

Sensibilité à l'érosion du massif cristallophyllien de l'Edough (Nord-Est Algérien)

Abderezak Oularbi et Anissa Zeghiche

Laboratoire de Recherche Ressources Naturelles et Aménagement,
Département d'Aménagement, Faculté des Sciences de la Terre,
Université Badji Mokhtar, BP 12, Annaba 23000, Algérie.

Accepté le 08/04/2009

الكتل الصخرية لجبل الايدوغ هي قطاع ساحلي متوسطي متواجد بالشمال الشرقي للجزائر، تشكل جزيرة جبلية صغيرة محاطة بالبحر الأبيض المتوسط من الشمال، بحوض ألواد الكبير من الغرب، ببحيرة فزاره من الجنوب وبسهل خرازة من الشرق. تأثره بالتآكل مرتفع لذا قمنا في المرحلة الأولى بتحديد وتمييز أهم العوامل المؤدية لانطلاق وتسريع التفهق والتآكل. في مرحلة ثانية حاولنا تقييم حساسيته الكمونية للتآكل على أساس نتائج تحليل العوامل (الجغرافية، الجيولوجية، الصخرية، المناخية والانتروبية) المحتفظة والمحللة.

مناطق متساوية

الكلمات المفتاحية: الجزائر الكتل الصخرية للايدوغ

Résumé

Le massif cristallophyllien de l'Edough, un secteur côtier méditerranéen situé dans la région Nord-Est Algérien, constitue un îlot montagneux entouré par la Mer Méditerranée au nord, par la vallée de l'Oued El Kébir à l'ouest, par la dépression du lac Fetzara au sud et la plaine de Kherraza à l'est. Sa sensibilité à l'érosion est élevée. Pour en rendre compte, nous avons recherché dans une première étape d'identifier et de caractériser les principaux facteurs favorables au déclenchement ou à l'accélération des processus de dégradation et d'érosion ; et dans une seconde étape il est tenté une évaluation de la sensibilité potentielle du massif de l'Edough à l'érosion sur la base des résultats d'analyse des facteurs (géographiques, géologiques, lithologiques, bioclimatiques et anthropiques) retenus et analysés.

Mots clés : Algérie; Massif de l'Edough; érosion; cartographie; zones équiprobématiques.

Abstract

The Edough Metamorphic complex, a Mediterranean coastal sector located in the North-eastern area Algerian, constitutes a mountainous small island surrounded by the Mediterranean Sea in the north, the valley of the Oued El Kébir in the west, by the depression of the Fetzara Lake to the south and the Kherraza plain in the east. Its sensitivity to erosion is high. To give an account of it, it is required in a first step to identify and characterize the principal factors responsible for setting off or accelerating of the degradation and erosion processes; and in a second step it is attempted to evaluate of the potential sensitivity of the massif of Edough to erosion on the basis of result of analysis of the factors (geographical, geological and lithological, bioclimatic and human actions) selected and analyzed.

Key words: Algeria; massif of Edough; erosion; cartography; equiprobematic zones.

1. INTRODUCTION

Aujourd'hui, on considère que le poids des données physiques du cadre naturel sur les évolutions sociétales s'amenuise au profit d'autres logiques telles les besoins et choix sociaux, l'accessibilité, ou les données géopolitiques. Néanmoins, on ne

peut pas nier la place et le rôle que jouent les facteurs physiques dans l'organisation, le fonctionnement, l'aménagement et la dynamique des espaces géographiques. Pour la société, le milieu physique est considéré, non seulement, comme cadre

Auteur correspondant: boukhemisk@yahoo.fr (Anissa Zeghiche)

de vie, ressources à valoriser, mais également comme contraintes à lever et risques à atténuer [1]. C'est dans ce champ de réflexion que cette étude sur l'appréciation de la sensibilité à l'érosion du Massif cristallophyllien de l'Edough (un secteur côtier méditerranéen situé dans la région du Nord-Est Algérien) est proposée. Elle se veut une contribution en identifiant les prédispositions de ce massif à l'érosion et en confectionnant une carte de sensibilité à l'érosion dans un but de circonscrire les secteurs du massif les plus vulnérables à l'action de l'érosion.

2. DESCRIPTION DE LA DÉMARCHE

Notre étude sur la sensibilité à l'érosion est conduite en deux temps. Dans une première étape, il a été effectué l'identification et la caractérisation des principaux facteurs favorables au déclenchement ou à l'accélération des processus de dégradation et d'érosion. On part de l'hypothèse que le degré de stabilité morphodynamique du massif de l'Edough est conditionné par les facteurs géographiques, géologiques, lithologiques et bioclimatiques et anthropiques [2]. L'accent est, donc, mis sur l'analyse de cinq (05) variables explicatives du processus érosif dont trois (03) sont physiques (nature de la roche en place, la valeur de la pente et l'exposition), une biologique (qualité et densité de la couverture végétale) et une anthropique (interventions humaines). Une série de cartes thématiques ont été confectionnées initialement au 1/50000.

