est conservée et sa validation est obtenue par le calcul des précisions cartographiques, des précisions d'inventaire, de la précision globale et des erreurs d'omission et de commission.

Cette opération est réalisée à l'aide du logiciel de traitement d'images (EN.V.I : *Environment for visualising image*)

Carte n° 21

Carte des points d'échantillonnage par GPS



**Légende :**

- ▭ Limite de la zone d'étude
- Point d'échantillonnage





**Image n° 06 :** Les parcelles représentatives de la vérité terrain



**Arboriculture**

(X : 6° 44' 4,30'' Y : 34° 58' 34,70'')



(X : 6° 45' 10,93'' Y : 35° 00' 24,11'')



**Parcours steppiques**

(X : 6° 45' 24,18'' Y : 34° 59' 00,21'')



**Sols sableux**

(X : 6° 50' 32,40'' Y : 34° 51' 04,94'')



**Sols nus et terrains rocheux**

(X : 6° 51' 40,38'' Y : 34° 54' 15,48'')



**Forêt dégradée**

(X : 6° 50' 30,24'' Y : 35° 04' 03,28'')

#### 4.3.4.4. Réalisation des cartes d'occupation de sol

Dans ce travail, Après la reconnaissance de terrain on a classé notre zone d'étude en 5 classes majeures ; une classe pour sols nus et terrains rocheux, classe des sols sableux, classe de parcours steppiques, une classe de forêt dégradée et une dernière classe d'arboriculture, cette classification en 5 classes majeures nous permettons de bien identifier l'occupation des sols et leurs évolutions spatio-temporelles.

Les résultats obtenus par les classifications supervisées du maximum de vraisemblance ont servi à dresser les cartes d'occupation et d'utilisation du sol suivantes.

#### 4.3.4.5. Validation de la classification

Il est possible d'évaluer les performances de ces classifications en évaluant le pourcentage et le nombre de pixels correctement classés à l'intérieur de chaque polygone test.

##### Classification 1987 :

**Tableau n° 29** : Statistique de la classification de 1987

Classe	Surface (Hectares)	%
Forêt dégradée	20 304,99	5,94
Cultures irriguées	1 080,27	0,31
Parcours steppiques	102 604,14	30,02
Sols nus et terrains rocheux	121 656,42	35,60
Sols nus dominées par texture sableuse	96 072,93	28,11
Total	341 719	100

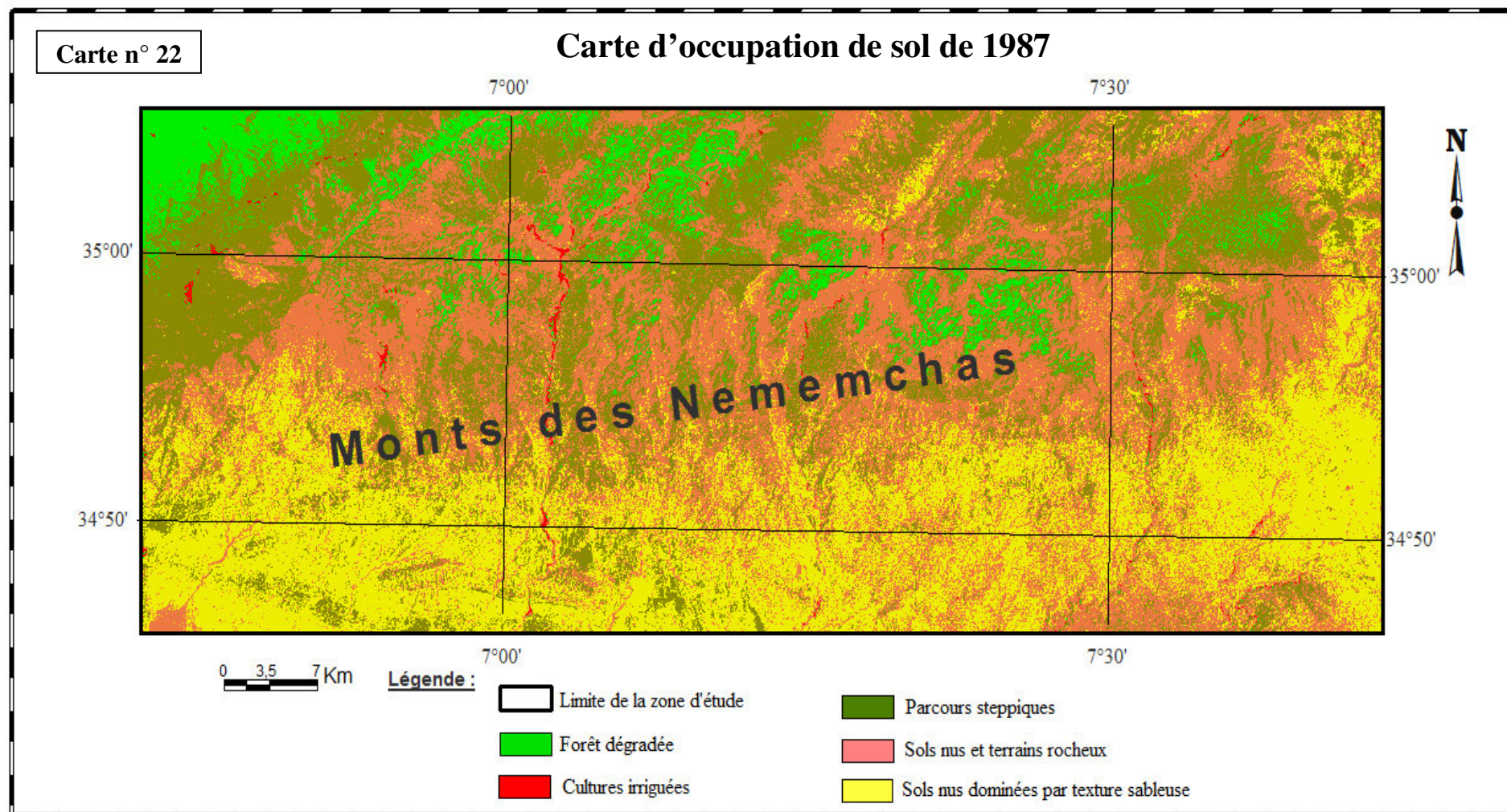
**Coefficient de Kappa** = 0.87

**Précision** = 90.90 %

**Tableau n° 30** : Matrice de confusion de la classification de 1987

Classe	Sols nus et terrains rocheux	Sols nus dominées par texture sableuse	Cultures irriguées	Forêt dégradée	Parcours steppiques	Total
Sols nus et terrains rocheux	236	67	0	0	6	309
Sols nus dominées par texture sableuse	48	515	0	0	0	563
Cultures irriguées	0	0	102	0	0	102
Forêt dégradée	3	0	0	91	7	101
Parcours steppiques	16	0	0	0	526	542
<b>Total</b>	303	582	102	91	539	1617







**Classification 2013 :**

**Tableau n° 31 : Statistique de la classification de 2013**

Classe	Surface (Hectares)	%
Forêt dégradée	18 059,13	5,24
Cultures irriguées	1 799,64	0,52
Parcours steppiques	50 254,38	14,58
Sols nus et terrains rocheux	148 446,18	43,08
Sols nus dominées par texture sableuse	125 971,92	36,56
Total	324 672,48	100

**Coefficient de Kappa = 0,87**

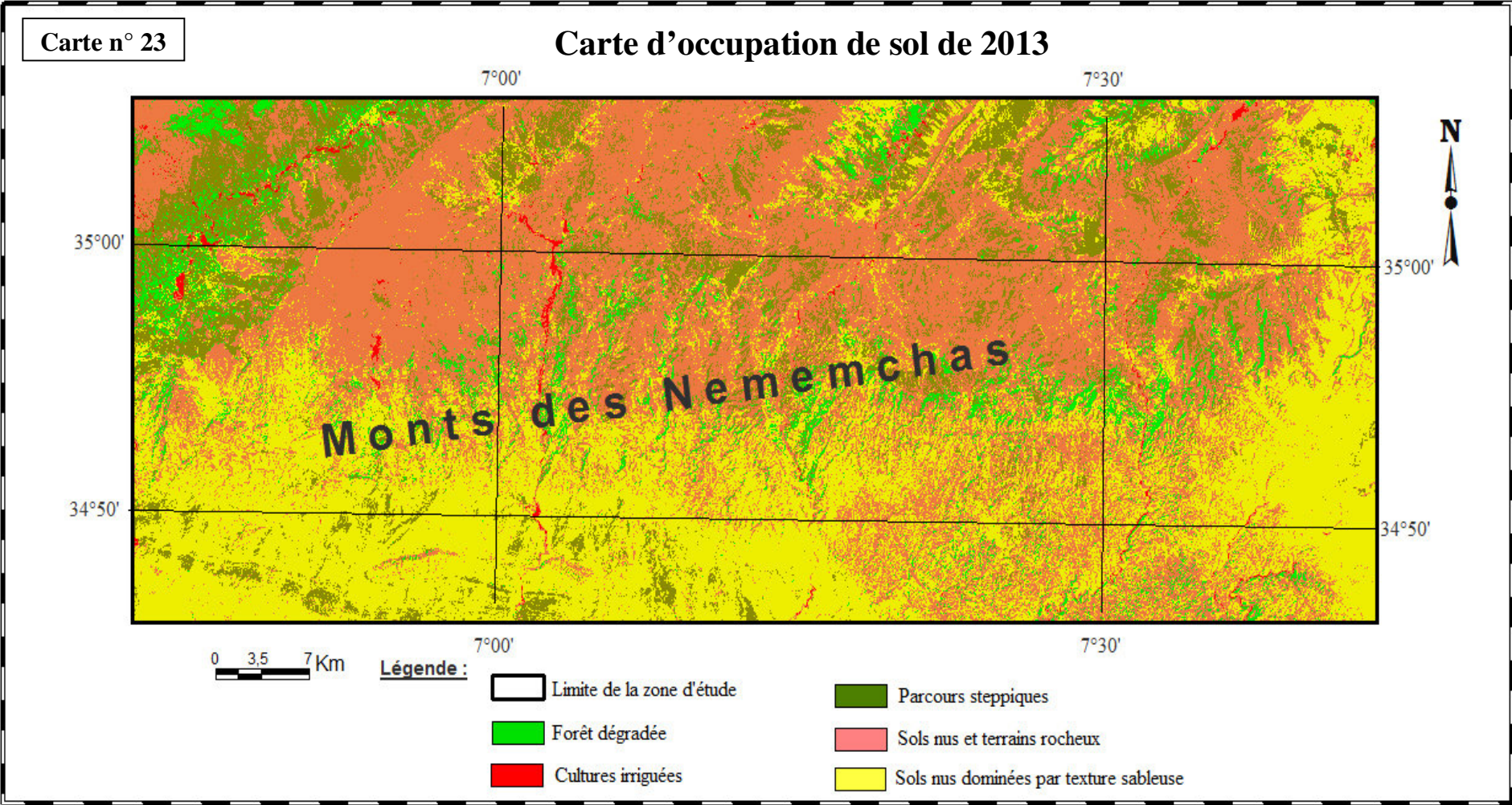
**Précision = 91,29 %**

**Tableau n° 32 : Matrice de confusion de la classification de 2013**

Classe	Sols nus et terrains rocheux	Sols nus dominées par texture sableuse	Parcours steppiques	Cultures irriguées	Forêt dégradée	Total
Sols nus et terrains rocheux	440	123	37	1	0	601
Sols nus dominées par texture sableuse	17	1389	10	0	0	1416
Parcours steppiques	43	6	483	0	3	535
Cultures irriguées	0	0	0	353	0	353
Forêt dégradée	0	11	30	0	281	322
Total	500	1529	560	354	284	3227

**Tableau n° 33 : Comparaison entre les statistiques des deux classifications**

Classes	Classification 1987		Classification 2013	
	Surface (Hectares)	%	Surface (Hectares)	%
Forêt dégradée	20 304,99	5,94	18 059,13	5,24
Cultures irriguées	1 080,27	0,31	1 799,64	0,52
Parcours steppiques	102 604,14	30,02	50 254,38	14,58
Sols nus et terrains rocheux	121 656,42	35,60	148 446,18	43,08
Sols nus dominées par texture sableuse	96 072,93	28,11	125 971,92	36,56
Total	341 719	100	324 672,48	100



L'élaboration de la matrice de confusion a pour objectif d'évaluer la performance des classifications, en évaluant le nombre de pixels correctement classés à l'intérieur de chaque parcelle d'entraînement.

