



Ebauche cartographique des sols dans la région des Traras (NO de l'Algérie)

Sketch of soil mapping in the region of Traras (NW of Algeria)

Lotfi Mustapha KAZI-TANI⁽¹⁾ & Abdelaziz GAOUAR⁽²⁾

Abstract : The aim of this work is to make a sketch of soils mapping of the eastern part of the Traras region situated in North West of Algeria. For this purpose, we used the principle regarding the pedological cover as the result of interactions of several environmental factors (covariables) mainly: lithology, topography, vegetation cover...

In the first step, we deal to elaborate layers concerning each pedogenesis factor. All these layers have been produced with either remote sensing data (the Landsat ETM+ image and the DEM of the region), or other preexisting maps such as geological map of the region. By overlapping slope layer with altitudes layer we obtained the landform map.

In the second step, we establish chorologic laws based on field trips works.

The third step, concerns the construction of the soil map by querying the three layers. Queries are based on the chorologic laws.

The final step is the correction if the soil map by second field campaign. The final soil map presents 13 major soil type units with an approximate scale of 1/200 000. Every polygon of the soil map represents a soil map unit the most representative.

Key-words: Algeria, Mapping, Soils, Traras, SIG, Remote sensing, Chorological laws.

Résumé : Cet article a pour but d'ébaucher une cartographie des sols de la partie orientale de la région des Traras, située au nord-ouest de l'Algérie. A cet effet, on part du principe que la couverture pédologique résulte de l'interaction de plusieurs facteurs à savoir : lithologie, topographie, couverture végétale, ...

La première étape s'applique à l'élaboration de cartes (ou couches) concernant chaque facteur pédogénétique. Les informations nécessaires dérivent soit des données de télédétection (image Landsat ETM+ et le MNT de la région), soit des cartes préexistantes telle que la carte géologique. En croisant les classes des pentes avec les classes d'altitude, on obtient une carte des morphopaysages.

Dans la seconde étape, on établit les lois chorologiques en se basant sur une première campagne de terrain.

La troisième étape concerne la construction de la carte pédologique. Les lois chorologiques sont à la base des requêtes effectuées sur les trois couches des facteurs pédogénétiques.

La dernière étape consiste à corriger la carte des sols à partir d'une deuxième campagne de terrain, pour arriver à une carte finale comportant 13 unités majeures de types de sols à une échelle approximative de 1/200 000. Chaque plage de la carte des sols représente une unité cartographique des sols la plus représentative.

Mots clés: Algérie, Cartographie, Sols, Traras, SIG, Télédétection, Lois chorologiques.

⁽¹⁾Adresse professionnelle : Département d'Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belkaïd – Tlemcen ROCADE 2, B.P. N°119, 13000

Courriel : zarifet@yahoo.com

⁽²⁾Adresse professionnelle : Adresse professionnelle : Département d'Agronomie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des sciences de la Terre et de l'Univers, Université Abou Bekr Belakaid – Tlemcen ROCADE 2, B.P. N°119, 13000

INTRODUCTION

La couverture pédologique présente une variabilité continue dans le sens horizontal et dans le sens vertical (horizons). A partir de là, deux directions privilégiées ont fait l'objet de travaux (PEDRO, 1989) :

L'une est liée à la connaissance des divers objets pédologiques représentés à la surface du globe (PEDRO, 1989). Elle est orientée vers la taxonomie des sols qui repose sur la discrétisation du continuum pédologique suivant les propriétés des sols. Elle possède alors un moyen utile pour distinguer les potentialités régionales et locales de la biodiversité (GUO *et al.*, 2003).

L'autre est en rapport avec l'expression naturelle de la diversification spatiale : c'est l'aspect cartographique à proprement parler (PEDRO, 1989). La prédiction des propriétés du sol par la connaissance des variables environnementales responsables de la formation des sols est à la base de la cartographie des sols. On laisse supposer que du moment que les caractères d'un sol sont fonction du climat, des organismes vivants, du relief, de la roche-mère et du temps, il est donc possible que la connaissance de la distribution spatiale de ces facteurs pédogénétiques puisse être connue par inférence en construisant des lois chorologiques. Cette pédogenèse « convergente » issue des travaux de JENNY (1941) bien que simpliste nous facilite beaucoup la tâche sur le plan technique et convient parfaitement pour l'outil SIG.

Par ailleurs, une cartographie des sols basée uniquement sur la superposition des facteurs pédologiques, ne peut conduire qu'à une carte des facteurs ou à une esquisse cartographique des sols, qui fait référence à l'orientation pédologique de la carte (GADDAS, 2001). Elle représente un travail préparatoire pour des investigations plus poussées sur le terrain.

Le travail proposé, est une ébauche de la cartographie pédologique concernant la partie orientale des Traras qui se situent dans le nord-ouest de l'Algérie.

DESCRIPTION PHYSIQUE DES TRARAS

L'ancrage géographique de ce travail se situe dans le Nord Ouest de Tlemcen, qui fait partie du grand domaine du Tell oranais. La région du Tell, dans son ensemble, est prise en tenaille entre l'Atlas saharien au Sud et la côte méditerranéenne au Nord. Le massif des Traras se situe sur la marge Nord occidentale de Tlemcen et de l'Algérie.

Sur le plan géologique, les monts des Traras se prolongent à l'Ouest par le massif des Béni Snassen (Maroc oriental) ; entre les deux massifs s'intercale l'oued Kiss qui présente la limite géographique des Traras et la frontière naturelle algéro-marocaine. À l'Est et au Sud-Est ils sont ceinturés par l'oued Tafna, et au Sud-Ouest par l'oued Mouillah qui fraient leurs lits sur un important fossé tectonique remplis par les marnes du Miocène (REMAOUN, 1996). La mer Méditerranée présente leur limite septentrionale.

Les nappes de charriages sont très présentes dans les Traras. C'est au cours du Miocène, que d'importantes nappes ont été charriées sur l'autochtone, formé essentiellement au Jurassique, et recouvert par le Miocène anté-nappes.

Le modelé du relief et l'émergence de l'Algérie du Nord se sont produits durant l'ère Tertiaire concomitamment avec la formation de la mer Méditerranée que l'on peut rattacher à l'orogénèse alpine. Souvent, les géologues utilisent le terme Maghrébides pour désigner le rameau de l'orogénèse alpine périméditerranéenne qui s'étend sur 2000 Km depuis le Sud de l'Espagne à l'arc calabro-sicilien (DURAND-DELGA, 1969).

La surrection alpine est géologiquement récente, elle date du milieu du Tertiaire et appartient à la phase atlasique (GUARDIA, 1975). Elle a donné comme héritage une structure caractérisée par la discontinuité des anticlinaux avec une série de crêtes parallèles d'une disposition souvent assimilée à la « chenille processionnaire » (GUARDIA, 1975) avec une orientation SW-NE. Elle représente, finalement, un ensemble de horsts et de grabens délimités par des failles normales.

Schématiquement, on peut résumer le relief de la région d'étude comme suit (Fig. 1) :

Au nord, le massif des Traras dispose d'une façade maritime avec des escarpements à fort commandement, d'une longueur de 70 km, et s'enfonce sur 5 km à l'intérieur du continent. C'est la chaîne littorale du Cap Noé, du Tadjera (Altitude : 843m) ;

Au centre du massif, le caractère principal qui distingue ce relief est celui de la morphologie torrentielle créant des ravine encaissés engendrant des dénivellations parfois très importantes : ce sont les faisceaux de plis des Béni-Menir et des Béni-Ouarsous (790 m à Dahr ed-Dis) ;

Au sud, la chaîne liasique des Fillaoussène, - dont le nom est rattaché à celui du point culminant -, se prolonge sur une distance d'une quarantaine de km et une largeur de 5 à 7 km représentant une véritable chaîne de montagnes de style jurassien.

Sur la retombée sud des monts des Traras, on trouve les bassins de la moyenne Tafna. De dimensions assez modestes, ils se prolongent sur 20 km de long et 6 à 9 km de large ; ils sont délimités par l'oued Boukiou à l'est et Hammam Boughrara à l'ouest (REMAOUN, 1996).

Ainsi, deux éléments majeurs dominent le relief des Traras : la montagne et l'oued Tafna, avec ses affluents et les terrasses alluviales qui s'y rattachent. Ces deux éléments sont raccordés par une série de reliefs secondaires tels que les plateaux, les bassins, les plaines, les glacis et les collines. Des événements volcaniques se rencontrent essentiellement sur le plateau de Tadmaya et au sud des Fillaoussène.