L'appréciation qualitative de la sensibilité du Massif de l'Edough a été déduite de la superposition de cette série de cartes analytiques [3]. Dans un premier temps, deux (02) cartes analytiques ont été réalisées. A partir de la carte géologique, il a été dressé une carte lithologique sur laquelle les roches ont été regroupées en trois classes de roches (roches dures, roches moyennement dures et roches

tendres) selon leur résistance. Puis une deuxième carte, la carte des pentes, est réalisée pour différencier les secteurs du massif d'un point de vue de l'énergie du relief. Les seuils de pente sont choisis conformément au seuil de déclenchement de certains processus d'érosion

Ces deux cartes analytiques sont, ensuite, superposées pour approcher la « prédisposition du substrat à l'érosion ». On considère que la combinaison roche tendre et pente forte (supérieure à 25%) donne un substrat très vulnérable à l'érosion ; à l'inverse une roche dure associée à une pente faible, donne un substrat peu vulnérable à l'érosion. Des classes intermédiaires existent, révélatrices des conditions micro locales.

Cette première appréciation de la sensibilité du massif de l'Edough à l'érosion est affinée en superposant la carte de « prédisposition du substrat à l'érosion » à la carte de l'occupation du sol. Il est établi que l'occupation du sol et surtout le taux de végétalisation a un effet protecteur contre l'érosion. De cette superposition, il est dressé une carte de la sensibilité des terrains à l'érosion. Cette dernière carte localise les secteurs du massif les plus exposés à l'érosion. En offrant un pré diagnostic, cette carte synthétique constitue un premier document sur lequel sont délimités les secteurs du Massif de l'Edough nécessitant en priorité une étude d'érosion plus détaillée qui déboucherait sur les séries de mesures d'actions anti-érosive [4].

3. IDENTIFICATION ET CARACTÉRISATION DES PRINCIPAUX FACTEURS DE L'ÉROSION POTENTIELLE À L'ÉCHELLE DU MASSIF DE L'EDOUGH

Il faut entendre par «facteurs d'érosion potentielle», les agents naturels et les conditions du milieu qui sont susceptibles de provoquer l'érosion ou de l'amplifier,

ou au contraire de la retarder ou de la ralentir. Parmi ces facteurs, on pourrait citer la forme topographique, la raideur et la longueur de la pente, la structure et la perméabilité du substrat, la hauteur et l'intensité des précipitations, le taux de végétalisation et l'action anthropique. Les interrelations entre ces différents facteurs génèrent des effets sur l'intensité, sur les processus et sur les formes d'érosion.

3.1 Massif de l'Edough : Une configuration du relief favorable à l'érosion

Le massif de l'Edough représente le plus oriental des massifs cristallophylliens du littoral algérien. Il forme une amygdale elliptique qui s'élève brusquement au dessus de la Méditerranée. Il constitue un véritable îlot montagneux d'une superficie de 47350 hectares, délimité par la mer

méditerranée au nord, par la vallée de l'oued El Kébir à l'ouest, par la dépression du lac Fetzara au sud, et par la plaine de Kherraza à l'est (fig.1 et2).

La masse principale du massif de l'Edough est allongée vers le nord-est avec une ligne de crête longue de 25 kilomètres qui s'élève rapidement pour atteindre 1008 m au Kef Seba, point culminant du massif. Cette ligne redescend vers Séraïdi, puis s'abaisse régulièrement à une altitude inférieure à 100 mètres au Cap de Garde au nord.

Le massif de l'Edough constitue une entité physique individualisée, au caractère fortement contrasté. Elle se compose de trois principaux sous-ensembles topographiques : le djebel Edough au centre, le djebel Chaïba (827 m) à l'ouest et le Béléliéta à l'est entre lesquels s'intercalent des vallées étroites et des versants pentus [5].

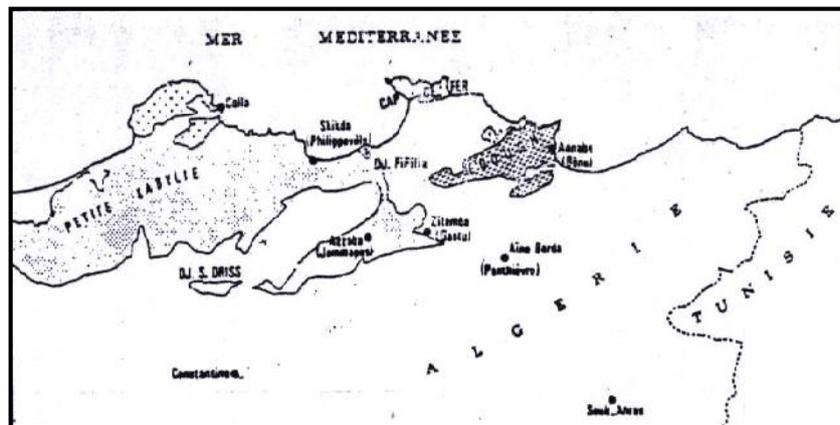


Figure 1. Situation géographique du massif de l'Edough.