En analysant les cartes finales d'occupation des sols 1987 et 2013 et leurs matrices de confusion nous remarquons que :

Les deux classifications ont une performance très élevée, dont la précision globale est supérieure à 90%.

Une grande augmentation dans les surfaces des sols nus et terrains rocheux de 121 656,42 ha en 1987 à 148 446,18 Ha en 2013 ainsi que les sols dominées par texture sableuse qui ont connu une augmentation de 28,11 % de la superficie totale de la zone d'étude en 1987 jusqu'à 36,56 % en 2013 ce qui indique une dégradation élevée des parcours steppiques et du forêt.

L'élaboration de la matrice de confusion a pour objectif d'évaluer la performance des classifications, en évaluant le nombre de pixels correctement classés à l'intérieur de chaque parcelle d'entraînement.

En analysant les cartes finales d'occupation des sols 1987 et 2013 et leurs matrices de confusion nous remarquons que :

Les deux classifications ont une performance très élevée, dont la précision globale est supérieure à 90%.

Une grande augmentation dans les surfaces des sols nus et terrains rocheux de 121 656,42 ha en 1987 à 148 446,18 Ha en 2013 ainsi que les sols dominées par texture sableuse qui ont connu une augmentation de 28,11 % de la superficie totale de la zone d'étude en 1987 jusqu'à 36,56 % en 2013 ce qui indique une dégradation élevée des parcours steppiques et du forêt.

Une diminution dans les surfaces des parcours steppiques et du forêt surtout pour la steppe qui a connu une dégradation de plus de la moitié de 30.02 % en 1987 jusqu'à 14.58 % en 2013. Cette dégradation est liée directement à la conjugaison des différents facteurs de désertification. D'autres part la dégradation de la forêt est très claire dans le coin nord ouest de la zone d'étude ou de grandes surfaces qui ont été brûlées par les incendies de l'été 2012. Ces incendies de forêts constituent un facteur anthropique de dégradation du milieu.

**Image n° 07** : Incendie de forêt dans la zone Nord ouest des Nememchas



(X : 6° 50' 30,24'' Y : 35° 04' 03,28'')

La classe de l'arboriculture a connu un petit développement lié à l'importance accordée à ce secteur agricole par l'état et les paysans.

**Conclusion :**

La classification des images satellitaires sur deux dates différentes basée sur la vérité terrain nous montre une dégradation importante du forêt et des parcours steppiques. L'étude diachronique représente un diagnostic révélateur d'un phénomène de dégradation dans la région des Nememchas aboutissant à une régression considérable du couvert végétal. Ce résultat constitue un indicateur sur l'état aggravé du phénomène de désertification dans ces régions.

La carte d'occupation et d'utilisation du sol reste un document nécessaire et complémentaire pour l'appréhension de l'évolution rapide du phénomène de dégradation et les processus qui en découlent. Pour cela, la surveillance régulière de ce phénomène sur de longues périodes en utilisant les imageries satellitaires de haute résolution pourrait mieux évaluer le mécanisme d'évolution sur le terrain.



# *Chapitre 05*

## *Modélisation de la vulnérabilité à la désertification et actions territoriales*



La désertification est un problème complexe et difficile à appréhender. Divers facteurs interviennent dans l'apparition et l'aggravation de la désertification dont principalement les fluctuations climatiques et les modes d'exploitation des ressources naturelles. Les méthodes utilisées pour l'évaluation du risque de désertification sont nombreuses, mais, rares sont ceux qui ont un caractère d'utilisation universelle.

Dans le souci de répondre aux termes de références du présent travail de recherche et tenant compte de la disponibilité actuelle des données, nous proposons l'application de la méthode MEDALUS développée pour l'évaluation de la sensibilité à la désertification et l'utilisation des terres dans les pays méditerranéens (CE, 1999) sous un système d'information géographique.

### **5.1. Le système d'information géographique (SIG)**

Le S.I.G. est un outil qui permet de rassembler diverses données « relatives à la fois à la terre et à l'homme, à leurs interactions et leurs évolutions respectives » (Denègre et Salgé, 1996). Cet outil permet de faire le lien entre des thématiques différentes, à condition d'avoir un point commun d'ordre spatial (Noiset, 2006).

Le système d'information géographique est conçu pour répondre à des besoins précis « qui déterminent une modélisation finalisée du monde réel » (Joliveau, 2006). Il permet de saisir, gérer, analyser des données de référence spatiale et d'en faire une présentation sur des cartes plus ou moins réalistes de l'environnement spatial, en se basant sur des objets géographiques, comme les polygones, les lignes et les points, au quels sont associées des données qualitatives, telles que les caractéristiques naturelles (végétation,...).

Le S.I.G. facilite l'intégration de diverses données hétérogènes (Joliveau, 1993). Il permet de stocker, visualiser, manipuler et afficher toute une gamme d'informations basées sur la géographie. L'information combine des données géométriques et thématiques, dont chaque thème est représenté par une couche, qui rassemble un ensemble d'objets homogènes (parcelles, routes, population), associant la représentation cartographique des objets spatiaux et la table d'informations statistiques. Cela permet d'établir des cartes de synthèse.

Ce système permet également de croiser des couches contenant chacune des informations géographiques sur une région donnée. Ce croisement équivaut à superposer deux feuilles transparentes qui contiennent des informations différentes pour la même région. En ce qui concerne notre sujet d'étude, il est basé sur le système d'information géographique pour plusieurs raisons :

A l'aide du S.I.G, nous avons pu transformer ces images numériques traitées par la télédétection en cartes vectorielles, ayant la même référence spatiale et la même projection. Notre sujet traite plusieurs couches thématiques : Sol, climat, végétation et système de gestion et d'influence humaine. Tout cela fait du S.I.G. un outil essentiel dans notre travail. Enfin, ce système n'est pas uniquement utile à la cartographie, il s'agit d'un outil capable de structurer l'information géographique, qui peut être repris par plusieurs chercheurs en fonction de leurs propres recherches

## 5.2. Matériels et techniques

Certains matériels et méthodes nous ont été utiles pour la préparation et l'analyse des données :

### Le choix du logiciel

Les cartes, ainsi que les croisements de couches, ont été effectués à l'aide de la version MapInfo 8.0. C'est un outil dédié aux applications du système d'information géographique. Ce logiciel permet l'acquisition, la gestion, l'analyse ainsi que la présentation des informations localisées géographiquement.

De plus, nous pouvons citer quelques fonctions de MapInfo qui ont été indispensables dans notre travail :

- ✚ Accéder à tous les types de données attributaires : Excel ...
- ✚ Importer et exporter de nombreux formats cartographiques.
- ✚ Géoréférencer les images de type raster.
- ✚ Vectoriser les images et les cartes de type raster.
- ✚ Effectuer des analyses thématiques...

### Scannage des cartes

Elle consiste en la transforme des cartes en un fichier informatique pour qu'elles soient manipulées par l'ordinateur. L'appareil qui fait cette opération étant un scanner A0 en couleur relie à un ordinateur. Le résultat étant des images de type \*JPEG, qui sont utilisées par Mapinfo en mode raster.

### Le système de projection

Le système de projection adopté dans notre travail est la projection UTM (Universel Transverse Mercator), ellipsoïde WGS84. Ce système est compatible avec les données régionales.

## Le calage

Le calage est réalisé à l'aide de MapInfo, il consiste à choisir au moins trois points distincts, régulièrement distribués (non alignés) et de leurs coordonnées géographiques réelles dans la projection choisie. L'ensemble des autres points de la carte calée est déduit automatiquement par projection et interpolation.

La zone d'étude est située dans le fuseau 31 (Northern Hémisphère) du système de projection choisie.

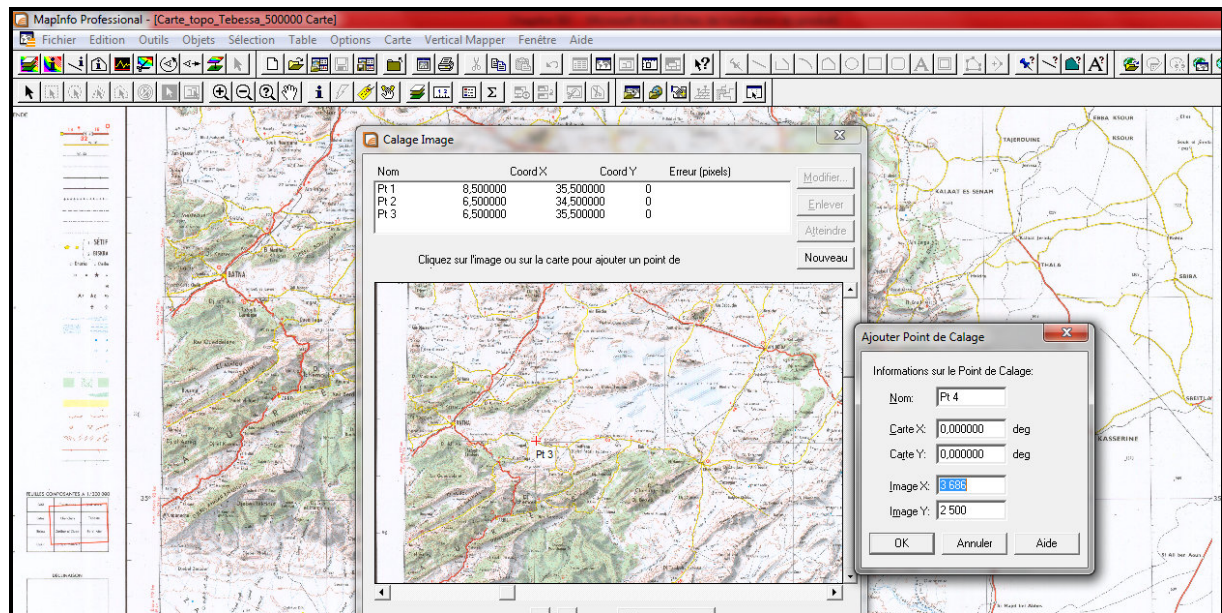


Fig. n° 31 : Méthodologie de géo référencement

## Vectorisation des données cartographiques

Les données cartographiques ont été indispensables pour notre travail, ces données nous ont fournis des informations qui ne sont pas toujours faciles à extraire des images satellites, surtout pour les images de faibles résolutions. Ces données cartographiques disponibles, voire peu coûteux, nous ont permis d'effectuer des croisements afin d'appréhender certains phénomènes.

### La Méthode MEDALUS :

La méthodologie suivie dans ce travail est inspirée de celle développée dans le projet MEDALUS (Mediterranean Desertification and Land Use). Kosmas *et al.* (1999) identifient la sensibilité à la désertification des écosystèmes méditerranéens par un indice de sensibilité à la désertification (ISD) obtenu à partir de la moyenne géométrique de quatre autres indices de qualité issue du milieu et de l'action de l'homme (sol, climat, végétation et système d'aménagement du territoire).

Ces facteurs sont évalués par des indices de qualité qui quantifient leur aptitude à résister à la désertification :

- ✚ IQS : indice de qualité du sol
- ✚ IQV : indice de qualité de la végétation
- ✚ IQC : indice de qualité du climat
- ✚ IQE : indice de qualité des socioéconomique

La vulnérabilité des terres à la désertification est évaluée par un indice de sensibilité ISD qui est la moyenne géométrique des indices des quatre facteurs. Nous nous sommes aussi inspirés des applications de la méthode MEDALLUS dans la région du Maghreb (SABIR et al., 2005 )

### **5.3. Création de la base de données et cartographie thématique**

#### **5.3.1. Détermination de la qualité de climat**

La qualité du climat est évaluée en se basant sur la carte des étages bioclimatiques établis par la FAO (1972). En appliquant les indices utilisés par l'OSS dans le programme DISMED.