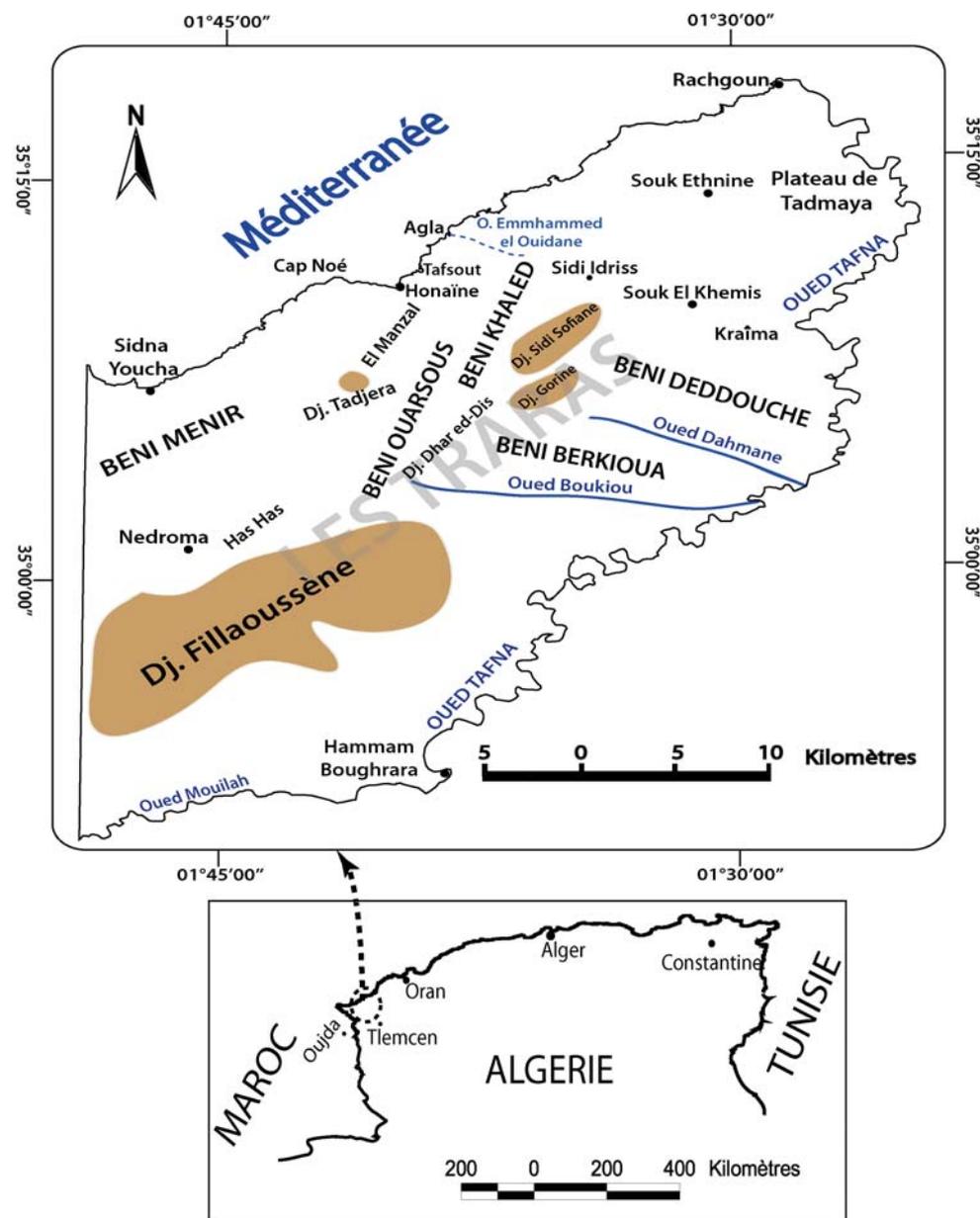


Fig. 1 - Situation géographique de la région d'étude

Le bioclimat est de type méditerranéen semi-aride. Les précipitations varient de 300 à 550 mm/an, plaçant la région d'étude dans les domaines pédologiques des sols calcaires et des sols riches en matière organique, selon DJILI *et al.* (2001) (Fig. 2). La pluviométrie n'est pas suffisante pour entraîner le calcaire dissous hors du profil. Les cations Ca^{++} étant disponibles, la matière organique est alors complexée par des ponts calciques augmentant sa stabilité.

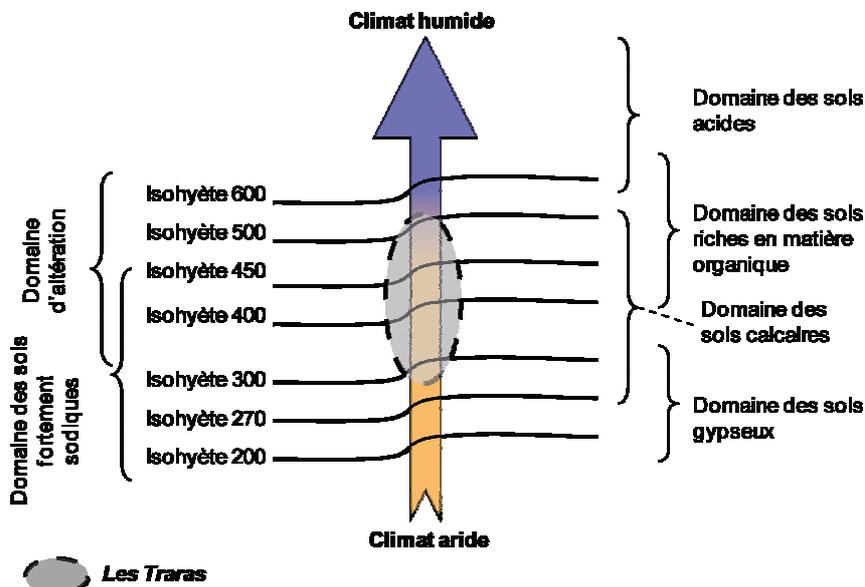


Fig. 2 Représentation des grands domaines pédologiques en Algérie en fonction des isohyètes (DJILI *et al.* 2001)

MATERIELS ET METHODE

Les données qui sont utilisées dans ce travail sont :

- 1) la carte géologique de GUARDIA (1975) au 1/100 000 ainsi que son travail de thèse qui fait office de notice explicative ;
- 2) l'image Landsat ETM+ de la région d'étude prise au printemps, le 19 mai 2002, disponible gratuitement sur internet. La localisation de la scène avec le WRS-2 est PATH=198 et ROW=36. C'est une bonne période pour appréhender le couvert végétal, mais moins propice pour la couverture pédologique. Cette image ne couvre pas la totalité des Monts des Traras, on borne donc notre zone d'étude aux limites de l'image soit une surface de plus de 96 000 ha
- 3) le modèle numérique de terrain (MNT) : Le MNT utilisé dans ce travail est issu des données ASTGTM qui est un produit provenant d'ASTER GDEM : un MNT global réalisé à partir de couples stéréoscopiques d'images du capteur ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*) embarqué sur le satellite TERRA. La résolution approximative du MNT ASTGTM à nos latitudes est de 30 m. Les données ASTGTM sont disponibles gratuitement sur internet.

Trois logiciels ont été utilisés :

- le logiciel ENVI 4.7 pour le traitement de l'image satellite ainsi que pour le MNT ;
- le logiciel ArcView 3.2 pour le traitement SIG ;
- le logiciel Fragstats 3.3 pour l'analyse de la diversité des sols.

La méthode appliquée dans ce travail est une méthode semi automatique basée sur une vision déterministe fondée sur le modèle de Jenny (1941) qui repose sur le principe fondamental selon lequel, la couverture pédologique est le résultat d'une interaction de plusieurs facteurs du milieu

(lithologie, relief, climat, influence humaine, etc.) et que sa distribution spatiale est le fruit d'une organisation dans l'espace et le temps. La méthode utilisée n'est, donc, nullement novatrice ; mais elle nous permet de voir plus clair, face à la complexité de la couverture pédologique méditerranéenne et, en l'occurrence, nord africaine. Plusieurs plages ont été corrigées suite aux observations sur le terrain.

Dans une première étape on a construit les trois cartes mono-factorielles concernant :

- la lithologie avec 15 unités ;
- la couverture végétale : avec 4 unités ;
- le morphopaysage (relief) : avec 10 unités.