Globalement, les altitudes sont modérées puisque plus de 90% de la superficie totale ne dépassent pas 600 mètres d'altitude. Les altitudes basses (inférieures à 100 mètres) sont peu répandues et ne sont présentes que dans les étroits secteurs de plages de sable. Le caractère montagnard du massif se justifie moins par les altitudes modestes que par sa position par rapport à son espace environnant. Comme le décrit

Hilly J. (1962, p. 23) « le massif de l'Edough qui surgit brusquement au-dessus de la plaine d'Annaba, les côtes bordées de falaises abruptes pouvant dépasser 200 m de hauteur, les vallées profondément encaissées dans un relief tourmenté, confèrent souvent à cette région un caractère beaucoup plus imposant que ne pourrait le laisser prévoir *a priori* son altitude absolue, jamais très forte » [6]. En revanche, le

terrain d'étude est accidenté : les pentes supérieures à 25% concernent environ 60% de la superficie totale (fig. 3). Quant aux terrains de pente inférieure à 3 %, qui correspondent en grande majorité aux replats de terrasses et aux lits d'oueds, ils ne représentent que 3 % de la superficie totale de l'aire d'étude (soit 1449 hectares).

L'opposition entre les versants nord et sud est bien marquée. Le versant nord-ouest, au contact du littoral, est moins abrupt, mais profondément entaillé par de nombreux ravins : il y a toute une série de crêtes avec une direction nord jusqu'à la mer donnant naissance en particulier aux promontoires rocheux de la Voile Noire, du Pain de Sucre et de Koudiat Tenfous. Le versant sud-est, en liaison avec une

zone de subsidence, est beaucoup plus raide.

Ainsi donc, plus que l'altitude et la forme du relief, les pentes contribuent à renforcer la sensibilité du milieu à l'érosion des secteurs de valeur de pente supérieure à 12,5% et entaillés par un réseau hydrographique extrêmement ramifié. L'énergie du relief constitue un potentiel d'érosion dans la mesure où le degré de la pente augmente le coefficient de ruissellement et la longueur de la pente est créatrice de force vive pour l'eau qui s'écoule ; de même l'amplitude de la dénivelée favorise ou accentue les processus d'érosion ; et la forme du versant (qui est soit convexe ou concave) déclenche l'érosion ou la sédimentation.