Pour l'appréciation de cette couche, la démarche « MEDALUS » se base sur l'indice d'aridité (IA) qui est le rapport de la pluviosité annuelle (P) sur l'évapotranspiration potentielle annuelle (ETP) :  $IA = P / ETP$

L'Afrique du Nord en général et l'Algérie en particulier sont des régions majoritairement arides et semi-arides (Le Houérou, 1993). Malgré une façade littorale sur le rivage sud de la Méditerranée occidentale qui lui confère un bioclimat humide et subhumide, l'allongement en latitude vers le tropique et la forte continentalité font que cette région est fortement marquée par l'aridité donc potentiellement sensible à la désertification.

Notons l'absence de données sur l'évapotranspiration potentielle annuelle sur l'ensemble du territoire au nord de l'Algérie. Les « providers » météorologiques à l'échelle mondiale peuvent représenter des alternatives intéressantes mais ils se sont, malheureusement, avérés pas très satisfaisants par rapport à la précision désirée. Aussi, avons-nous retenu le bioclimat comme meilleure approximation de l'ETP d'autant plus que c'est une donnée disponible et cartographiée à une échelle satisfaisante du 1/500 000 ; de même que l'indice d'aridité, le bioclimat d'une région est un indice synthétique qui se base à l'instar des indices de même nature sur le rapport T / P (Ozenda, 1983). Il est donc raisonnable de penser qu'il donne une approximation satisfaisante de l'aridité d'une région ; ces deux expressions ont une certaine correspondance entre elles (Le Houérou, 1993).

On a pu réaliser la couche climatique et faire correspondre les indices climatiques (tableau n° 34).

**Tableau n° 34 : Classes et indices des paramètres liés aux qualités du climat**

Paramètre	Classe	Description	Caractéristique	indice
Aridité	1	Humide	IA > 0,65	1
	2	Subhumide	0,5 < IA < 0,65	1,25
	3	Semi-aride	0,2 < IA < 0,5	1,5
	4	Aride	0,05 < IA < 0,2	1,75
	5	Hyperaride	IA < 0,05	2
Précipitations	1	Très forte	P > 800 mm	1
	2	forte	500 < P < 800 mm	1,25
	3	Moyenne	300 < P < 500 mm	1,5
	4	Faible	100 < P < 300 mm	1,75
	5	Très Faible	P < 100 mm	2
Exposition	1	Très bien exposée	Nord-Ouest	1
	2	Bien exposée	Nord-Est	1,33
	3	Moyenne exposée	Sud-Ouest	1,66
	4	Faible exposée	Sud-Est	2

La structure de la couche qualité du climat sous MapInfo se présente de la manière suivante (Tableau n° 35) :

**Tableau n° 35 : La structure de la couche qualité du climat**

Champs	Valeur	Largeur	Exemple d'une entité largeur
ID	Entier	10	1
FORMATIONS	Caractère	30	Semi aride
IQC	Flottant	10	1.5
SUPERFICIE	Flottant	10	215070

L'indice de qualité de climat est calculé en prenant la valeur de chaque classe :

$$IQC = (IA * IP * IE) / 3$$

IA : indice d'aridité

IP : indice de précipitation

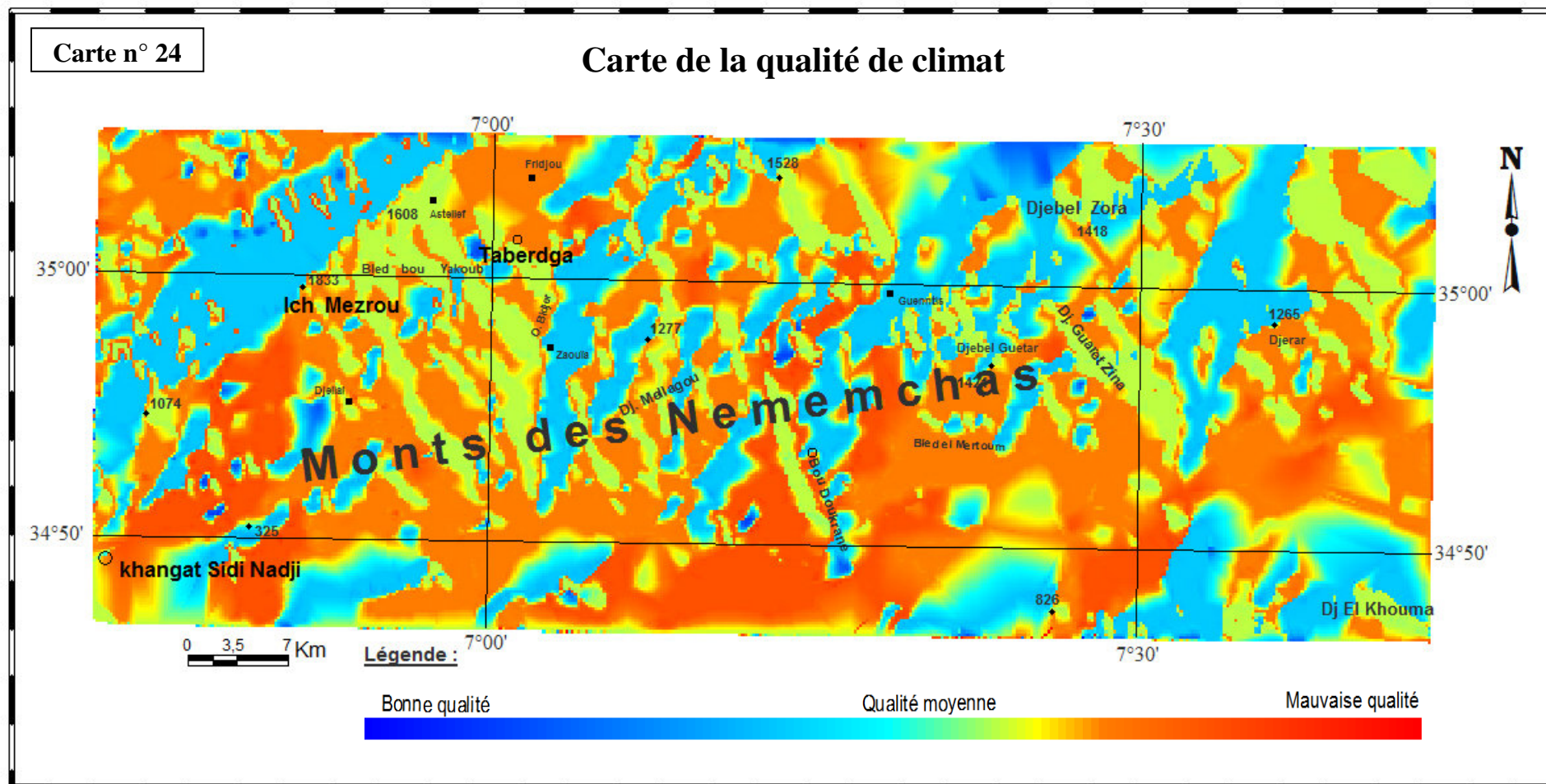
IE : indice d'exposition

La qualité du climat est appréciée par les indices suivants (Tableau n° 36) :

**Tableau n° 36 : Evaluation de l'indice de la qualité de climat.**

Indice de qualité de climat (IQC)	Classe	Description	Couleur	Pourcentage (%)
1 - 1,2	1	Très bonne qualité	Bleu foncé	0,3
1,2 - 1,4	2	Bonne Qualité	Bleu clair	24
1,4 - 1,6	3	Qualité modérer	Jaune ou vert	25
1,6 - 1,8	4	Mauvaise qualité	Orange	25,8
1,80 - 2	5	Très mauvaise qualité	Rouge	24,9





Les deux classes de très bonne et bonne qualité représente que 24,3 % de la surface totale de la zone d'étude, localisent surtout sur la zone de montagne et les Outas, avec un indice de qualité de climat entre 1 et 1,4.

Pour ce qui concerne la classe de qualité modéré, elle couvre presque 25 % de la surface totale, avec un indice de qualité entre 1,4 et 1,6. Cette classe est répartie sur l'ensemble de la zone d'étude entre la zone de montagne et la zone de dépression.

La classe de mauvaise qualité à très mauvaise qualité occupent la plus part de la surface totale avec un pourcentage plus de 50 %, avec un indice de qualité de climat entre 1,6 et 2, localisée surtout dans le sud de la zone d'étude sur la plaine et les terrasses qui caractérisé par un relief assez plat c'est une zone d'épandage de crue et le climat est saharien a hiver doux.

### 5.3.2. Détermination de la qualité de sol

Le sol est un facteur dominant des écosystèmes terrestres dans les régions semi-arides et subhumides sèches, zones humides, en particulier grâce à son effet sur la production de biomasse.

L'indicateur de la qualité du sol pour la cartographie peut être associé à la disponibilité de l'eau, et à la résistance l'érosion.

Les paramètres édaphiques en relation avec la sensibilité à la désertification sont nombreux et variés. La méthodologie s'est limitée à certains paramètres simples, mesurables et influents ; ces paramètres sont : le matériau parental, la profondeur, la texture, la pente. Ces propriétés sont utilisées par la cartographie pour la définition des classes distinctes en ce qui concerne le degré de protection des terres contre la désertification. Les classes et indices des paramètres liés aux qualités du sol sont consignés dans le (Tableau n° 37) suivant :

**Tableau n° 37 : Classes et indices des paramètres liés aux qualités du sol**

Paramètre	Classe	Description	Caractéristique	indice
Matériau parental	1	Cohérent	- calcaires, dolomies, grès non friables, croûte calcaire dure	1
	2	Moyennement cohérent	- marno-calcaire, grès friables	1,5
	3	Tendre à friable	- marnes, argiles, formations sableuses, alluvions et colluvions non consolidés,..	2
Profondeur	1	Très épais	Epaisseur > 1m	1
	2	Moyen à épais	0,5 < Epaisseur < 1 m	1,33
	3	Peu épais	0,25 < Epaisseur < 0,5 m	1,66
	4	Très peu épais	Epaisseur < 0,25 m	2

Pente	1	Douce	<3%	1
	2	Peu Douce	3-12%	1,33
	3	Raide	12-25%	1,66
	4	Très Raide	>25%	2
Texture	1	Peu légère à moyenne	Limono-sableuse, sablo-limoneuse équilibrée	1
	2	Fine à moyenne	Limono-argileuse, Argilo-sableuse, Sablo-argileuse	1.33
	3	fine	Argileuse, Argilo-limoneuse	1,66
	4	grossière	Sableuse à très sableuse	2

La structure de la couche qualité du sol sous Mapinfo se présente de la manière suivante (Tableau n° 38) :

**Tableau n° 38** : La structure de la couche qualité du sol

Champs	valeur	Largeur	Exemple d'une entité largeur
ID	Entier	10	1
LITHOLOGIE	Caractère	50	calcaire
TEXTURE	Caractère	50	AL
PROFODEUR	Flottant	10	60
CLASSE DE PENTE	Flottant	20	1
DRAINAGE	Flottant	20	
IQS	Flottant	20	1.5
SUPERFICIE	Flottant	10	215070