Le travail de terrain s'est déroulé en deux temps : d'abord des sorties d'exploration et de prise d'échantillons (41 profils ont été réalisés). Le but est d'établir les lois chorologiques que l'on va appliquer sous forme de requêtes sur les cartes monofactorielles grâce au logiciel SIG ArcView. La deuxième campagne de terrain était nécessaire portant sur 164 observations sans prise d'échantillon et sans analyses au laboratoire. La typologie des profils observés ont été définis sur le terrain avec la position topographique et les coordonnées géographiques. Cette deuxième campagne nous a servi à corriger la carte des sols brute.

En prenant en considération les échelles des données brutes : carte géologique : 1/100 000 ; image Landsat ETM+ : 1/75 000 ; MNT : 1/75 000 ; on a opté pour une échelle de 1/200 000 qui est une échelle approximative. On s'est appuyé sur le principe qu'au cours de chaque traitement il y a une perte d'informations quantitatives (nombre de polygones) pour gagner en informations qualitatives visuelles.

ÉLABORATION DE LA CARTE DES SOLS

Géologie et lithologie

La région d'étude est essentiellement constituée de formations sédimentaires du Secondaire et du Tertiaire (marnes et grès du Lias et du Miocène, calcaires du Jurassique, calcaire tendre et alluvions qui y représentent le Quaternaire) reposant sur des terrains paléozoïques sédimentaires ou métamorphiques (schistes ampélitiques du Silurien et flysch du Dévonien) dans lesquels apparaît, en boutonnière, le petit massif granitique de Nédroma. Les nappes de charriage sont très présentes dans les Traras. C'est au cours du Miocène que d'importantes nappes se sont déplacées sur l'autochtone formé essentiellement au Jurassique et recouvert par le Miocène anté-nappes. La présence des nappes de charriages a été favorisée par les marnes du Miocène qui ont permis leur glissement (effet savon) du Nord vers le Sud.

Pour construire la couche SIG de la lithologie on a dû travailler à partir de la carte géologique au 1/100 000 de GUARDIA (1975). A l'aide du logiciel ArcView 3.2 on a digitalisé chaque plage de cette carte qui représente essentiellement la lithostratigraphie. La correspondance de la lithologie pour chaque âge stratigraphique a été extraite du même travail de thèse de GUARDIA (1975). Le résultat est présenté dans la Fig. 3.

La végétation et le couvert végétal

L'importance floristique de la région des Traras est indiscutable (VELA & BENHOUHOU, 2007 ; MEDJAHDI, 2010), mais elle n'offre pas beaucoup d'informations sur le taux du couvert végétal qui garantit la préservation du sol contre l'érosion, et son évolution. Par ailleurs, une étude phytoécologique plus poussée pourrait nous éclairer sur les relations entre les associations phytosociologiques et le sol. A ce titre le travail de ALCARAZ (1982) a très bien ébauché le côté édaphologique des groupements à thuya de toute l'Oranie ; il distingue :

- TH1 : groupements à thuya sur sol calcaire en sous-étage semi-aride supérieur chaud ;
- TH2 : groupements à thuya sur terra rossa en sous-étage semi-aride supérieur chaud ;

TH3 : groupements à thuya sur terra rossa en sous-étage subhumide inférieur chaud. (Sols sablo-limono-argileux non calcaires et profonds.) ;

TH4 : groupements à thuya sur terra rossa en sous-étage subhumide inférieur chaud

A partir de cette distinction phytoécologique du thuya d'ALCARAZ (1982), la région des Traras se trouve, grosso modo, dans les groupements TH1 et TH2.

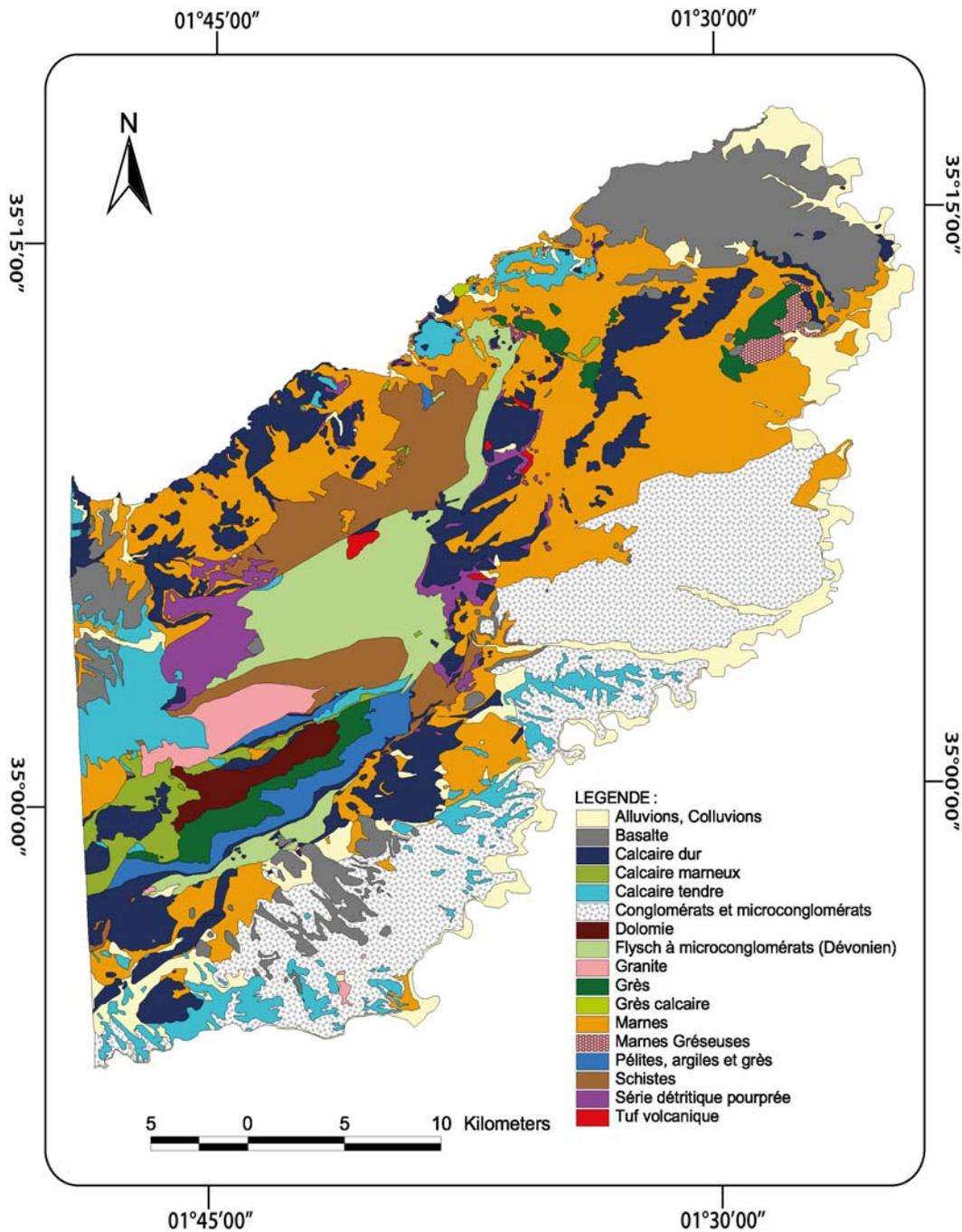


Fig. 3 - Carte lithologique de la région d'étude.

L'élaboration de la carte du couvert végétal a été possible grâce à l'image NDVI issue de l'image Landsat ETM+. Le NDVI acronyme de *Normalised Difference Vegetation Index* (Rouse *et al.*, 1974) est un indice issu du calcul d'un simple ratio :

$$NDVI = \frac{PIR - R}{PIR + R}$$

où *PIR* : bande proche infrarouge *R* : bande rouge

Ses valeurs sont comprises entre $-1 \leq NDVI \leq +1$. Les fortes valeurs ($>0,3$) indiquent systématiquement une surface végétale ; plus ces valeurs sont fortes plus le couvert est dense. Les valeurs les plus faibles ($<0,1$) caractérisent les types de couverts plus clairsemés (ROBIN, 2002 ; MATHER, 1999 ; BANNARI *et al.*, 1995).