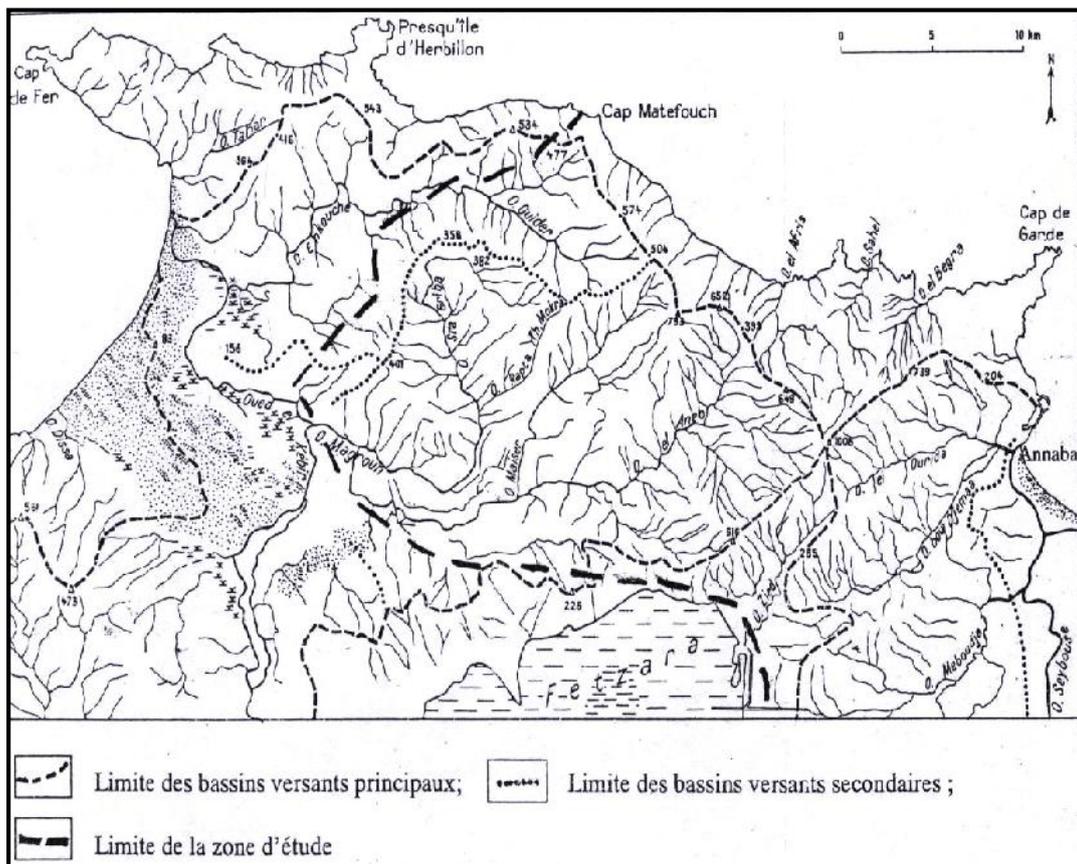


Figure 2. Localisation de la zone d'étude.

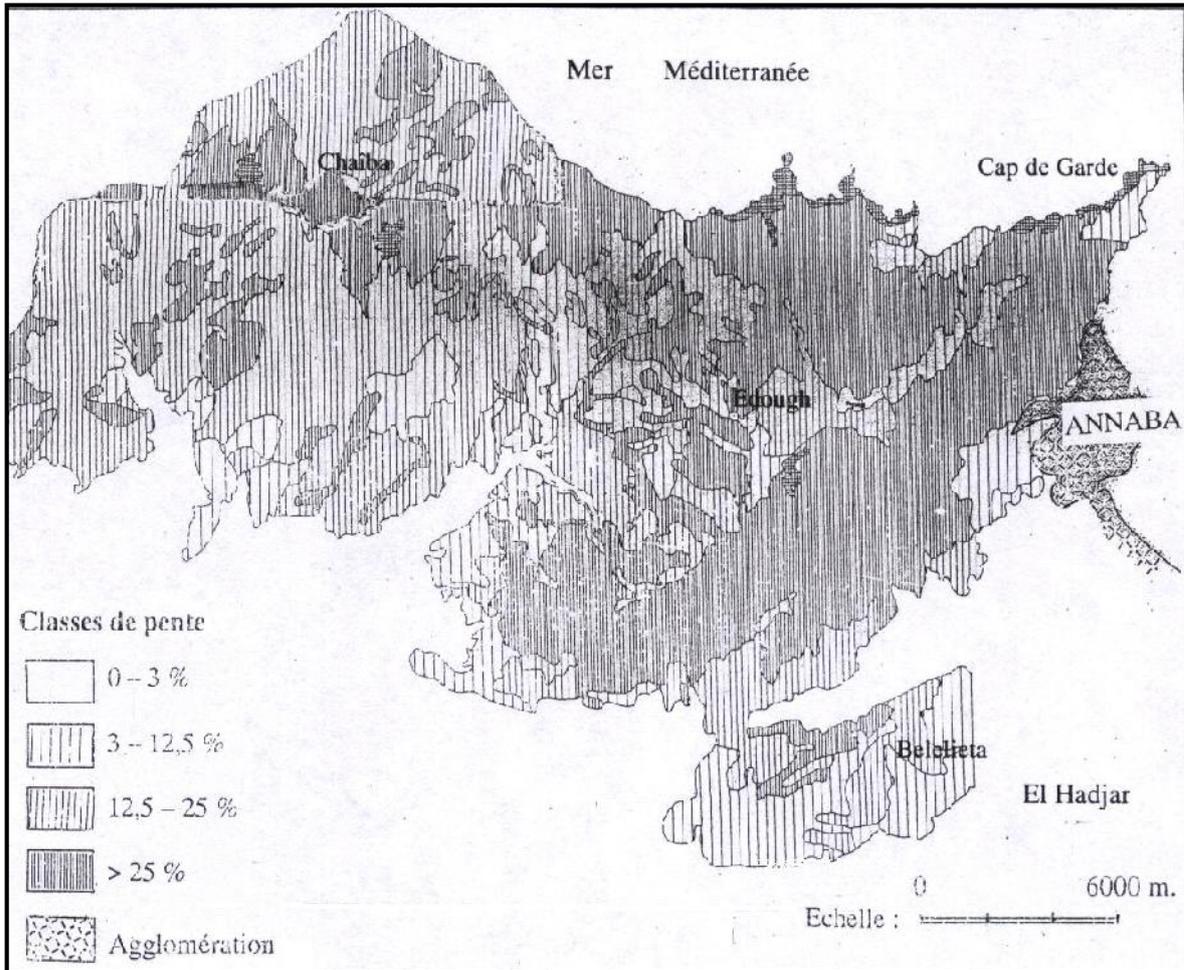


Figure 3. Les pentes dans le massif de l'Edough.