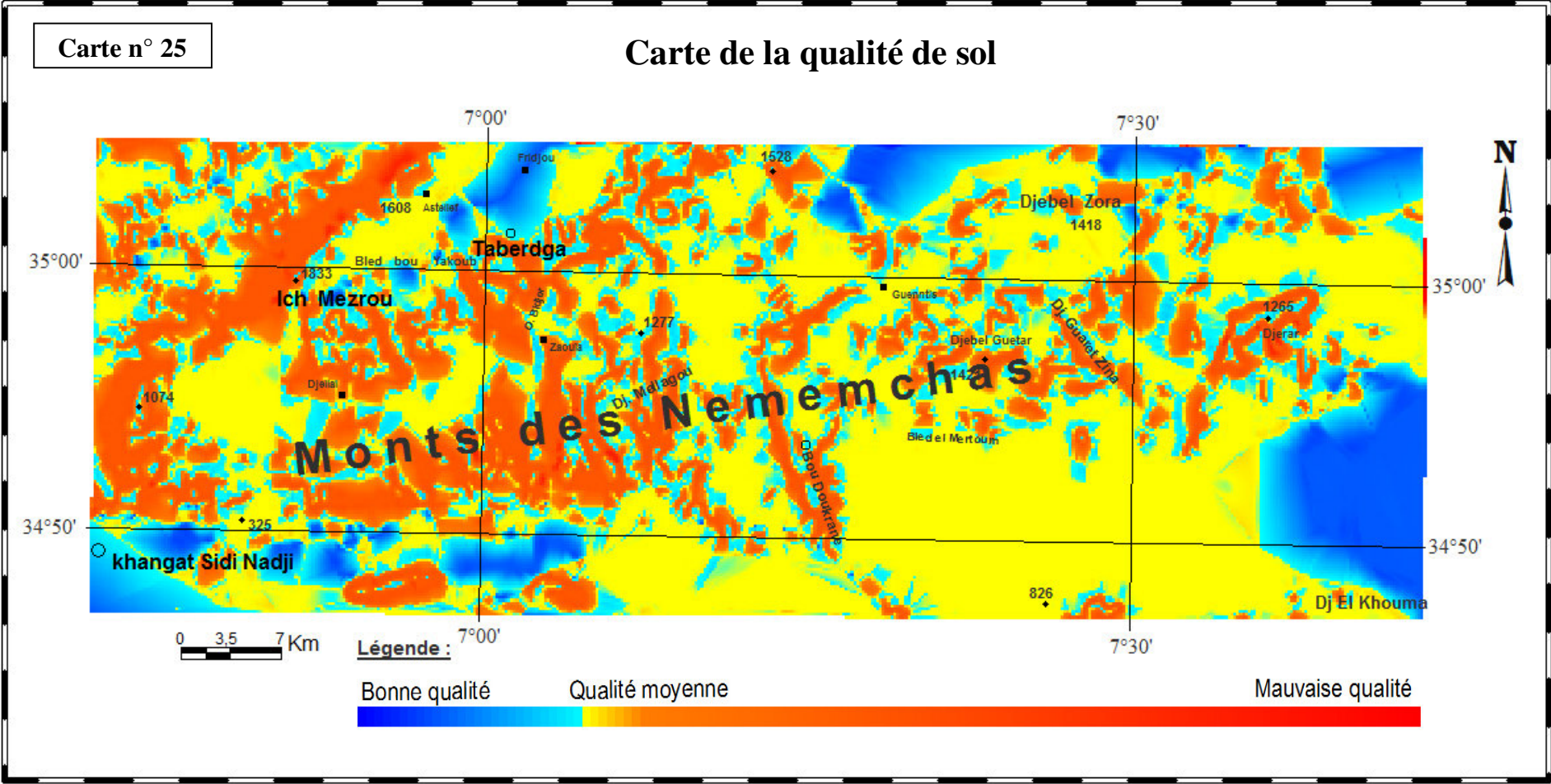
L'indice de la qualité des sols (IQS) est alors calculé comme le produit des attributs ci-dessous, à savoir la texture du sol, matériau parental, la profondeur du sol et la pente. La formule est la suivante :

$$IQS = (texture * \text{matériau parental} * pente * Profondeur) / 4$$

La qualité du sol est appréciée par les indices suivants (Tableau n° 39) :

**Tableau n° 39** : Evaluation de l'indice de la qualité du sol

Indice de qualité de sol (IQS)	Classe	Description	Couleur
<b>0</b>	1	Non classé	Blanc
<1.2	2	Bonne qualité	Blue
1,2 < IQS < 1,4	3	Qualité moyenne	Jaune
1,4 < IQS < 1,6	4	Mauvaise qualité	Orange
1,6 < IQS < 2	5	Très mauvaise qualité	Rouge





La catégorie de bonne qualité, couvre presque 19 % de la surface totale, avec un indice < 1,2. Cette classe est répartie sur une partie Est de la zone d'étude et les régions des Outas au Nord.

Cependant la classe de qualité modérée couvre 43,81% de la surface totale, avec un indice entre 1,2 et 1,4. Cette classe est répartie sur divers emplacements dans la zone d'étude surtout à l'Est sur la zone de piémont et les dépressions.

Les deux classes de mauvaise qualité à très mauvaise qualité occupent le reste de la surface totale avec un pourcentage plus de 37,19 %, avec un indice de qualité de climat entre 1,4 et 2, localisée surtout à l'Ouest et Sud-Ouest sur les régions montagneuses.

### 5.3.3. Détermination de la qualité de végétation

La carte d'occupation du sol a été réalisée à partir des informations cartographiques et alphanumériques. Elle est complétée par plusieurs méthodes telles que l'utilisation de la composition colorée de l'image satellitaire Alsat1 2006, les statistiques agricoles de la zone sont complétés par des études de reconnaissances sur terrain (Il s'agit de multiples vérifications sur terrain), on a exploité aussi le moteur de recherche cartographique : Google-Earth. On a finalement déduit six classes : Forêt dense; Forêt claire, Cultures irriguées; Parcours ; Terrains rocheux ; Sols sableux; Sols nus ; Cours d'eau et terrains humides.

La qualité de végétation est évaluée en termes de risque d'incendie, à la protection contre l'érosion des sols, à la résistance à la sécheresse de la couverture végétale. Ces quatre paramètres influence sur la qualité de la végétation à résister à la désertification.

Dans la zone d'étude les principaux types de végétation sont regroupés en sept catégories en fonction du risque d'incendie. Sept catégories sont également utilisées pour la classification de la végétation en fonction de la protection du sol contre l'érosion. Six catégories sont utilisées pour la classification de la végétation à l'égard de la résistance à la sécheresse.

Enfin, le couvert végétal se distingue en trois classes (Tableau n° 40).

**Tableau n° 40 : Classes et indices des paramètres liés à la qualité de végétation**

	classe	description	Type de végétation	Indice
Risque de feu	1	Faible	Cultures en sec, steppes.	1
	2	Moyenne	Parcours, maquis.	1.5
	3	Elevée	Forêt.	2
Protection contre érosion	1	Faible	Forêt.	1
	2	Moyenne	Parcours, maquis.	1.5
	3	Elevée	Pseudo steppes, cultures en sec	2



Résistance à la sécheresse	1	Elevée	Forêt, culture en irrigué.	1
	2	Moyenne	Parcours, maquis.	1.33
	3	Faible	Steppe	1.66
	4	Très faible	Culture sec, sable	2
Taux de recouvrement	1	Elevée	Forêt, culture en irrigué.	1
	2	Moyenne	Parcours, maquis.	1.33
	3	Faible	Steppe	1.66
	4	Très faible	Culture sec, sable	2

La structure de la couche qualité de la végétation sous Mapinfo se présente de la manière suivante (Tableau n° 41) :

**Tableau n° 41:** La structure de la couche de végétation

Champs	valeurs	largeur	Exemple d'une entité
ID	Entier	10	1
FORMATIONS	Caractère	30	parcours
RISQUE DE FEU	Flottant	10	1
PROTECTION CONTRE L'EROSION	Flottant	10	2
RESISTANCE A LA SECHERESSE	Flottant	10	1.7
TAUX DE RECOUVREMENT	Flottant	10	1.6
IQV	Flottant	10	1.2
SUPERFICIE	Flottant	10	215070

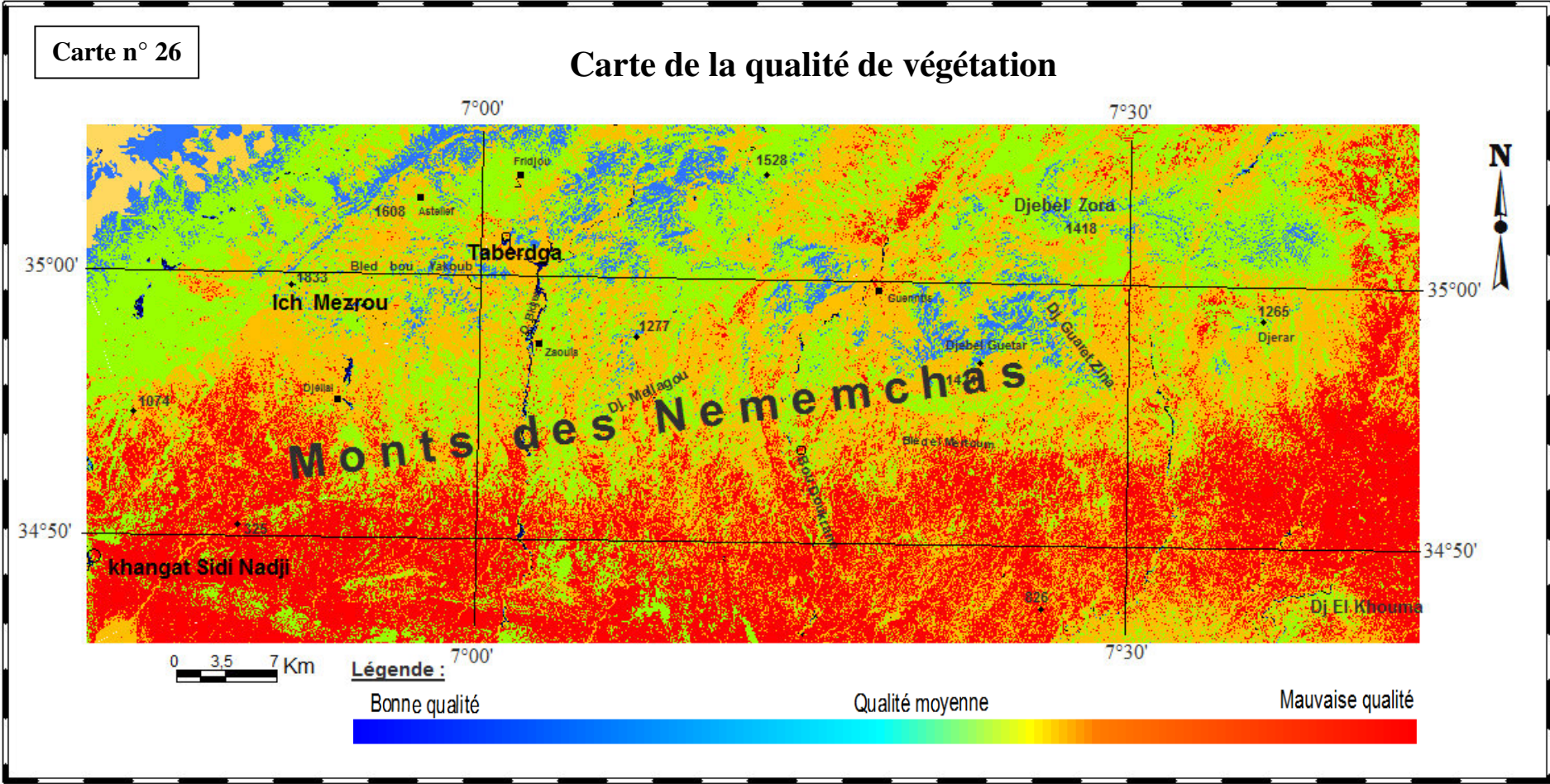
L'indice de la qualité de la végétation évalue le produit de la végétation (déjà cité) et ces caractéristiques liées à la sensibilité à la désertification en utilisant la formule suivant :

$$IQV = (\text{Risque de feu} * \text{Protection contre érosion} * \text{Résistance a la sécheresse} * \text{Taux de recouvrement})^{1/4}$$

Par la suite, l'indice de la qualité de la végétation est classé en trois catégories définissant la qualité de la végétation face à la désertification (Tableau n° 42).

**Tableau n° 42 :** Evaluation de l'indice de la qualité de végétation

Indice de qualité de végétation (IQV)	Classe	Description	Couleur
1 - 1,2	1	Très bonne qualité	Bleu foncé
1,2 - 1,4	2	Bonne qualité	Bleu clair
1,4 - 1,6	3	Qualité modérer	Vert claire
1,6 - 1,8	4	Mauvaise qualité	Orange
1,80 – 2	5	Très mauvaise qualité	Rouge



La classe de très bonne qualité couvre la plus petite partie, avec 0.87% de la surface totale, avec un indice de qualité inférieur à 1,2. Cette classe concerne seulement les cultures irriguées de faible surface qui sont réparties essentiellement sur les bordures des cours d'eau.

La classe de bonne qualité occupe 6,32 %, avec un indice de qualité de végétation entre 1,2 et 1,4. Cette classe est localisée au Nord-Ouest de la zone d'étude sur les formations forestières.

Cependant la classe de qualité modérée couvre 19,18 % de la surface totale, avec un indice entre 1,4 et 1,6. Cette classe est répartie sur divers emplacements dans la zone d'étude surtout sur les piémonts et les parcours steppiques.