La totalité de l'image NDVI de la région des Traras, donne une moyenne de 0,12. La faiblesse de la moyenne nous renseigne sur un couvert végétal dégradé avec une forte participation du sol sous-jacent dans le signal. Cependant, il y a des pics qui dépassent largement 0,3 et représentent près de 12% de la surface totale des Traras. Le reste soit 88% fait partie d'une végétation dégradée ou clairsemée, ou bien des sols complètement érodés.

Une classification supervisée a été menée sur l'image NDVI. Quatre classes, plus une pour les étendues d'eau, ont été créées :

Végétation dense : paysages pré-forestiers caractérisés par un maquis arboré dont les éléments structurants sont le thuya et le pin d'Alep ; à titre indicatif le chêne liège (*Quercus suber* L.) est présent en tant que formation relictuelle. La hauteur de la végétation est de 1 à 5 m avec un taux de recouvrement de la végétation supérieure à 60%, ce type de paysage existe principalement sur des expositions Nord et Nord-Ouest correspondant à l'ubac.

Bien que fortement présents dans la région d'étude, les fersialsols rouges sont généralement érodés (cambisol chromique leptique, de la WRB), tronqués souvent polycyclique. La pédogénèse actuelle se manifeste essentiellement par une brunification de l'horizon supérieur, suite à une réhydratation du fer oxydé. Ce phénomène de réduction, est lié à une carbonatation secondaire du solum, car la pluviométrie actuelle ne peut plus assurer la lixiviation des carbonates hors du solum. Les horizons profonds restent rouges (DUCHAUFOR, 1970). Les valeurs NDVI sont comprises entre 0,24 et 0,82 la moyenne est de 0,57. C'est un type de paysage qui existe principalement dans les endroits inaccessibles à fortes pentes.

Végétation dégradée : Les paysages pré-forestiers dégradés, caractérisés par une garrigue ou un matorral dont la hauteur moyenne n'excède pas 1m, et un taux de recouvrement de la végétation de moins de 60%. C'est un paysage présent sur l'adret des reliefs (sud, sud-est et sud-ouest). Les valeurs de NDVI sont comprises entre 0,30 et 0,13 la moyenne est de 0,22. Le pâturage y est possible suivant l'accessibilité, et en fonction du relief.

Végétation clairsemée : les paysages herbacés avec une nette domination des thérophytes et un taux de recouvrement qui varie fortement en fonction des saisons. Les chaméphytes et autres espèces pérennes sont éparpillées et recouvrent très mal le sol. Ce type de paysage se situe au piémont sud des principaux reliefs (Fillaoussène, Souk El Khemis) où la topographie est moins accusée, accessible au pâturage et à l'agriculture occasionnelle. En outre, la lithologie présente est marneuse ou marno-gréseuse très vulnérable à l'érosion hydrique, avec une dominance de vertisols et lithosols ; les dépôts continentaux sous forme de conglomérats ou microconglomérats, où les sierozems (Calcosols) et les fersialsols rouges (cambique chromique, WRB) y abondent. L'effet de l'érosion des sols y est visible par les ravinements, notamment sur les marnes. Les valeurs NDVI sont comprises entre -0,24 et 0,19, avec une moyenne de 0,11 et un taux de couverture végétal inférieur à 25-30%.

Cultures : Les paysages de culture se trouvent essentiellement dans les petites plaines, plateaux et cuvettes d'intérieures et les terrasses fluviales (terrasses des : Oued Tafna, Oued Boukiou, Oued Dahmane ...). Les parcelles de culture sont généralement de petites tailles, et sont, soit éparpillées au sein d'autres paysages le plus souvent avec une végétation clairsemée, soit regroupées sur les terrasses fluviales dont la taille dépend de l'importance des oueds. Les terrasses de l'oued Tafna

sont les plus importantes, avec des fluvisols (Fluvisols, WRB) ou des fersalsols rouges (cambisols chromic, WRB 2006) si la terrasse est ancienne. Dans la basse Tafna, on rencontre essentiellement des fluvisols brunifiés (cambisols fluvic, WRB 2006). Toujours dans la basse Tafna jouxtant le plateau de Tadmaya, on peut également rencontrer des fluvisols à caractères vertiques bénéficiant d'un apport latéral des vertisols (vertisols, WRB 2006) qui se développent sur basalte ou sur les marnes. En amont, c'est la moyenne Tafna où la fréquence des fluvisols rubéfiés (Cambisols fluvic possédant des caractères de rubéfaction, WRB 2006) est plus importante sur les terrasses. Le résultat final est présenté à la Fig. 4.

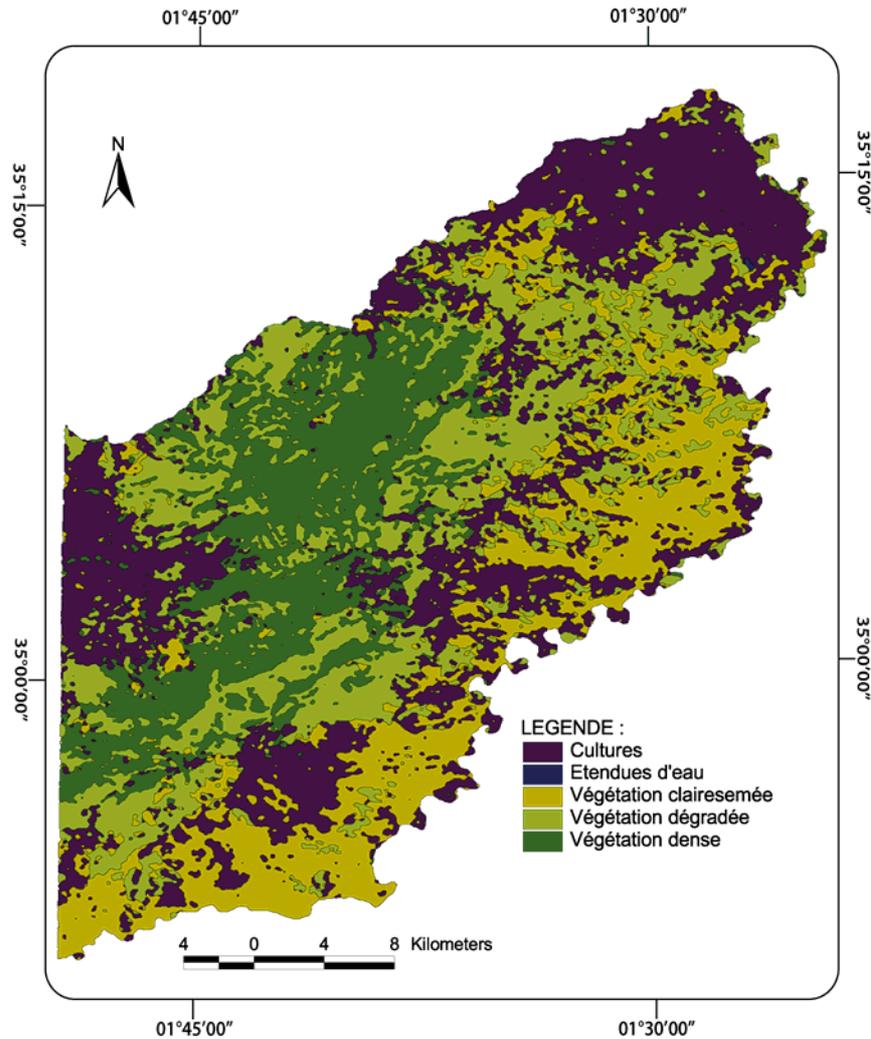


Fig. 4 - Carte de la couverture végétale.

Relief

Le but de l'utilisation du MNT dans cette étude, est de construire une carte morphologique qui reflète le relief global de la zone, afin d'en extraire, indirectement, des informations pédologiques telle que la profondeur des sols, qui dépend de l'érosion et de l'accumulation. Pour éviter la redondance de l'information on a opté de travailler uniquement sur la pente et l'altitude. Ces deux dernières variables représentent les facteurs les plus pertinents.

Altitudes : on a appliqué une classification non supervisée des données MNT. La classification a généré 7 classes dont les caractéristiques sont :

Tableau I : Classes d'altitudes retenues après classification non supervisée.