3.2 Des caractéristiques géologiques favorables à l'action érosive

La lithologie identifie de façon synthétique les caractéristiques des substrats géologiques et informe sur leurs capacités de résistance face aux agents d'érosion. A ce propos, il y a lieu de préciser qu'à la différence des roches sédimentaires qui sont, par leur origine et leur nature, aisément classables en roches dures et tendres, il n'y a pas pour les roches cristallines de relation directe et immédiate entre le type de roche et sa dureté. En effet, une roche cristalline peut connaître un stade de désagrégation avancé sous l'effet combiné d'une multiplicité de paramètres dont la cohésion des constituants, la proportion de calcite, la stratification, la

schistosité, la foliation. Le processus de désagrégation est amplifié sous l'effet de la pente et agents climatiques. C'est dire que les structures cristallines résistent bien à l'érosion mécanique, mais elles n'offrent qu'une résistance amoindrie à l'altération chimique [7]. Quand une roche comporte parmi ses minéraux constitutifs un minéral altérable, c'est tout son édifice qui est susceptible d'être atteint : le minéral sensible se transforme en argile et les autres minéraux constituants sont libérés sous forme de sable.

Le massif de l'Edough (fig. 4) correspond à un vaste anticlinal dont le dôme est constitué de gneiss, ceinturé de micaschistes avec des extrusions de

roches ignées (microgranites, rhyolites), et une couverture de roches sédimentaires (argiles et grès numidiens). Il est formé de 3 grands ensembles lithologiques : un ensemble métamorphique, un ensemble sédimentaire et un ensemble éruptif [8].

L'ensemble métamorphique est formé par la superposition de trois unités : une unité de base à dominante gneiss migmatitiques, une unité intermédiaire constituée essentiellement de micaschistes englobant des bancs de marbre et d'amphibolites, et une unité supérieure alternant des micaschistes et des bancs de

quartzites. L'ensemble sédimentaire est représenté par des flyschs sénoniens et des grès numidiens reposant directement sur le socle. Quant à l'ensemble éruptif, il comprend des roches calco-alcalines, principalement des microgranites et des rhyolites sécant le plus souvent le socle et sa couverture. Ces différentes formations pourraient être regroupées en trois classes selon leur degré de résistance à l'érosion : celle des substrats résistants, celle des substrats moyennement résistants et celle des substrats peu résistants.