Pour la mauvaise classe et la très mauvaise qualité, occupent la plus importante superficie qui représente plus de deux tiers (73,63 %). Cette classe est occupée par des parcours qui sont presque dénudés sur les sols nus rocheux et sableux.

#### 5.3.4. Détermination de la qualité socioéconomique

Après avoir défini le type d'utilisation du sol dans certaines unités de terre, puis l'intensité de l'utilisation des terres, la politique sur la protection de l'environnement est évaluée pour le type particulier de l'utilisation des terres.

L'intensité d'utilisation des terres est classée selon les paramètres suivants : les Terres agricoles, le pâturage, les Zones naturelles, Zones minières, les Zone de loisirs,

Les politiques relatives à la protection de l'environnement sont classées en fonction de leur degré dans lequel ils sont appliqués pour chaque cas de l'utilisation des terres.

Deux classes ont été finalement définies (Tableau n° 43)

**Tableau n° 43 : Classes et indices des paramètres liés à la qualité de socioéconomique**

	classe	description	Caractéristique	indice
Intensité de population	1	faible	< 8	1
	2	Moyenne	8 – 15	1.5
	3	élevée	> 15	2
Intensité de cheptel	1	faible	< 20	1
	2	Moyenne	20 – 50	1.5
	3	élevée	> 50	2

L'indice de la qualité socioéconomique est évalué en fonction du produit de l'intensité d'utilisation des terres et l'application de la politique de protection de l'environnement.

$$IQE = (\text{intensité de population} * \text{intensité de cheptel})^{1/2}$$

Le Tableau suivant (44) présente les classes et les indices de la qualité socio économique.

**Tableau n° 44** : Indices et classes de la qualité socio économique

Indice de qualité de climat (IQE)	Classe	Description	Couleur
1 - 1,2	1	Très bonne qualité	Bleu foncé
1,2 - 1,4	2	Bonne qualité	Bleu clair
1,4 - 1,6	3	Qualité modérer	Jaune
1,6 - 1,8	4	Mauvaise qualité	Orange
1,80 – 2	5	Très mauvaise qualité	Rouge

Les classes de très bonne qualité et bonne qualité sont réparties sur la région Est et Sud-Est de la zone d'étude, elles représentent 37,5 %. Ces classes caractérisent par une faible densité de population avec un taux d'emploi agricole faible qui appartient sur la densité faible de cheptel.

La qualité modérée occupe 32,4 %. Elle répartie au Nord et sur la région de Chechar, elle caractérise par densité moyenne de population et une activité agricole modérée.

D'autre part la classe de mauvaise qualité répartie généralement sur les reliefs de l'Ouest, caractérise par une forte densité de population et nombre de cheptel élevé qui influe sur l'occupation des terres dans cette région, elle représente 31,1 % de la surface totale.

### 5.3.5. L'élaboration de la carte de sensibilité a la désertification

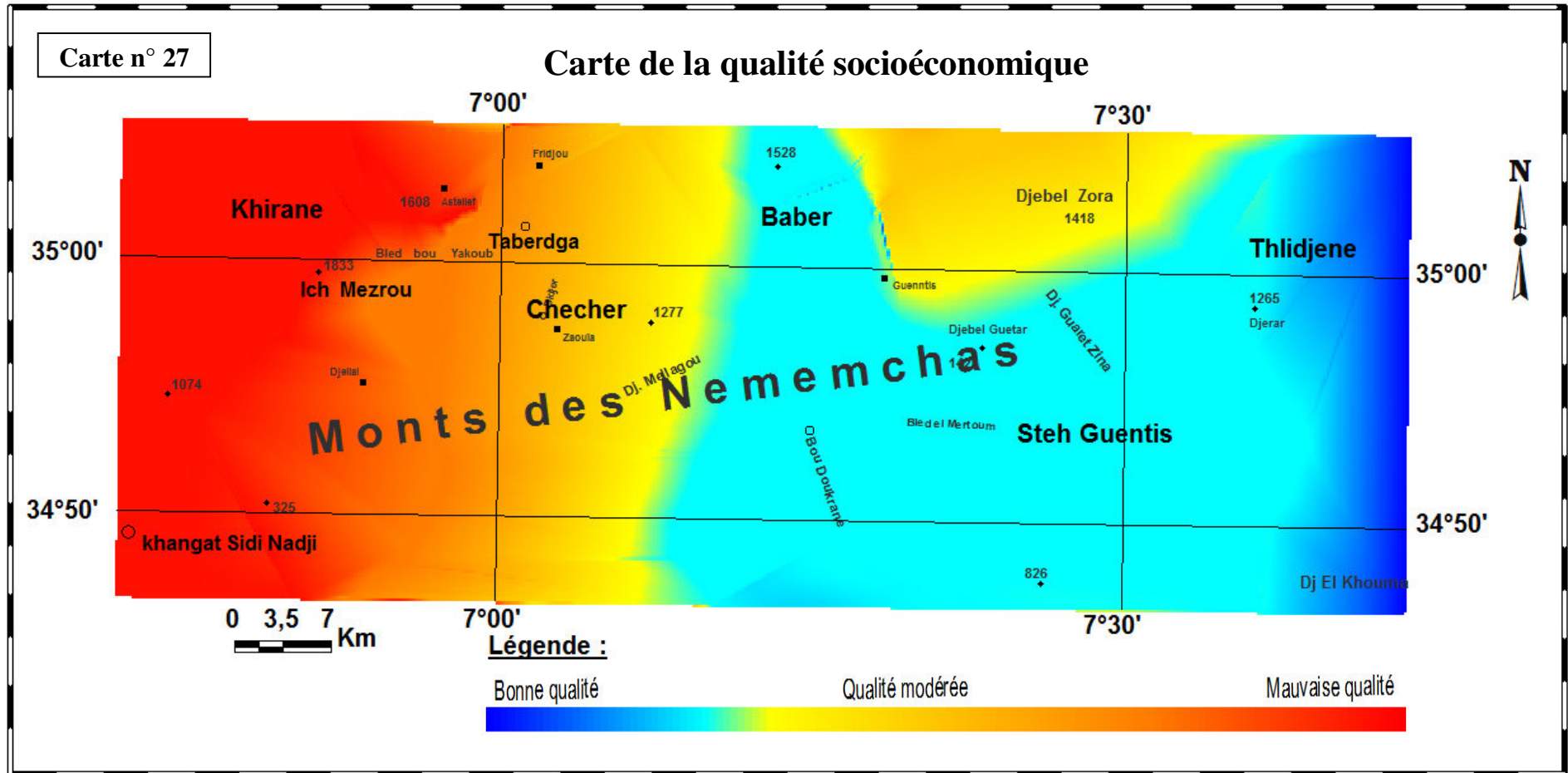
Les quatre couches de la qualité des indicateurs de la désertification déjà citées ont été superposées par l'option « overlay.mbx » sur Mapinfo. L'élaboration de la carte de synthèse de sensibilité à la désertification a été l'aboutissement de plusieurs combinaisons entre les différentes couches. La succession des différentes opérations est déroulée de la manière suivante :

Tout d'abord, la couche de qualité du sol a été obtenue par superposition des couches suivantes : textures, drainage, profondeur, pente et lithologie. Une fois cette couche est réalisée, on a procédé à un premier croisement entre cette couche et celle de la qualité du climat (croisement1). Par la suite, la couche de la qualité de la végétation a été superposée à celle de la qualité socio économique (croisement 2). La dernière étape était la superposition du croisement 1 et le croisement 2 pour l'élaboration de la carte de sensibilité à la désertification.

En dernier lieu, les quatre indices dérivés sont multipliés pour l'évaluation de l'indice de sensibilité à la désertification (**ISD**) comme suit :

$$(ISD) = (IQS * IQC * IQV * IQE) ^{1/4}$$







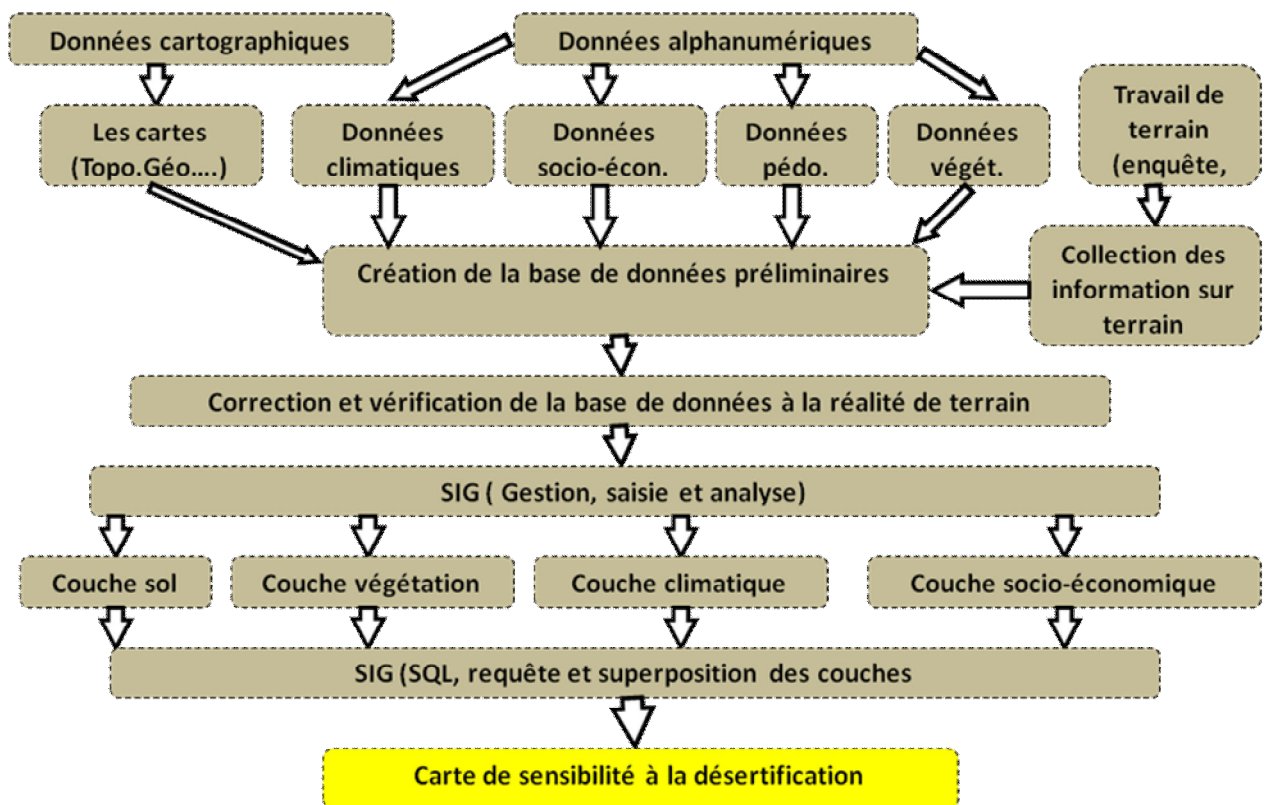
La vulnérabilité à la désertification est évaluée selon la valeur des indices suivants (tableau n° 45).