<i>N° de la classe</i>	<i>Altitudes (m)</i>	<i>Moyenne (m)</i>	<i>Ecart type</i>	<i>Superficie (Km²)</i>
1	0 – 57	27,29	15,84	40,84
2	58 - 120	93,41	17,47	72,56
3	121 – 182	152,64	17,88	115,64
4	183 – 241	213,13	16,85	149,21
5	242 – 318	275,84	22,02	164,61
6	319 – 484	393,52	46,10	233,24
7	485 – 1136	637,42	125,80	186,54

Classe 1 (0 – 57 m) : englobe les terrasses alluviales les plus basses et donc les plus récentes des oueds Tafna, Honaïne, Sidna Youcha et Emmahmed El Ouidane qui débouche sur la plage Agla. Les falaises, les criques et quelques plages dunaires (Tafsout, Agla, ...) font également partie de cette classe.

Classe 2 (58 – 120 m) : représente les glacis et les moyennes terrasses de l'oued Tafna. La vallée de la Tafna est fortement dissymétrique ; le cours d'eau est décalé vers le nord, ce qui laisse peu d'espace aux terrasses et aux glacis inclus dans la région d'étude contrairement aux terrasses et glacis qui se trouvent sur la rive droite. De plus, elle englobe aussi les premières collines de basses altitudes, qui ne sont en réalité que des glacis ondulés par la tectonique et fortement encroûtées du Quaternaire ancien.

Classe 3 (121 – 182 m) : représente les terrasses des affluents de l'oued Tafna, en l'occurrence les oueds Dahmane et Boukiou. Au nord-est et à l'ouest de la région d'étude, cette classe englobe aussi des langues de coulées basaltiques.

Classes 4 et 5 (183 – 318 m) : représentent principalement des glacis d'érosion avec des reliefs collinaires. Les glacis sont généralement érodés par des oueds secondaires laissant des interfluves plats.

Classe 6 (319 – 418 m) : représente les piémonts des principaux reliefs couverts de colluvions.

Classe 7 (au delà de 418 m) : représente les reliefs les plus imposants de la région des Traras (crêtes, sommets et versants de montagnes).

La pente : On peut admettre la présence de cinq classes de pentes :

Tableau II : Classes de pentes de la région d'étude.

<i>N° de la classe</i>	<i>Pentes (en °)</i>	<i>Dénomination sémantique</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Ecart type</i>	<i>Superficie (km²)</i>	<i>Superficie %</i>
1	0 à 3	Relativement plat	1,86	0,71	116,45	12,10
2	3,1 à 7	Pentes faibles	5,03	1,16	262,10	27,23
3	7,1 à 12	Pentes moyennes	9,33	1,41	272,20	28,28
4	12,1 à 25	Pentes fortes	16,75	3,49	266,57	27,69
5	>25	Pentes très fortes et escarpements	36,40	15,42	45,32	4,71

On remarque que plus de 60% de la superficie totale présentent des pentes moyennes, fortes ou très fortes (>7°). Cette donnée du relief nous renseigne sur l'ampleur des transports latéraux du matériel pédologique (érosion, colluvionnement et accumulation).

Les morphopaysages : La construction de la couche des morphopaysages de la région d'étude est entièrement basée sur les deux couches précédentes à savoir : la couche des pentes et celle des altitudes.

Le croisement automatique des deux couches a engendré 35 unités distinctes. Toutefois, toutes ces unités ne recèlent pas forcément des informations pertinentes au regard du sol, en plus de l'inconvénient de la taille importante du fichier et du temps de calcul nécessaire. La solution est de regrouper ces unités en des classes ayant un sens sur le plan pédologique. Dix classes morphopaysagères ont été retenues, qui sont regroupées selon les critères rassemblés dans le tableau suivant :

Tableau III : Principaux morphopaysages de la région d'étude.

<i>Classe</i>	<i>Morphopaysages</i>	<i>Pentes en Degrés</i>	<i>Altitudes (m)</i>	<i>Superficies (ha)</i>	<i>superficie%</i>
1	Escarpelements et Falaises	>25	>0	4380	4,55
2	Terrasses récentes	0 à 3	0 à 57	2638	1,74
3	Rebords des terrasses	3 à 25	0 à 120	6748	7,01
4	Terrasses moyennes	0 à 3	58 à 120	1588	1,65
5	Versants de montagnes	12 à 25	>120	26646	27,68
6	Piémonts	7 à 12	>120	25953	25,96
7	Terrasses anciennes	0 à 3	121 à 484	4871	5,06
8	Glacis	3 à 7	121 à 484	12120	12,59
9	Sommets tabulaires de montagnes	0 à 7	>484	3225	3,35
10	Plaines	0 à 3	121 à 484	8096	5,41

- ♦ *La classe 1* : cette classe recèle des morphopaysages très pentus qui existent dans toute la région d'étude. Ce sont les escarpements et les falaises qui ne permettent pas aux sols de se développer, l'érosion y est un facteur très important au point que les sols sont souvent juvéniles et, de ce fait, le minéral prime sur l'organique.
- ♦ *La classe 2* : cette classe regroupe les terrasses récentes et jeunes qui se trouvent sur des altitudes peu importantes, principalement dans l'oued Tafna.
- ♦ *La classe 3* : les rebords des terrasses possèdent une pente assez raide, l'érosion y est assez importante et la pédogénèse modérée. Cette classe a été créée à cause du nombre relativement important des terrasses, conséquence d'un réseau hydrographique très développé. Aucun oued n'y a atteint le profil d'équilibre.

- ◆ *La classe 4* : c'est la classe des terrasses moyennes, plus anciennes que les précédentes, et les sols y sont assez développés mais pas encore matures. Vu la pente assez faible, ces sols sont, plus ou moins, à l'abri de l'érosion et, généralement exploités pour l'agriculture.
- ◆ *La classe 5* : ce sont les versants de montagnes couvrant une superficie de 26646 ha qui comprend plusieurs massifs montagneux. C'est une classe qui est concentrée au sud de Nedroma où se dresse le massif de Fillaoussène, et vers le sud de Honaine où l'on rencontre le massif de Beni Khallad et Beni Ouarsous. Le couvert végétal y est assez dense favorisant un certain dynamisme pédologique.
- ◆ *La classe 6* : dans cette classe prédominent les piémonts de montagnes, qui occupent 24991 ha. Cette classe se raccorde naturellement à la classe précédente, mais l'action de l'homme y diffère. L'arboriculture fruitière est répandue elle est basée sur la culture de l'amandier et du grenadier.
- ◆ *La classe 7* : au niveau de cette classe, les terrasses anciennes se trouvent essentiellement en amont des oueds. Ce sont les terrasses les plus anciennes, et le temps y a permis aux sols d'acquérir une certaine maturité.
- ◆ *La classe 8* : ce sont les glacis (d'érosion surtout) dans lesquels va s'enfoncer le réseau hydrographique, en isolant des interfluves tabulaires (REMAOUN, 1996). C'est une classe qui couvre une superficie de 12120 ha.
- ◆ *La classe 9* : cette classe regroupe les replats de quelques sommets de montagnes avec une altitude supérieure à 484 m.
- ◆ *La classe 10* : regroupe toutes les plaines de la région d'étude, généralement, de tailles modestes.

Les lois chorologiques

La construction des trois cartes monofactorielles (lithologie, végétation, morphopaysages) qui retracent la distribution spatiale des trois facteurs élémentaires de la pédogénèse et la répartition spatiale des sols n'est pas une fin en soi. Elle va, comme mentionné au préalable, nous servir pour esquisser la carte des sols. Toutefois, il faut prédéfinir un certain nombre de règles afin d'y parvenir. C'est là le but de la chorologie, qui est un instrument d'extrapolation (GIRARD *et al.*, 1989).

Une loi chorologique est « une loi exprimant les liens qui existent entre la caractérisation sémantique des unités pédologiques retenues (facteurs intrinsèques) et leur distribution dans le paysage à trois dimensions (facteurs extrinsèques) (MATHIEU & LOZET, 2011). C'est en somme, l'établissement des corrélations qui existent entre les sols et les éléments physiographiques (GIRARD, 1983 ; JAMAGNE *et al.*, 1993).

Le tableau IV résume les lois chorologiques, prenant en considération principalement les types des morphopaysages et la lithologie. Le couvert végétal est considéré secondairement pour déduire l'intensité de l'érosion des sols.

Dans le tableau IV, la végétation a été indirectement prise en considération pour déterminer les lithosols et les régosols dès qu'il s'agit d'une végétation clairsemée ou sol nu. Les arénosols que l'on trouve sur la carte des sols évoluent sur du sable datant du Quaternaire qui ne figure pas dans la carte géologique de GUARDIA (1975). On a jugé intéressant de la mentionner malgré son exigüité à cause de la présence du genévrier de Phénicie.