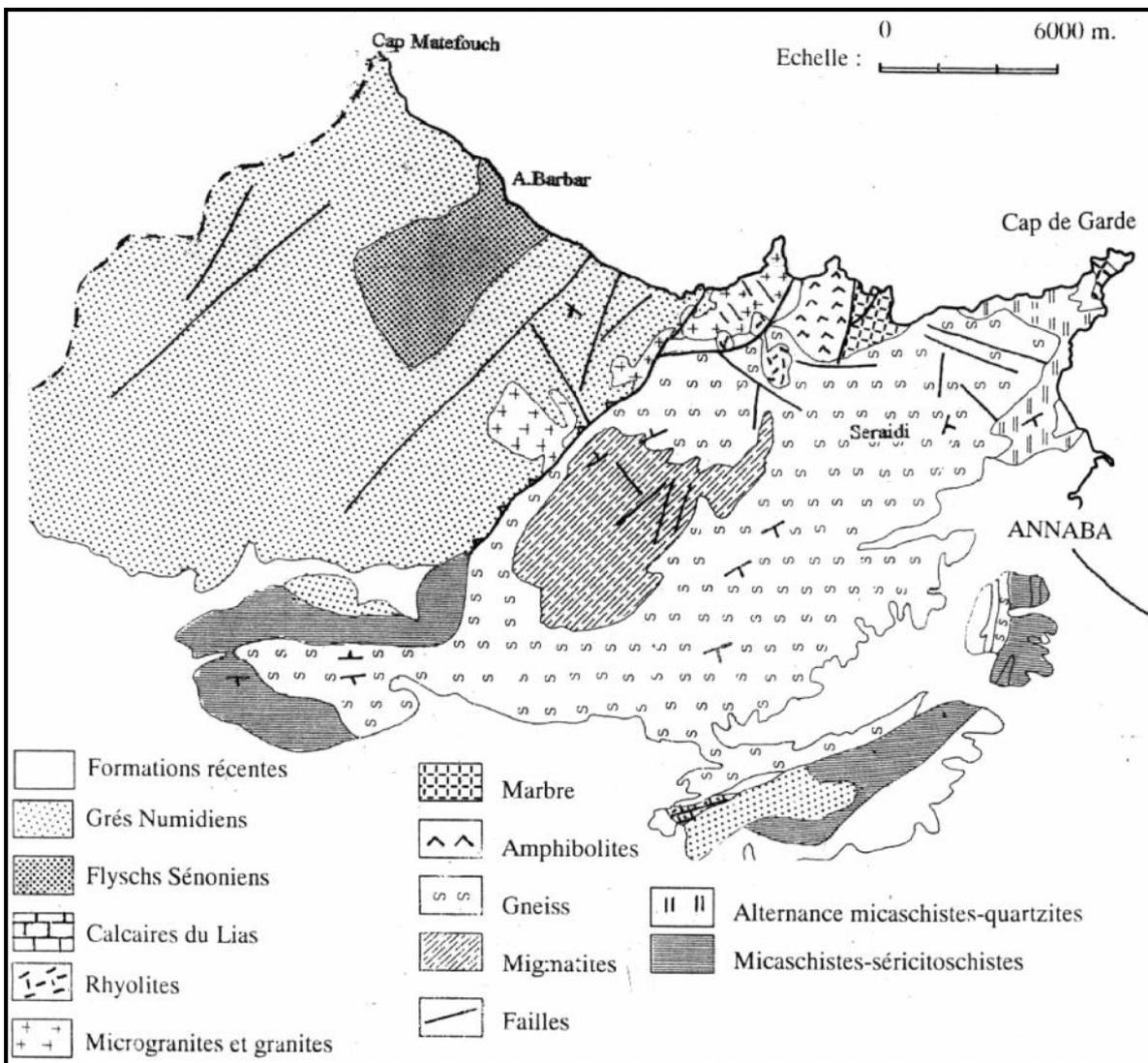


Figure 4. Carte géologique schématique du massif de l'Edough (J. Hilly, 1962 [6])

3.2.1 Substrats résistants

Les roches considérées comme les plus résistantes aux agents d'érosion sont les microgranites et granites, les rhyolites, les gneiss et les grès.

Les microgranites et les granites sont des roches cristallines dont les minéraux principaux (quartz, plagioclases et biotites) sont fortement liés. Leur texture microgrenue accroît leur résistance. C'est pourquoi on les retrouve dans la région sous une forme massive. Mais, ces roches cristallines qui sont constituées par des assemblages de minéraux variés sont plus ou moins sensibles à la météorisation. C'est ainsi qu'en certains endroits, l'arénisation peut être très poussée et les affleurements sont masqués par plusieurs mètres de sable grossier blanc dans lequel l'érosion a creusé de profondes entailles. En s'altérant la roche devient plus claire tandis que la biotite prend une teinte verte. On retrouve ces roches au Kef Bou Assida ainsi que sur la côte au Pain de sucre.

Les rhyolites, d'origine endogène, représentent également un groupe de roches résistantes. Elles se rencontrent dans la partie NW du massif de l'Edough ainsi qu'au Kef Lakhal. Suivant le mode de gisement, ces formations peuvent être réparties en deux catégories : les unes constituent des massifs, les autres plus récentes sont filoniennes. Elles sont des roches de couleur claire, verdâtre à jaunâtre et parfois franchement blanches dans les zones altérées. Elles comprennent du quartz, parfois en prismes courts et quelques feldspaths, la biotite très altérée est souvent absente. Le débit est prismatique. Elles sont finement litées quand elles sont saines.

Les gneiss, d'origine métamorphique, se présentent également sous forme de matériaux résistants à l'érosion. Ils forment le cœur de la structure anticlinale du massif de l'Edough de même qu'ils affleurent au Cap de Garde. Les uns sont oillés, d'autres finement feuilletés, et d'autres encore rubanés; des types

intermédiaires font le passage entre ces différents faciès qui sur le terrain se rencontrent les uns à côté des autres. La plupart des gneiss sont à deux micas, mais parfois la biotite, et plus fréquemment la muscovite est seule représentée. Ils renferment, outre la biotite et la muscovite, le quartz, des feldspaths alcalins (orthose, microcline) et des plagioclases (albite, oligoclase), de la tourmaline et du grenat, près des zones de passage aux micaschistes.

Quant aux grès, ils constituent des formations épaisses (plus d'un mètre), cohérentes, dures au marteau (en particulier les grès quartzeux) et peu diaclasées. Dans ces formations en bancs épais, des lentilles argileuses existent. Dans ces dernières conditions, les formations superficielles sont peu épaisses sauf en bas de pente où les bancs de grès affleurent souvent. Sur les versants, s'observent des éboulis de grès ainsi que des glissements affectant les lentilles d'argile. On a ainsi des colluvions où des éléments grossiers hétérométriques gréseux qui se mêlent à une argile bariolée, très marquée par l'hydromorphisme.

3.2.2 Substrats moyennement résistants

Cette classe réunit des roches qui sont fondamentalement résistantes mais qui s'altèrent plus facilement sous les effets des apports pluviométriques importants et de la forte déclivité et de la fracturation. Il s'agit de calcaires métamorphiques, de micaschistes, de calcaires massifs du Lias et de formations à faciès flysch.

Les calcaires métamorphiques se présentent en bancs interstratifiés dans des séricitoschistes et des micaschistes. La calcite est le minéral principal avec le quartz et la muscovite. Les micaschistes présentent une structure nettement litée du fait de l'alternance de minces feuilletés quartzeux et phylliteux. On les retrouve

associés aux gneiss surtout au Cap de Garde. Les calcaires massifs du Lias qu'on retrouve à la Voile Noire forment généralement des ensembles montagneux élevés, ayant subi une altération de type karstique. On peut ainsi y observer localement des champs de lapiés.