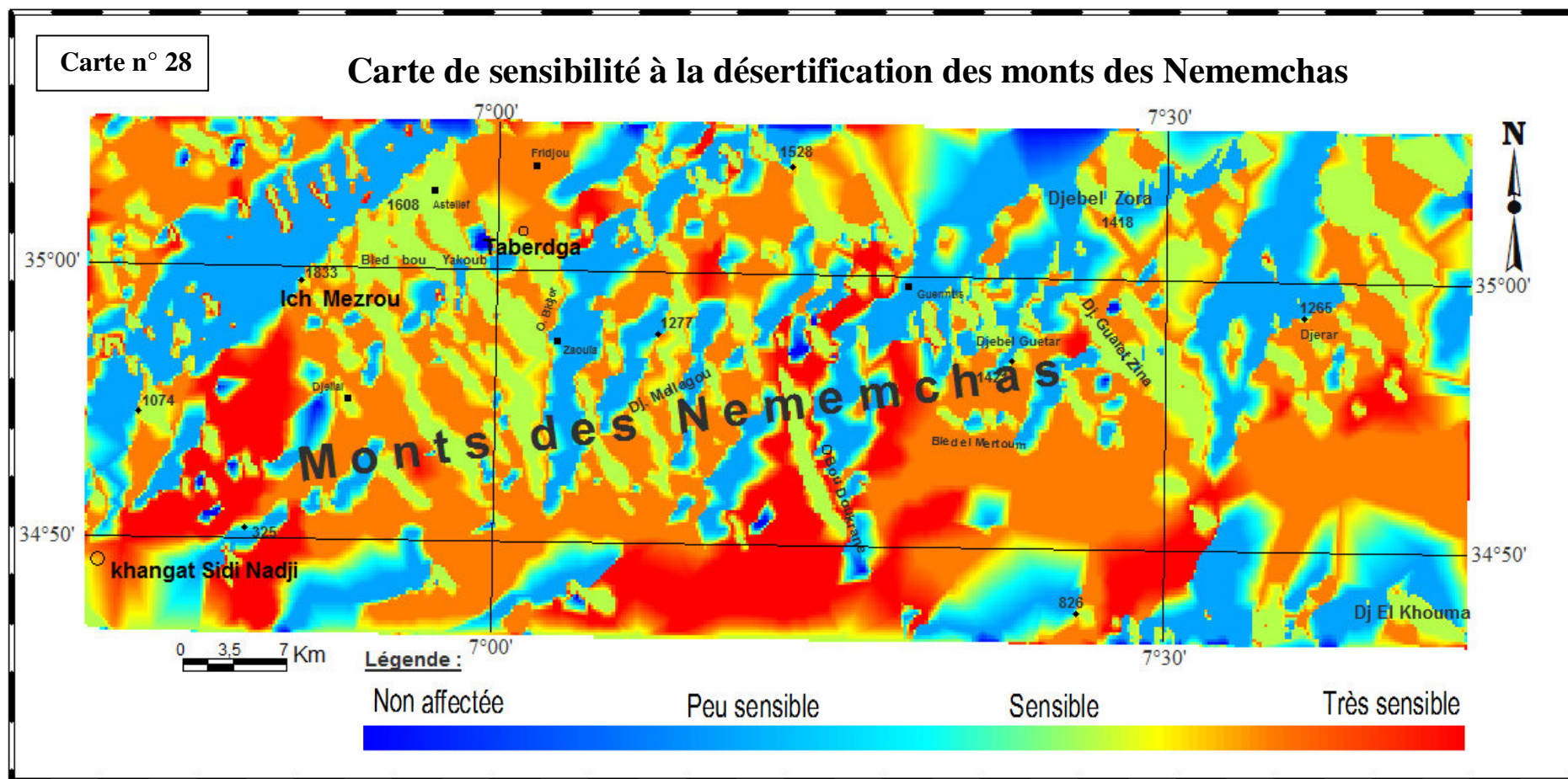
**Tableau n° 45** : Indices de la sensibilité à la désertification

Indice de la sensibilité à la (ISD)	Classe	Description	Couleur
0 – 1,22	1	Non affectée	Bleu foncé
1,23 - 1,30	2	Peu sensible	Blue claire
1,31 - 1,40	3	Sensible	Vert à orange
1,41 - 2	4	Très Sensible	Rouge

Une fois la classification achevée il ne nous reste plus qu'à faire l'habillage de la carte selon les règles de base de la cartographie (flèche du nord, quadrillage, légende, barre d'échelle...)

**Fig. n° 32** : Organigramme méthodologique de réalisation de la carte de sensibilité à la désertification (Benmessaoud, H. 2008)





Les zones non affectées ont la plus faible superficie, elles représentent 7,80 % de la surface totale, avec un indice de sensibilité entre 0 et 1,22. La localisation de cette classe de sensibilité généralement est au Nord de la zone d'étude.

Les zones peu sensibles représentent 17,73 % de la surface totale, avec un indice de sensibilité entre 1,23 et 1,30, se localise essentiellement sur la zone des Outas et les dépressions utilisées dans l'agriculture collectif dense.

La classe sensible est répartie partout, elle bien répandue dans les zones de montagnes et faiblement au sud sur les zones de piémont, elle représente par 39.64 % de la surface totale de la zone, son indice varie entre 1.31 et 1.40. Cette sensibilité affecte surtout les maquis et les zones de parcours, les causes de la sensibilité de ces zones sont de la mauvaise qualité du sol et de la végétation, c'est-à-dire que les maquis sont très claires et très dégradés présentant des signes de surpâturage très nets ont été également considérés comme terrain de parcours étant donné leur utilisation actuelle et les parcours sont presque dénudés et constitués par une végétation caractéristiques des parcours sahariens.

Cette sensibilité est due aussi à la qualité modérée socioéconomique parce que, à partir de l'évolution démographique on relève que ces zones sont actives notamment au niveau des zones éparses.

Les zones très sensible représentent 34,83 % de la surface totale avec un indice varie entre 1,41 et 2. La répartition de cette classe est localisée surtout dans le sud de la zone d'étude, cette classe est considérée comme désertique vu le climat saharien dominant, une mauvaise qualité du sol, de végétation et une mauvaise qualité socioéconomique qui revient à l'intensité de pâturage, la faible activité agricole et l'absence d'un recouvrement végétal suffisant pour la protection du sol en raison de la dominance des terres nues sableux dans cette zone.

#### **5.4. Recommandations et actions territoriales**

La lutte contre la désertification des parcours steppiques, la préservation de leurs ressources naturelles et l'amélioration des conditions d'existence des populations qui en vivent n'est plus un objet de débat pour l'Algérie, c'est une priorité nationale. C'est plutôt la résolution de la difficile équation entre la préservation durable des ressources de ces parcours et la promotion d'un développement socialement durable des populations, qui interpelle, aujourd'hui plus que jamais, les décideurs politiques et les scientifiques. C'est d'ailleurs, cette difficulté qui explique, en partie, les résultats mitigés des politiques publiques de lutte contre la désertification des parcours steppiques, malgré la volonté affichée par les pouvoirs publics et les moyens relativement importants qui ont été et qui sont encore engagés.

Ce phénomène constitue le résultat de conjugaison de plusieurs facteurs intervenant mais les pratiques agricoles et d'élevage sont parmi les causes majeures de la désertification des parcours steppiques. Leur responsabilité dans la dégradation du couvert végétal et dans l'accélération du phénomène d'érosion des sols, est aujourd'hui admise par l'ensemble des acteurs, y compris les agro-pasteurs. La lutte contre la désertification de la steppe passe nécessairement par la modification de ces pratiques chez l'agro-pasteur et par l'intégration du principe de l'exploitation durable des parcours comme pilier du système de production agro-pastoral et donc comme objectif important des politiques publiques de lutte contre la désertification et de développement de la steppe. Ce principe sous-tend, conservation, amélioration et exploitation. Comment changer les pratiques et faire évoluer les systèmes de production agro-pastoraux d'une logique d'exploitation minière des ressources vers une logique agro-écologique où exploitation et conservation seraient intégrées à travers un ensemble de pratiques cohérentes et complémentaires ?

Le bilan des politiques publiques de lutte contre la désertification reste en dessous des objectifs escomptés et l'ampleur de la désertification en est la preuve. L'étude diachronique de l'état du recouvrement végétal de la steppe dans les Nememchas fait ressortir une dégradation du barrage vert.

Les limites de ces politiques peuvent être regroupées en deux catégories. La première concerne l'absence d'une approche globale de développement de la steppe. Ainsi, cet espace se voit appliqué les mêmes programmes et actions de développement agricole prévus dans d'autres régions, sans considération de ses spécificités naturelles et socio économiques. La seconde catégorie de limites des politiques publiques a trait à l'absence d'une approche intégrée, cohérente et pérenne de lutte contre la désertification au niveau local. Les actions de réhabilitation des parcours sont souvent sporadiques, sans ancrage dans une vision de développement local qui tienne compte des multiples facettes de la problématique de développement du territoire. Par ailleurs, ces actions sont imposées à des agro-pasteurs qui se retrouvent privés d'une partie des parcours qu'ils exploitent habituellement.

La recherche-action engagée par le présent projet tente de contribuer à la résolution de la problématique de dégradation des parcours, à travers une analyse approfondie de ses déterminants socioéconomiques, institutionnels, techniques et naturels et l'expérimentation, avec la participation de l'ensemble des acteurs concernés, de certaines solutions dont le choix et la réalisation sont faits de manière collaborative.

#### **5.4.1. Proposition : l'agro-pastoralisme intégré « un choix concerté »**

Afin de produire des éléments pratiques d'aide à la décision en termes de manières de penser les interventions publiques de lutte contre la désertification des parcours steppiques, nous avons retenu la démarche de la recherche action participative (Genram, 2010), avec implication active du maximum d'acteurs. L'objectif de ce processus est double : une démarche participative de conception et de réalisation d'un projet de développement intégré et quelques « modèles types » pour un développement raisonné des systèmes de production agro-pastoraux.

##### **1) La démarche des modèles intégrés de changement :**

Trois des principaux facteurs d'achoppement des politiques publiques de lutte contre la désertification sont à l'origine du choix de la recherche action participative. Le premier est l'acceptabilité des solutions techniques proposées pour lutter contre la désertification. Le second concerne la pertinence/efficacité des solutions techniques et le troisième porte sur la manière de considérer le problème de la dégradation des parcours, habituellement traité de manière isolée alors qu'il est vécu par les agro-pasteurs comme une composante de leur problématique de survie. Ainsi, l'objectif de cette démarche est de créer les conditions pour l'émergence d'approches qui traitent le problème de la désertification dans une perspective de développement plus globale et intégrée et ce, à travers la mobilisation d'options de solutions appropriées et acceptées par les agro-pasteurs. Il est donc question de créer un cadre d'apprentissage collectif orienté vers la résolution de la problématique de la dégradation des parcours, pour lequel l'ambition de constituer un espace de réflexion et d'expérimentation participative, a été affichée par l'équipe du projet, dès le départ.

##### **2) La construction d'un partenariat avec les agro-pasteurs :**

Les agro-pasteurs s'engagent à constituer un collectif de sages qui participera à toutes les étapes du processus participatif du changement. De son côté, les chercheurs s'engagent à assurer la facilitation dudit processus en mobilisant l'ensemble des partenaires concernés, à appuyer les agro-pasteurs dans la mobilisation des fonds pour la concrétisation des options de lutte contre la désertification résultant de ce processus et à alimenter ce dernier en analyses et données techniques.

##### **3) Analyse participative du problème de la désertification :**

Pour aboutir à une vision commune du problème de la désertification et de ses causes et conséquences sur les conditions de vie de la population dans les monts de Nememchas, il faut penser à des réflexions d'échange entre les différents acteurs et les représentants de la



population ainsi que ceux des institutions de développement et des autorités municipales. Ce groupe formera, le comité local des expérimentateurs

Les résultats escomptés de cette démarche peuvent être résumés en trois consensus, laborieusement construits, sur les causes, essentiellement anthropiques, du phénomène de la désertification des parcours, sur l'enjeu majeur que constitue le combat contre ce phénomène pour l'avenir de la région, et enfin, sur la nécessité de changer les pratiques actuelles pour lutter efficacement contre la désertification.

#### **4) Réhabilitation des parcours steppiques :**

Cinq options différentes mais non exhaustives ont été retenues pour réhabiliter les parcours et renforcer la rentabilité des systèmes de production. Elles reflètent cinq situations souhaitées, sur la base des spécificités agro-écologiques et socioéconomiques de la zone d'étude et du contexte propre des concernés. D'autres configurations restent donc envisageables.