Tableau IV : Résumé des lois chorologiques reliant la lithologie et les morphopaysages.

Lithologie	Morphopaysages	Types de sols dominants
Calcaire dur	Escarpements et Falaises	•Lithosols d'érosion
	Versants de montagnes	•Ferralsols rouges érodés •Rendosols •Lithosols
	Piémonts	•Sols colluviaux à tendance peyrosoliques
	Glacis	•Ferralsols sur croûte calcaire •Rendosols ou rendisols sur croûtes calcaires
	Sommets tabulaires de montagnes	•Ferralsols rouges tronqués •Rendosols •Rendisols
	Plaines	•Ferralsols bruns rouges
Grès	Escarpements et Falaises	•Lithosols d'érosion
	Versants de montagnes	•Brunisols saturés •Lithosols d'érosion
	Piémonts	•Sols colluviaux à tendance peyrosoliques
	Sommets tabulaires de montagnes	•Brunisols saturés
	Plaines	•Ferralsols rouges
Grès Calcaire	Versants de montagnes	•Ferralsols rouges •Lithosols
Marnes et Marnes calcaires	Escarpements	•Régosols d'érosion
	Plaines	•Vertisols •Calcisols
	Versants de montagnes	•Régosols d'érosion
	Piémonts	•Colluviosols à tendance verticale
	Glacis	•Calcisols
Basalte et Tuf volcanique	Escarpements	•Lithosols d'érosion •Régosols d'érosion
	Piémonts	•Vertisols •Lithosols •Régosols d'érosion
	Versants de montagnes	
	Glacis	
Calcaire tendre	Escarpements	•Régosols d'érosion
	Versants de montagnes	•Rendosols •Régosols d'érosion

	Piémonts	<ul style="list-style-type: none"> •Sols colluviaux sur croûte calcaire •rendosols
	Glacis	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges lessivés sur croûte calcaire
	Sommets tabulaires	<ul style="list-style-type: none"> •Rendosols
	Plaines	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges lessivés
Schistes	Escarpements	<ul style="list-style-type: none"> •Lithosols d'érosion
	Versants de montagnes	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges •Rankosols peu humifères •Lithosols d'érosion
	Piémonts	<ul style="list-style-type: none"> •Colluviosols
	Glacis	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges
	Plaines	
Flysch	Escarpements	<ul style="list-style-type: none"> •Lithosols d'érosion
	Plaines	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges lessivés
	Versants de montagnes	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges
	Piémonts	<ul style="list-style-type: none"> •Colluviosols
	Glacis	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges tronqués •Rendosols
	Sommets tabulaires	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges
Granite	Escarpements	<ul style="list-style-type: none"> •Lithosols d'érosion
	Plaines	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges
	Versants de montagnes	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges •Rankosols peu humifères •Lithosols d'érosion
	Piémonts	<ul style="list-style-type: none"> •Colluviosols
Conglomérat et microconglomérats	Escarpements	<ul style="list-style-type: none"> •Lithosols
	Versants de montagnes	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges •Calcosols •Lithosols d'érosion
	Piémonts	<ul style="list-style-type: none"> •Colluviosols
	Glacis	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges lessivés •Calcosols
	Sommets tabulaires	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges •Calcosols
	Plaines	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges •Calcosols •Calcisol
Pélites, argiles et grès	Escarpements	<ul style="list-style-type: none"> •Lithosols d'érosion
	Versants de montagnes	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges •Lithosols d'érosion
	Piémonts	<ul style="list-style-type: none"> •Colluviosols
	Plaines	<ul style="list-style-type: none"> •Fersialsols rouges

Alluvions	–	•Fluvisols
Colluvion	Escarpelements	•Lithosols d'érosion
	Plaines	•Ferralsols rouges •Calcisols •Calcosols
	Versants de montagnes	•Ferralsols rouges •Rendosols
	Glacis	•Ferralsols rouges •Calcisols •Calcosols

LA CARTE DES SOLS

Treize types majeurs de sols ont été identifiés (Fig. 5) que l'on va tenter de les décrire brièvement.

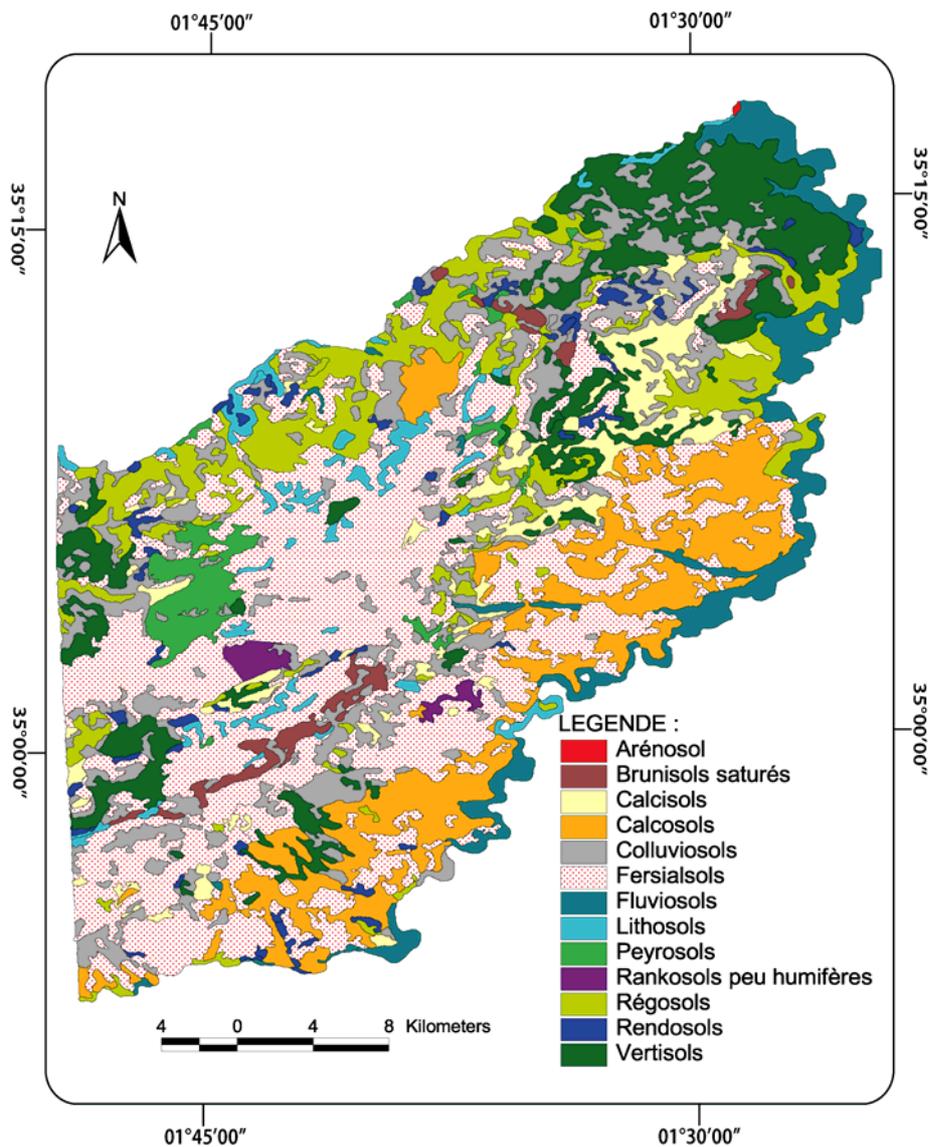


Fig. 5 - Carte des sols de la région d'étude.

Pour arriver à ce résultat (Fig. 5), la carte brute a été travaillée pour éliminer les plus petits polygones qui donnent un aspect persillé à la carte, trop agressif à l'œil humain, et donc difficilement exploitable. En outre, plusieurs dizaines de milliers de polygones de la carte brute produits lors des croisements des couches monofactorielles, demandent un temps de calcul plus long.

Les lithosols (Lithic leptosols, WRB) : ce sont des sols constamment rajeunis par l'érosion. Ils se trouvent sur substratum rocheux dur (calcaire, grès, calcaire gréseux, basalte, granite, schistes série grésopélique, flysch) sur des pentes abruptes ($>25^\circ$), quelle que soit l'altitude. Généralement, le couvert végétal y est clairsemé à l'exception des schistes qui grâce aux nombreuses anfractuosités permettent aux racines de se développer et de se sustenter (Planche 1 - Photo 1).