Enfin, les formations à faciès flysch, tectonisées, se comportent aussi comme moyennement résistantes à l'érosion en général et à l'érosion hydrique en particulier. Dans cette unité existent des grès à faciès numidien en bancs peu consolidés ou peu épais qui alternent avec des argiles. Ces formations sont littéralement hachées de joints de stratification et de diaclases diverses. Cela permet le délogement d'une grande quantité de matériel grossier très hétérométrique dont la mise en place a été facilitée par des glissements. Ces matériaux évoluent lentement par reptation sur les versants et donnent, avec l'appoint de l'altération, des colluvions épaisses lorsque la végétation naturelle n'est pas dégradée. Ailleurs, lorsque la végétation est dégradée (versants à exposition sud, zones cultivées), la partie terreuse de la colluvion est rapidement entraînée vers les axes de drainage par le ruissellement. Dans ces secteurs où la végétation est fortement dégradée, le phénomène de décapage se généralise, les ravins se développent rapidement pour créer des zones de bad-lands. Ces formations lithologiques se retrouvent principalement dans les milieux de pente forte. Dans cette unité, le relief est empâté par des colluvions.

3.2.3 Substrats peu résistants

Ils correspondent aux argiles et aux formations superficielles. Les argiles qui sont des formations de roches meubles et tendres sont très répandues. Elles sont associées aux flyschs sénoniens et de la nappe numidienne [9]. Les formations superficielles comprennent les produits

d'altération et ceux déplacés. Les uns sont d'origine marine tels les cordons littoraux et grès de plage ; les autres relèvent de la sédimentation continentale notamment les grès dunaires, terres rouges, éboulis, alluvions.

3.3 Un climat agressif

Les caractéristiques du climat ont une influence remarquable sur la formation et l'évolution des sols et de la couverture végétale, tout comme sur l'intensité de l'érosion hydrique là où le ruissellement s'instaure. Les précipitations activent les phénomènes d'altération des roches et des sols. De par la situation géographique de l'aire d'étude, l'impact du facteur température sur l'érodibilité est moindre que celui des précipitations. « La pluie est le principal facteur de l'érosion hydrique, et son érosivité dépend essentiellement de sa hauteur et de son intensité » [10].

Les caractéristiques climatiques de l'aire d'étude sont établies sur la base des données recueillies au niveau de quatre stations météorologiques : celle d'Annaba les Salines située à l'est du massif de l'Edough, celle de Berrahal implantée au pied du versant exposé au sud-ouest, celle de Ain Berda, située au sud à une trentaine de kilomètres du massif et celle de Seraidi localisée sur le massif. De par leur situation géographique, les stations d'Annaba et de Seraidi permettent une corrélation basée sur le gradient altitudinal, car en latitude le décalage est imperceptible.

Des données climatiques recueillies pour la période 1980-2007, il est aisément déduit le caractère relativement abondant mais très irrégulier du régime pluviométrique. Les moyennes mensuelles et annuelles des précipitations (Tab.1) masquent une très grande variabilité des précipitations dans le temps (variabilité intra annuelle) et dans l'espace (variation selon la position géographique, l'exposition).

Tableau 1. Moyennes mensuelles et annuelles des précipitations (mm), 1980-2007.

Mois / Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Moyenne Annuelle (mm)
Annaba les Salines	32,8	40,1	103,3	116,9	97,6	66,7	69,3	54,4	26,3	9,6	1,7	7,1	625,7
Berrahal	28,7	57,4	92,7	136,1	110,1	83,9	65,0	60,1	36,4	12,8	3,3	7,3	693,9
Aïn Berda	38,6	51,3	76,5	110,7	96,1	72,4	67,9	59,7	39,7	14,4	2,1	7,7	637,1
Seraidi	56,0	106,6	164,1	189,9	173,8	130,1	111,7	112,2	52,9	17,1	6,2	17,4	1138,0

Source : Office National de Météorologie

Ainsi, il est enregistré au niveau de la station d'Annaba les Salines 877 mm en 2003-2004 (l'année la plus pluvieuse) contre 470 mm en 2000-2001 (l'année déficitaire). Au niveau de la station de Berrahal sise au pied du versant exposé au sud-ouest et à une trentaine de kilomètres de la mer, il a été enregistré 886,8 mm en 1984-1985. Tandis qu'au niveau de la station de Seraidi située sur le massif, les quantités de précipitation varient entre 1556 mm en 1991-1992 contre seulement 738 mm en 1988-1989. Ces hauteurs de précipitations moyennes annuelles surviennent en une centaine de jours.