Les cinq modèles en question sont :

- a. Élevage pastoral individuel avec pâturage raisonné, arboriculture fruitière extensive, céréaliculture pluviale raisonnée et fourrages irrigués à partir d'un forage collectif.
  - ✓ La réhabilitation des parcours et l'amélioration de leur exploitation,
  - ✓ L'introduction d'une arboriculture fruitière rustique,
  - ✓ La production de fourrages en irrigué, avec des techniques économisatrices d'eau à partir d'un forage collectif,
  - ✓ L'introduction de nouvelles techniques en céréaliculture (semis direct des céréales, bandes intercalaires avec Atriplex)
- b. Élevage pastoral individuel avec pâturage raisonné, arboriculture fruitière extensive, céréaliculture pluviale raisonnée et culture fourragère irriguée à partir d'un puits individuel. Ce modèle se distingue du premier par une seule variante : le type et le statut de la source d'eau qui est individuelle et moins importante.
- c. Élevage pastoral extensif individuel avec pâturage et céréaliculture pluviale raisonnés. Ce modèle vise une simple amélioration du système agro pastoral traditionnel par les innovations suivantes :
  - ✓ La réhabilitation des parcours et l'amélioration des modes de leur exploitation (gestion raisonnée de la charge et du calendrier d'exploitation des parcelles),
  - ✓ L'introduction de nouvelles techniques en céréaliculture pluviale (culture en bandes intercalaires avec Atriplex).
- e. Élevage pastoral extensif collectif avec pâturage et céréaliculture pluviale raisonnés. Ce modèle introduit trois innovations, dont les deux premières sont similaires à celles

du modèle précédent, alors que la troisième lui est spécifique. Il s'agit de définition d'une forme de partenariat entre deux catégories d'acteurs différents, les agro-pasteurs résidents sur parcours et possédant peu de terres et ceux propriétaires de terre mais non-résidents sur les parcours. Le partenariat consiste en la constitution d'une association d'élevage et porte sur le cheptel ovin et les terres de parcours.

- f. Élevage individuel, pastoral semi intensif, avec système de pâturage raisonné et apport externe d'aliments de bétail. Ce modèle permettra d'étudier la rentabilité de l'option de la reconversion de l'élevage pastoral en un élevage intensif ou semis intensif, dépendant principalement de l'aliment acheté.

#### **5.4.2. Recommandations**

Pour que ces propositions produisent un impact significatif dans le domaine de la lutte contre la désertification et du développement durable de la steppe dans les Monts de Nememchas, de nombreux préalables sont requis. Nous citerons :

- ✓ La production de solutions techniques pour les différents contextes de la steppe, acceptables, facilement mobilisables et transférables en milieu réel.
- ✓ La promotion de plateformes de partenariat multi acteurs (recherche/développement/décideurs/population) pour le traitement des problématiques complexes.
- ✓ Le renforcement de l'encadrement du développement local par la formation, une meilleure dotation en moyens et par l'instauration d'incitations.
- ✓ La promotion de l'initiative locale dans la conception et l'orientation du développement rural des territoires steppiques, comme pour les autres territoires, d'ailleurs.
- ✓ L'encadrement de l'initiative locale par une politique globale de développement de la steppe qui spécifie les grands objectifs pour chacune des sous régions steppiques ainsi que les mécanismes d'intervention, mais qui laisse une marge de liberté aux agents locaux dans la proposition des actions de développement spécifiques et adaptées.

#### **Conclusion :**

La région des Nememchas constitue un milieu steppique très sensible à la désertification, qui nécessite un processus d'apprentissage collectif pour explorer et innover de nouvelles approches de développement, pensées dans une perspective agro-écologique intégrée et qui soient socialement acceptées, est riche en enseignements tant sur le processus lui-même que sur le contenu. Par ailleurs il faut prendre en compte la preuve que des solutions existent, bien qu'elles exigent beaucoup d'efforts et la difficile implication de l'ensemble des parties prenantes.



*Conclusion*  
*générale*

## CONCLUSION GENERALE

---

En générale, la désertification est l'un des risques majeurs qui menace les régions à climat méditerranéen dans l'étage aride et semi-aride.

La région des monts des Nememchas est très touchée par ce phénomène dont la plus grande partie de cette zone est très dégradée, et plusieurs facteurs et leurs articulations dans l'espace et le temps ont été la cause de cet état de forte sensibilité à la désertification, et parmi les principaux ces facteurs qui sont très importants le mauvaise qualité de climat de cette région et l'intensité de l'activité socioéconomique soit sur l'activité agricole où bien l'activité pastorale qui sont très élevés par apport à la faiblesse de qualité de sol et le couvert végétal.

Les technologies d'observation de la Terre (Télédétection) jouent un rôle principal dans notre étude, sur la modélisation et le suivi du phénomène de dégradation à des échelles spatiales et temporelles variables, et sur une base objective, exhaustive et permanente. Cependant l'étude des niveaux de vulnérabilité, des différentes entités d'occupation des sols, n'a été établi que par le traitement d'image.

Les résultats des cartes d'occupation de sol montrent la dégradation très élevé durant la période de 25 ans, et indique une dégradation élevée des parcours steppiques et du forêt d'une part et d'autre part une grande augmentation dans les surfaces des sols nus des terrains sableux et rocheux. Cette dégradation est liée directement à la conjugaison des différents facteurs de désertification.

L'outil (SIG) est utilisé pour cartographier, traiter et effectuer des synthèses sur les données thématiques ou pour établir des relations mathématiques fonctionnelles entre l'espace et les thèmes grâce aux requêtes statistiques dans sa propre base de données. Les acteurs de l'écosystème steppique trouvent dans le (SIG) un moyen pertinent des résultats obtenus pour prendre les mesures qui s'imposent et de faire prendre conscience de l'importance du milieu naturel en faisant ressortir les sites caractéristiques à protéger et ceux qui sont menacés. Les parcours exploités ont atteint un seuil critique de dégradation. Cela nécessite des travaux à la fois sur les pâturages naturels (régénération, reboisement, mise en défens) et sur la modernisation de la gestion des élevages. Il est donc urgent de prendre des mesures pour remédier à ces problèmes et permettre aux éleveurs d'améliorer les performances zootechniques et la productivité de leurs troupeaux en tenant compte de tous les facteurs du milieu.

## CONCLUSION GENERALE

---

Il s'avère donc nécessaire, pour le succès des plans d'aménagement et de lutte contre la dégradation de l'environnement, de développer une approche intégrée et participative de tous les acteurs concernés et d'essayer de répondre aux attentes des populations locales et de satisfaire leurs besoins prioritaires. D'où l'intérêt de concilier les besoins du développement et les impératifs de protection de l'environnement.

Enfin, cette étude présente la première carte des risques de sensibilité à la désertification dans les monts des Nememchas, où les enjeux environnementaux sont élevés, et qui reste un document d'aide à la décision.



## Références bibliographiques :

- 1) **ANAT, 2004.** Carte bioclimatique de l'Algérie. (Agence Nationale de l'Aménagement du Territoire).
- 2) **Bedrani, S. 1998.** Désertification et emploi en Algérie. In les Cahiers du CREAD, n° 4.
- 3) **Benmessaoud, H. 2008.** étude de la vulnérabilité à la désertification par des méthodes quantitatives numériques dans le massif des Aurès (Algérie) (Thèse de doctorat).
- 4) **Benrebaha et Bouabdellah, 1992.** Note sur l'état des parcours steppiques en Algérie. Sem. Inter. Du Réseau parcours P25-28
- 5) **Bensaid, A. 2006.** SIG et télédétection pour l'étude de l'ensablement dans une zone aride: Le cas de la Wilaya de Naâma (Algérie). Thèse de Doctorat de l'université Joseph Fourier-Grenoble1.
- 6) **Bensaid, S. 1995.** Bilan critique du barrage vert en Algérie. *Sécheresse (Paris)*.
- 7) **Bensaid, A. et Smahi, Z. 2003.** Utilisation de la télédétection et des SIG pour l'aide à la surveillance du risque de dégradation des parcours steppiques. *Revue Télédétection*, n° 5, Vol. 3. ISSN : 1028-7736.
- 8) **Bensouiah, R. 2003.** La lutte contre la désertification dans la steppe algérienne : les raisons de l'échec de la politique environnementale Communication aux 15ème Journée de la Société d'écologie humaine Marseille, décembre 2003.
- 9) **Benouis, N. 2006.** Contribution à l'étude de l'impact des effets climatiques et anthropiques sur l'avancement du cordon dunaire d'Ain-Sefra, proportion d'aménagement Mémoire Ing. Foresterie Univ. Tlemcen.
- 10) **Berkane, A. 2004.** projet de recherche (la désertification dans les Aurès. cas des piémonts sud et sud – ouest Université de Batna, faculté des Sciences département d'Agronomie.
- 11) **Bessaoud O.; Bourbouze A. et Campagne P. 2000 :** Problématique de développement rural des zones sèches dans la région Moyen Orient et Afrique du Nord. Contribution à la mise à jour du rapport «From vision to action for rural development», la Banque Mondiale, Washington.
- 12) **Bouabdellah, H. 1991.** Dégradation du couvert végétal steppique de la zone sud-ouest oranaise (Le cas d'El Aricha). Université d'Oran, Institut de géographie et de l'aménagement du territoire.
- 13) **Bouhata, R. 2007.** Analyse de la dynamique des sebkhas et son impact sur la dynamique du risque d'inondation dans les dépressions endoréiques situé entre Zana et Madghassen à l'aide de l'imagerie satellitaire LANDSAT. (Mémoire de magister)
- 14) **Cari. 2003.** La désertification : un tiers des terres de la planète menacé (CARI : centre d'action et de réalisations internationales.)
- 15) **Christien, L. Jean-Luc, S. 2008.** Les risques naturels majeurs, édition scientifique collection géosciences.
- 16) **Cote, M. 2003.** Société d'étude et de recherche sur L'Aurès antique, revues annuelle N° 1 Paris.

- 17) **Cornet. A, 2002.** La désertification à la croisée de l'environnement. Un problème qui nous concerne. Johannesburg. Sommet Mondial de Développement Durable. Quels enjeux, quelle contribution des scientifiques? Ministère des Affaires Etrangères, A DPF, Paris, p207.
- 18) **CSFD. 2005.** La lutte contre la désertification. Un bien public mondial environnemental. Des éléments de réponse. Les dossiers thématiques, n° 1, p32.
- 19) **Demangeot J. ?:** Les milieux naturels désertiques. Paris, Centre de Documentation Universitaire (CDU).
- 20) **Djebaili. S, 1978.** Recherches phytosociologiques sur la végétation des hautes plaines steppiques et de l'Atlas saharien algérien. Thèse doctorat es sciences, université Montpellier.
- 21) **Djebaili. S, 1984.** Steppe Algérienne phytosociologie et écologie. Alger, office des publications universitaires, 178 p.
- 22) **Djallouli. Y, 1981:** Etude climatique et bioclimatique des hautes plateaux du sud oranais (wilaya de Saïda). Thèse doct. 3ème cycle, USTHB. Alger. 178p.
- 23) **Djellouli. Y et Nedjraoui. D, 1995.** Evolution des parcours méditerranéens. In pastoralisme, troupeau, espaces et société.
- 24) **DGF. Direction Générale des Forêts, 2004,** Rapport national de l'Algérie sur la mise en oeuvre de la Convention de Lutte contre la Désertification. DGF, Alger, septembre 2004. [En ligne] <http://www.unccd.int/cop/reports/africa/national/2004/algeria-fre.pdf>
- 25) **Daoudi. A, Benterki. N et Terranti. S, 2010.** La lutte contre la désertification des parcours steppiques en Algérie : l'approche du développement agro-pastoral intégré. ISDA 2010, Montpellier 28-30 Juin 2010.
- 26) **Emberger. L, 1942:** Une classification biogéographique des climats. Rev. Trav. Lab. Bot. Montpellier.7: 3-43
- 27) **Emberger. L, 1955.** Une classification biogéographique des climats. Recherche. Travaux. Lov. Géol. Bot. Zool. Fasc. Sci. Montpellier.
- 28) **FAO, 1960.** La défense contre l'érosion éolienne. Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome.
- 29) **FAO-Unesco. 1976.** Carte mondiale des sols au 1/5.000.000. Volume VI : Afrique
- 30) **Habibi, Y. 2011.** Apport de la géomatique pour l'évaluation du risque d'érosion hydrique des sols dans le bassin versant de Bouzina. (Mémoire de magister)
- 31) **Halitim, A. 1985.** Contribution à l'étude des sols des zones arides (Hautes plaines steppiques de l'Algérie). Morphologie, distribution et rôles des sels. Thèse Doctorat es sciences. Univ. de Rennes.
- 32) **Halitim, A. 1988.** Sols des régions arides. OPU, Alger.
- 33) **Guyot. G, 1989.** Signatures spectrales des surfaces naturelles, coll « Télédétection satellitaire », Paradigme
- 34) **Guyot, G., 1995.** La réflectance des couverts végétaux, Photo-interprétation, p 157-174
- 35) **Kalla, M. 1995.** Recherche géomorphologiques dans le massif de Nememchas (Algérie). Thèse de doctorat de l'université de Paris VII
- 36) **LE HOUEROU H. N. (1973) :** Ecologie, démographie et production agricole dans les pays méditerranéens du tiers-monde. Options Méditerranéenne- Février- N°17