Les régosols (Leptosols (non lithic), WRB 2006) : se sont des sols constamment rajeunis par l'érosion. Ils se trouvent sur substratum rocheux tendre (marnes, calcaire tendre) sur des pentes abruptes ($>25^\circ$), quelle que soit l'altitude. Généralement, le couvert végétal est plus fourni que sur les lithosols. La roche-mère tendre permet un enracinement profond des végétaux et joue le rôle d'un horizon profond. Cependant, ces sols sont affectés par l'érosion en rigoles souvent spectaculaire conduisant à la formation de badlands (Fig. 6).

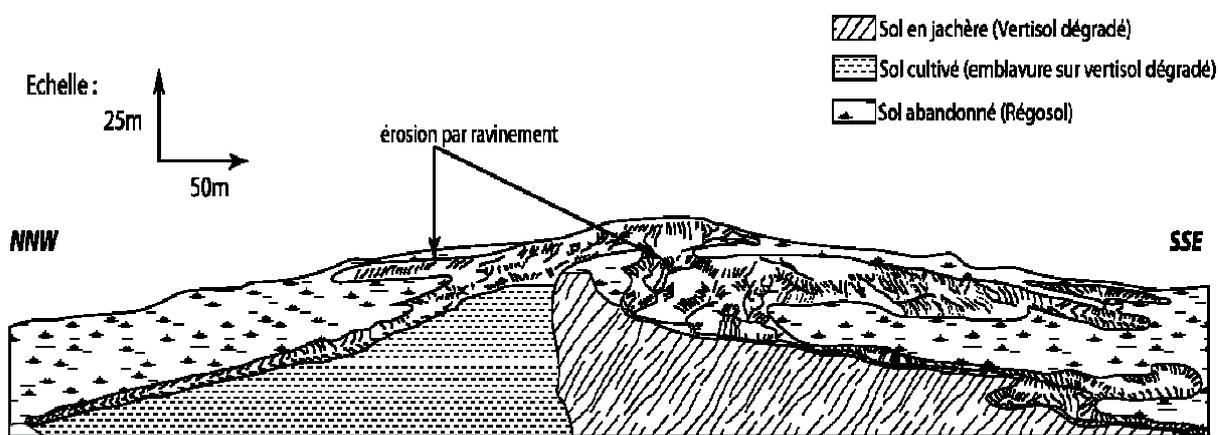


Fig. 6 - Représentation d'un paysage dégradé par l'homme (badlands) sur un substratum marneux. (Sud de Kraïma. Coordonnées : $35^\circ 09' 30''$ N ; $-01^\circ 30' 23''$ O ; altitude \square 120 m).

Les fluvisols (Fluvisols, WRB 2006) : ce sont des sols jeunes sur les terrasses alluvionnaires. En absence d'agriculture la couverture végétale y est importante.

Les colluviosols (Colluvic regosols, WRB 2006) : très présents dans la région à cause de la jeunesse du relief. Le couvert végétal y est important du fait qu'il est difficilement accessible à l'homme et à son cheptel. On les rencontre très souvent aux pieds des versants de montagnes. Ce sont des sols dont l'écologie est commandée par deux phénomènes : érosion des sols et des roches en amont, puis accumulation en aval des versants (Planche 1 - Photo 2). Pour satisfaire ces deux conditions il nous faut un relief tourmenté et une végétation assurant mal, du moins épisodiquement, la couverture des sols. Ces deux conditions sont pleinement remplies, et on peut ériger comme règle la variabilité du climat méditerranéen durant tout le Pléistocène et l'Holocène avec des phases humides puis sèches.

Les peyrosols (Leptosols skeletalics, WRB 2006) : ce sont des sols se développant majoritairement sur la série détritique pourprée du Trias. Les graviers et les cailloux s'y trouvent en abondance ce qui accentue l'aridité édaphique du couvert pédologique. La végétation est composée principalement d'une strate arborée et d'une strate muscinale (Planche 1 - Photo 4), la strate buissonnante est moins présente. Par ailleurs, les peyrosols peuvent aussi être rattachés à quelques colluviosols si ces derniers possèdent un épais horizon peyrique (>50 cm selon le RP, 2008). Notons que la série détritique pourprée du Trias peut engendrer des sols rouges fersiallitiques à condition que le substratum en question soit plus consolidé et moins filtrant ; ce qui prolonge le temps de

passage de l'eau dans le sol et, augmente l'altération des minéraux primaires en minéraux secondaires et autres oxyhydroxydes.

Les rankosols d'érosion (Leptosols dystric, WRB 2006) : ils sont peu abondants, trlocalisés sur les schistes du Silurien et les granites de Nedroma (Planche1 - Photo 3) ; ils présentent un pH eau légèrement acide (6,3 à 6,7). On les rencontre sur les versants des montagnes, intimement liés au substratum non calcaire. DUCHAUFOR (1970) les qualifie de xérorankers, ce sont les équivalents des rendzines sur roches acides. Dans la région de Has'Has à l'est de Nedroma les rankosols, à texture sablo-graveleuse, sont cultivés.

Les vertisols (Vertisols, WRB 2006) : ce sont des sols riches en argiles gonflantes du groupe des smectites riches en fer notamment les beidellites ferrifères et les nontronites. Les vertisols sont essentiellement liés à deux roches-mères : les marnes et les basaltes. La présence de grandes étendues de ces deux roches-mères dans la région d'étude confère une grande importance aux vertisols. La céréaliculture y est particulièrement bien-venante contrairement à l'arboriculture fruitière, à cause des caractéristiques mécaniques de ces sols pouvant endommager gravement le système racinaire des arbres.

Les fersialsols (Cambisols chromic, WRB 2006) : au regard du contexte climatique, qui relève du climat méditerranéen xérothérique semi-aride, il est tout à fait normal de trouver, dans la région des Traras, des sols rouges méditerranéens. Ce sont des sols zonaux du bioclimat méditerranéen, présents sur la quasi-totalité des substratums lithologiques.

Ces sols rouges sont généralement classés dans le groupe des fersialsols. Cependant, on doit noter que tous les sols rouges de la région d'étude sont tronqués et/ou polycycliques. Un cas représentatif a été relevé dans la région de Sidi Idriss, sur un solum développé en bordure de la route, un horizon de profondeur d'une ancienne terra fusca, présentant des nodules calcaires, surmonté d'un sol brun rouge fersiallitique tronqué, lui-même surmonté d'un horizon organique récent avec des traces de bioturbations, que l'on peut assimiler à une rendzine humifère (Fig. 7).

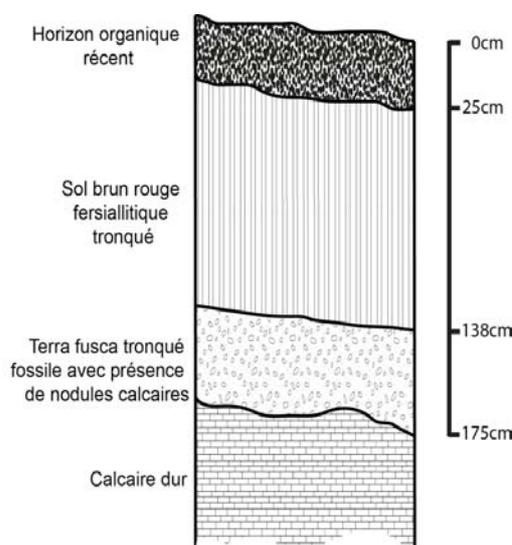


Fig. 7 - Schéma représentatif du profil pédologique de Sidi Idriss
(Coordonnées : 35°11'00'', -01°34'41'' ; altitude : 158m ; exposition : Est)

Les calcosols (Calcaric cambisols, WRB 2006) : l'occurrence de ces sols est majoritaire sur une partie de la série détritique continentale du Miocène post-nappe. Dans la classification CPCS (1967), ces sols, et particulièrement aux environs de l'oued Dahmane et de l'oued Boukiou, sont apparentés aux sierozems fortement érodés, avec un rattachement imparfait aux calcosols leptiques du référentiel pédologique de 2008 (BAIZE et GIRARD (coord.), 2008). La végétation est basse et clairsemée et on remarque la présence en force de l'alfa (*Stipa tenacissima*). L'exposition sud et la texture filtrante du sol exacerbe l'aridité du climat. Les siernozems sont des soils isohumiques (CPCS, 1967 ; DUCHAUFOR, 1970) relictuels dans notre région, indiquant un ancien climat aride et froid, qui supporte une végétation steppique à base de graminées.

Planche 1



Types de sols

1. Lithosol sur schistes satinés du Silurien, piémont nord-ouest de Djebel Sidi Sofiane (coordonnées: 35°08'56" N ; 01°36'56" O - Altitude: 590 m)
2. Colluviosol supportant une importante végétation à base de Thuya (El-Manzal-dans la vallée de Honaine, versant est - Altitude: 395 m)
3. Rankosol sur granite arénisé dans la région de Nedroma (Altitude : 560 m)
4. Peyrosol sur la série détritique pourprée du Trias. La végétation est dominée par une strate arborée à Thuya avec présence d'une strate muscinale (qui apparaît en blanc) entretenue par l'humidité provenant de la mer (Région de Béni Ménir, Ouled Daoued, lieu-dit "Aïn En-Nassoura)
5. Rendosol humifère sur calcaire tendre à l'est du lieu-dit "Sidi Idriss", supportant une arboriculture fruitière à base de Grenadier (Altitude : 130 m)

Les calcisols (Hypereutric cambisols, WRB 2006) : les calcisols de la région sont généralement profonds (plus de 80 cm), avec une réserve calcaire sous forme de nodules, et ils présentent souvent des caractères vertiques. Ce sont d'excellents sols agricoles.

Les brunisols saturés (Mollic umbrisols, WRB 2006) : ces sols évoluent sur grès supportant la forêt relique de chêne liège à partir d'une altitude dépassant les 450 m. Ils sont en pleine phase d'érosion, l'intensité de celle-ci diffère en fonction de la couverture végétale et la position topographique du sol.

Les rendosols (Leptosols calcaric, WRB 2006) : tous les matériaux carbonatés favorisent la formation de rendosols peu profonds de type A/C, qui ont une structure bien aérée favorisant l'activité de la faune et de la flore tellurique. Généralement, s'ils évoluent sur une roche-mère meuble, ils constituent d'excellentes terres agricoles (Planche1 - Photo 5).

Les arénosols (Arenosols, WRB 2006) : on les observe essentiellement dans la région de Rechgoun, sur les dunes littorales. Ils supportent une végétation à base de genévrier de Phénicie.

CONCLUSION

La cartographie des sols nous paraît indispensable à bien des égards, soit à des fins pratiques pour mieux gérer et aménager le milieu environnant, soit alors à des fins de connaissances pour mieux appréhender les écosystèmes. Pour parvenir à réaliser une carte des sols utilisable à des fins pratiques, il faut d'abord effectuer des esquisses et des cartes prospectives des sols.

Une carte prospective des sols au 200 000^{ème} de la partie orientale des Traras a été ébauchée dans cet article, grâce une méthode semi automatique basée sur le modèle de JENNY (1941).

L'usage des données numériques par cette approche a permis une certaine flexibilité dans le travail ainsi qu'une révision rapide de la carte des sols. Ces données numériques sont soit disponibles, soit facilement créées, à partir de données brutes comme les images satellites Landsat ou le MNT.

La construction de la carte brute des sols est basée sur un certain nombre de couches, chacune recèle des informations pertinentes, permettant l'inférence des types de sols à partir de lois chorologiques. De telles informations relèvent d'un ensemble de facteurs de la pédogenèse à savoir : la lithologie, le relief (ou les morphopaysages) et le couvert végétal. Le croisement par requêtes, basées sur les lois chorologiques de ces trois cartes a donné un premier résultat brut, qui a été amélioré par la suite. Treize grands types de sol, chacun participe différemment dans la structure paysagère de la région d'étude ont été identifiés. La carte finale, obtenue pourra servir comme base pour des réalisations ultérieures de cartes de sols à des échelles plus fines.

Enfin, il faut souligner, la faiblesse des prises d'échantillons (41 profils) suite aux difficultés rencontrées pour les analyser au laboratoire. On a essayé, de compenser cette faiblesse, par une multiplication d'observations sur le terrain sans prise d'échantillon et sans analyses au laboratoire (164 observations). Les observations des profils sur le terrain sont descriptives, en prenant en considération la lithologie et la position topographique du profil. Cela nous a permis une correction des plages de la carte des sols brute.

BIBLIOGRAPHIE

ALCARAZ C. 1982. La végétation de l'ouest Algérien. Thèse docteur ès-Sciences, Université de Perpignan, 415p. +annexes.

BAIZE D. & GIRARD M.C. (coord.). 2008. Référentiel Pédologique. Editions : Qu, 405 p.

BANNARI A., MORIN D., BONN F. & HUETE A. R. 1995. A review of vegetation indices. *Remote sensing Reviews*, 13: 95-120.

DJILI K., DAOUD Y. & GAOUAR A., 2001. Distribution of some pedological characteristics formed in the soils of northern Algeria. *Option Méditerranéenne, Série A, n°50* : 87-96.

DUCHAUFOR P. 1970. Précis de pédologie. Edition Masson & Cie, Paris. 481 p.

DURAND-DELGA M. 1969. Mise au point sur la structure du Nord-Est de la Berbérie. *Publ. Serv. Géol. Algérie*, 39: 89-131.

FAO 2006. World reference base for soil resources. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World soil resources reports 103. FAO. 128 p.

- GADDAS F. 2001. Proposition d'une méthode de cartographie des pédopaysages. Application à « la moyenne vallée du Rhone ». Thèse de Doctorat INA Paris-Grignon. 212 p.
- GIRARD M.-C., 1983. Recherche d'une modélisation en vue d'une représentation spatiale d'une couverture pédologique. Thèse d'Etat. Sol N°12, INA-PG Grignon, 430 p.
- GIRARD M.-C., AUROUSSEAU P., KING D. & LEGROS J.P., 1989. Apport de l'informatique à l'analyse spatiale de la couverture pédologique et à l'exploitation des cartes. *Science du sol*, 27, 4 : 335-350.
- GUARDIA P. 1975. Géodynamique de la marge alpine du continent africain d'après l'étude de l'Oranie nord-occidentale. Relations structurales et paléogéographiques entre Rif externe, le Tell et l'avant pays atlasique. Thèse doctorat ès-Sciences, Université de Nice, 256 p., 139 fig., 5 pl.
- GUARDIA P. 1975. Carte géologique de l'Oranie Nord Occidentale. Echelle 1/100 000.
- GUO Y., GONG P. & AMUNDSON R. 2003. Pedodiversity in the United States of America. *Geoderma*, 117 : 99-115.
- JAMAGNE M., KING D., GIRARD M. C. & HARDY R., 1993. Quelques conceptions actuelles sur l'analyse spatiale en pédologie. *Science du sol*, 31, 3 : 141-169.
- JENNY H. 1941. Factors of soil formation. A system of quantitative pedology. MacGraw-Hill, New York, 281 p.
- MATHER P. M. 1999. Computer processing of remotely-sensed images. John Wiley & sons. Chichester, New York, Weinheim, Brisbane, Singapore, Toronto. 292 p.
- MATHIEU C. & LOZET J. 2011. Dictionnaire encyclopédique de science du sol. TEC & DOC - Lavoisier. 733 p.
- MEDJAHDI B. 2010. Réponse de la végétation du littoral oranais aux perturbations : cas des monts des Trara (nord-ouest de l'Algérie). Thèse Doctorat, Université de Tlemcen. 278 p. +annexes.
- PEDRO G. 1989) - L'approche spatiale en pédologie. Fondement de la connaissance des sols dans le milieu naturel. Réflexions liminaires. *Science du sol*, 27, 4 : 287-300.
- REMAOUN K. 1996. Evolution géomorphologique du bassin-versant de l'oued Tafna (Algérie, Oranie occidentale). Thèse Doctorat d'Etat, Université de Savoie. 1996. 574 p.
- ROBIN M. 2002. *Téledétection. Des satellites aux SIG*. Édition Nathan Université, 2^{ème} édition, Paris. 318 p.
- ROUSE J. W., HAAS R. H., SCHELL J. A., DEERING D. W. & HARLAN J. C., 1974. Monitoring the vernal advancement and retrogradation (greenwave effect) of natural vegetation. NASA/GSFC Type III final report, Greenbelt, Maryland, 50 p.
- VÉLA E. & BENHOUBOU S. 2007. Evaluation d'un nouveau point chaud de biodiversité végétale dans le bassin méditerranéen (Afrique du nord). *C. R. Biologies*, 330 : 589-605.