- 37) **LE HOUEROU. H.N, 1979:** La désertification des régions arides. La recherche, 10.
- 38) **LE HOUEROU H.N. (1980) :** Impact de l'homme et des animaux sur la forêt méditerranéenne, vol II , N°1.
- 39) **Le Houérou, H.N. 1993.** Changement climatique et désertisation.
- 40) **Mainguet, 1990.** La désertification : une crise autant socio-économique que climatique.
- 41) **Nahal I. (1975):** Principe de conservation du sol. Masson et C<sup>le</sup>, éditeurs, Boulevard Saint – Germain. Paris VI
- 42) **Nedjraoui D. 1981 :** évolutions des éléments biogènes et valeurs nutritives dans les principaux faciès de végétation des hautes plaines steppiques de la wilaya de Saïda. Thèse 3<sup>ème</sup> cycle, USTHB, Alger, 156 p.
- 43) **Nedjraoui. D et Bédrani. S, 2008.** « La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte », Vertig O - la revue électronique en sciences de l'environnement, V.8 N1. URL : <http://vertigo.revues.org/5375>
- 44) **Ousseddik, A., Iftene, T. & Zegrar, A. 2003.** Réalisation par télédétection de la carte d'Algérie de sensibilité à la désertification. *Sécheresse*, 14 : 195-201
- 45) **Pouget. M., 1980.** Les relations sol-végétation dans les steppes Sud-algéroises. Trav. Doc. ORSTOM. : 116 : 1-555 [Thèse Doct. Etat, Univ. Aix-Marseille, 1979].
- 46) **Rognon P. 1995 :** ‘La désertification’. In : Désertification et aménagement au Maghreb, Edition l'Harmattan, Paris.

## Liste des cartes :

N°	Intitulé	page
01	Localisation approximative du barrage vert en Algérie	23
02	Localisation des monts des Nememchas	32
03	Vue 3D des monts des Nememchas	35
04	Carte hypsométrique des monts des Nememchas	37
05	Carte des pentes des monts des Nememchas	39
06	Carte d'exposition des versants des monts des Nememchas	41
07	Carte géologique des monts des Nememchas	44
08	Carte de réseau hydrographique des monts des Nememchas	46
09	Carte de végétation des monts des Nememchas	50
10	Carte pédologique des monts des Nememchas	52
11	Carte pluviométrique des monts des Nememchas	62
12	Carte d'aridité des monts des Nememchas selon DE MARTON	69
13	Carte de répartition de la densité des populations	74
14	Carte de répartition de la densité des cheptels	80
15	Composition colorée fausse couleur 1987	89
16	Composition colorée fausse couleur 2013	94
17	Carte de l'indice de végétation normalisée NDVI 1987	102
18	Carte de composition colorée spéciale PIR- NDVI-R de 1987	104
19	Carte de l'indice de végétation normalisée NDVI 2013	106
20	Carte de composition colorée spéciale PIR- NDVI-R de 2013	108
21	Carte des points d'échantillonnage par GPS	111
22	Carte d'occupation de sol de 1987	114
23	Carte d'occupation de sol de 2013	116
24	Carte de la qualité de climat	125
25	Carte de la qualité de sol	128
26	Carte de la qualité de végétation	131
27	Carte de la qualité socioéconomique	134
28	Carte de sensibilité à la désertification des monts des Nememchas	136

**Liste des figures :**

<b>N°</b>	<b>Intitulé</b>	<b>page</b>
01	Les étapes de la désertification (CARI 2003)	10
02	Délimitation approximative des steppes en Algérie	18
03	Histogramme des altitudes des monts des Nememchas	38
04	Histogramme des pentes de la zone d'étude	40
05	Histogramme de l'exposition des versants de la zone d'étude	40
06	Courbes des variations interannuelles des précipitations moyennes des stations de la zone d'étude	58
07	Histogramme des précipitations moyennes saisonnières des stations de la zone d'étude	60
08	Histogramme des précipitations moyennes mensuelles des stations de la zone d'étude	61
09	Courbes de la répartition des températures moyennes mensuelles de la station de Guentis (1990-2012)	65
10	Courbes de la répartition d'ETP moyennes mensuelles (2003-2012)	66
11	Diagramme Ombrothermique (GAUSSEN)	67
12	Rose des vents pour la région de Khenchela, période : 2003-2012	71
13	Histogramme d'évaluation de la population dans les monts des Nememchas	73
14	Histogramme de la répartition de la population dans les monts des Nememchas	75
15	Histogramme de la répartition des populations urbaine et rurale dans les monts des Nememchas	77
16	Histogramme de la répartition des populations rurale dans les monts des Nememchas	77
17	Notion d'image satellitaire	85
18	Notion de résolution	85
19	Le spectre électromagnétique	86
20	Quelques signatures spectrales typiques	87
21	Quelques signatures spectrales typiques	89
22	Composition Colorée entre 3 Bandes Spectrales	93
23	Combinaison en couleurs réelles bandes 3-2-1	93
24	Combinaison en couleurs Fausses ex : Bandes 4-3-2	95
25	procédure de recalage des images satellite Landsat (image to image)	99
26	Schéma montre pourquoi la nécessité d'application un ortho rectification aux images satellites	100
27	Processus d'ortho rectification d'une image Landsat sous ENVI4.7	100
28	Méthode d'application de fusion d'image sous ENVI 4.7	101
29	Répartition spectrale des réflectances dans le rouge et dans le proche infrarouge	103
30	Notion de classification supervisée	109
31	Méthodologie de géo référencement	122
32	Organigramme méthodologique de réalisation de la carte de sensibilité à la désertification	135



**Liste des tableaux :**

<b>N°</b>	<b>Intitulé</b>	<b>page</b>
01	Plans et programmes de lutte contre la désertification période 1962-2008	28
02	La répartition des altitudes (Selon la carte hypsométrique des monts des Nememchas)	38
03	La répartition des pentes (Selon la carte des pentes des monts des Nememchas)	40
04	La répartition d'exposition des versants (Selon la carte d'exposition des versants des monts des Nememchas)	40
05	Caractéristiques des stations pluviométriques	56
06	La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Chechar)	57
07	La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Khangat sidi Nadji)	57
08	La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Guentis)	57
09	La répartition des précipitations moyennes annuelles (station de Seiar)	58
10	Nombre d'années sèches et humides pour la période récente	58
11	Régimes saisonniers moyens des stations de la zone d'étude	59
12	La répartition des précipitations moyennes mensuelle	61
13	La répartition des températures moyennes mensuelles dans la station de Guentis (1990 – 2012)	64
14	La répartition d'évapotranspirations potentielles moyennes mensuelles des stations de Khenechela et Biskra (2003 – 2012)	66
15	Indices d'aridité et l'étage bioclimatique selon DE MARTON	68
16	Comparaison des indices de sécheresse estivale d'EMBERGER	70
17	La répartition des vents moyens mensuels de la station de Khenechela (2003 – 2012)	71
18	Evolution de la population 1977 – 2008 et taux d'accroissement moyen	73
19	La densité de la population par communes	73
20	Répartition de la population par communes	75
21	La répartition de la population urbaine et rurale	76
22	Répartition générales des terres par commune	78
23	Les principales productions par communes	78
24	L'effectif cheptel par communes	81
25	Tableau récapitulatif des caractéristiques des satellites Landsat	90
26	Tableau des caractéristiques du capteur MSS	90
27	Tableau des caractéristiques du capteur TM	91
28	Tableau des caractéristiques du capteur ETM+	92
29	Statistique de la classification de 1987	113
30	Matrice de confusion de la classification de 1987	113
31	Statistique de la classification de 2013	115
32	Matrice de confusion de la classification de 2013	115
33	Comparaison entre les statistiques des deux classifications	115
34	Classes et indices des paramètres liés aux qualités du climat	124
35	La structure de la couche qualité du climat	124
36	Evaluation de l'indice de la qualité de climat	124
37	Classes et indices des paramètres liés aux qualités du sol	126
38	La structure de la couche qualité du sol	127
39	Evaluation de l'indice de la qualité du sol	127
40	Classes et indices des paramètres liés à la qualité de végétation	129

<b>41</b>	La structure de la couche de végétation	130
<b>42</b>	Evaluation de l'indice de la qualité de végétation	130
<b>43</b>	Classes et indices des paramètres liés à la qualité de socioéconomique	132
<b>44</b>	Indices et classes de la qualité socio économique	133
<b>45</b>	Indices de la sensibilité à la désertification	135

### **Liste des images :**

<b>N°</b>	<b>Intitulé</b>	<b>page</b>
<b>01</b>	Parcours d'alfa ( <i>Stipa tenacissima</i> )	48
<b>02</b>	Parcours d'alfa ( <i>Stipa tenacissima</i> ) Associé avec l'armoïse ( <i>Artemisia herba alba</i> )	48
<b>03</b>	Matorral de genévriers de Phénicie ( <i>Juniperus phoenicea</i> ) et de chêne vert ( <i>Quercus ilex</i> )	49
<b>04</b>	Forêt dégradée de Pin d'Alep et de Genévrier de Phénicie	49
<b>05</b>	Le système de pâturage	82
<b>06</b>	Les parcelles représentatives de la vérité terrain	112
<b>07</b>	Incendie de forêt dans la zone Nord ouest des Nememchas	118

## **RESUME :**

La désertification constitue l'un des principaux facteurs des problèmes de l'environnement, Le phénomène par son ampleur est aujourd'hui appréhendé en termes de risque naturel. Le massif des Nememchas situé à l'extrémité orientale de l'atlas saharien Algérienne, souffre de ce problème. Il est sujet à une dégradation très intense liée à une imbrication de facteurs naturels et anthropiques.

L'objectif du présent travail de recherche est l'utilisation des outils de géomatique pour l'évaluation de la sensibilité à la désertification, Cependant nous faisons usage de la télédétection par le traitement des images satellitaires LANDSAT (période de 1987 à 2013) pour la connaissance de l'occupation du sol qui serve pour la cartographie de la vulnérabilité à la désertification. L'étude de la différence d'image basée sur l'exploitation d'un seul paramètre géophysique (NDVI) a permis de caractériser la dynamique spatio-temporelle de l'état de la végétation. Ainsi l'usage d'un système d'information géographique (SIG) pour l'élaboration des cartes thématiques va contribuer à une bonne visualisation des caractéristiques de l'écosystème steppique. Cette approche nous a permis de spatialiser le risque de désertification et de localiser des zones prioritaires pour d'éventuelles interventions d'aménagements et lutte contre la désertification.

**Mots clés :** Nememchas, Désertification, Géomatique, SIG, Télédétection, Vulnérabilité.

## **ABSTRACT:**

The desertification establishes (constitutes) one of the main factors (mailmen) of the problems of the environment, the phenomenon by its scale is arrested (dreaded) in terms of natural risk today. The massif of Nememchas situated in the oriental Algerian extremity of the Saharan Atlas, sufferer of this problem. He (it) is subject to a very intense degradation bound (connected) to an interweaving of natural and anthropological factors.

The objective of the present research work is the use of the geomatics as the tool for the evaluation of the risk of desertification, However we make use of the remote detection by the treatment (processing) of satellite pictures LANDSAT (period from 1987 till 2013) for the knowledge of the land use which is of use for the mapping (cartography) of the vulnerability to the desertification. The study of the difference of image based on the exploitation (operation) of single parameter geophysics (NDVI) allowed characterizing the spatial and temporal dynamics of the state of the vegetation. So the use (custom) of a geographical information system (SIG) for the elaboration of the thematic cards (maps) is going to contribute to a good display (visualization) of the characteristics of the steppique ecosystem. This approach allowed us to spatialiser the risk

**Keywords:** Nememchas, Desertification, Geomatics, SIG, Remote sensing, Vulnerability.