En terme de répartition mensuelle des précipitations, il faut noter que 90 % du total de précipitation annuelle tombent durant la période allant d'octobre à mai, avec néanmoins une forte concentration des pluies durant les mois de décembre et de janvier et une seule semaine sous forme de neige sur le sommet du Djebel de l'Edough. Décembre est le mois le plus humide tandis que le mois de juillet, avec des hauteurs de pluie comprises entre 1,7 mm et 6,2 mm, est le mois de l'année le plus sec.

De plus, un gradient pluviométrique altitudinal est observé : par exemple, au niveau du massif de l'Edough stricto sensu, il est noté une augmentation de la tranche de pluie de la base au sommet : 800 à 1000 mm, 1000 à 1200 mm et 1200 à 1500 mm/an.

En somme, le massif de l'Edough jouit d'un climat méditerranéen aux étages bioclimatiques humide et subhumide. Mais cette relative abondance des précipitations dissimule une contrainte

climatique majeure : celle d'une alternance très marquée entre une longue saison sèche pendant laquelle surviennent des orages et une saison humide courte mais aux pluies aux hauteurs très irrégulières et au caractère souvent violent. A ce propos, M. Cote [11] écrit cette « appartenance au monde méditerranéen introduit dans cette abondance une fausse note : période des hautes précipitations (hiver) et période des hautes températures (été) sont dissociées ; le végétal ne trouve pas ici la conjonction des facteurs qui lui réussit si bien en climat tropical ». Une telle dissociation profite surtout à l'arbre. Au vu de la faiblesse de l'évapotranspiration en période hivernale, une grande quantité des précipitations s'infiltré dans le sol et constitue un stock pour la période estivale.

Par conséquent, à la forte oscillation inter-mensuelle des précipitations s'ajoute le caractère torrentiel des pluies. A titre indicatif, le 13 décembre 2005, les hauteurs de pluie maximales recueillies en 24 heures, au niveau de la station Annaba les Salines et de Seraidi, ont atteint respectivement 61 mm et 139 mm, soit des intensités respectivement de 2,54 et 5,79 mm/heure. Au niveau de la station de Seraidi, les valeurs maximales sont exceptionnelles : il a été enregistré 147 mm / 24 heures le 15 Avril 1979, soit une intensité de 6,12 mm / heure. Cela signifie que lors d'une seule pluie torrentielle, on peut enregistrer une quantité d'eau plus ou moins équivalente au 1/10^{ème} de la totalité des précipitations moyennes annuelles (tab. 1).

La sensibilité à l'érosion est d'autant

plus prononcée que les épisodes pluviaux sont longs. En effet, si ces pluies torrentielles se succèdent au cours d'un épisode pluvieux assez long, l'effet hydrométéorologique du phénomène d'averse devient plus grand sur la genèse et la prorogation des crues, et donc d'une amplification de l'érosion hydrique des sols. Pour preuve, il est tombé pendant une séquence de huit jours durant le mois de mars 1973 des lames d'eau de 142.8 mm, 138.5 mm, et 135.5 mm respectivement aux stations d'Annaba les Salines, de Berrahal et d'Ain El Berda. En décembre 1984, des séquences de 12 à 13 jours ont donné des lames de 189.4 mm, 250 mm, 179.3 mm et 317 mm aux stations d'Annaba les Salines, de Berrahal, d'Ain Berda et de Seraidi.

Ces sont les épisodes pluvieux de ce type (averses) qui sont à l'origine des crues plus ou moins désastreuses. Les pluies torrentielles jouent un rôle capital dans l'érosion hydrique en augmentant les volumes et les débits d'écoulement, en alimentant les transports solides, et en participant à l'élévation du degré d'altération et de torrentialité. Leurs effets érosifs sont d'autant plus remarquables que l'averse est plus intense, le bassin versant plus imperméable, la pente des versants plus forte, les chenaux d'écoulement plus pentus et plus étroits et les effluents plus rapidement confluent [12].

L'écoulement, au niveau du massif de l'Edough, est important : il peut atteindre jusqu'à 60% des précipitations ; plusieurs facteurs y contribuent dont les pentes fortes et abruptes et les roches compactes qui en comportant d'étroites fissures ralentissent la vitesse d'infiltration. Le réseau hydrographique est caractérisé par un chevelu hydrographique très dense et fortement ramifié. La ramification est conditionnée par le degré d'imperméabilité et de la structure de la roche en place. En outre, l'incision de la roche est renforcée par l'influence des

conditions climatiques et par des paramètres physiques dont la pente.

Le drainage dans l'ensemble du massif est de type dendritique. Il est guidé par les accidents tectoniques qui affectent la région et qui est responsable de la mise en place de ravines évoluant suivant la direction des petites failles. Il est noté des densités de drainage fortes à très fortes de l'ordre de 8,3 km/km² sur le versant d'exposition sud et de 7,29 km/km² pour le versant d'exposition nord. Le coefficient de torrentialité est un paramètre plus indicatif et plus expressif que la densité de drainage ; des valeurs du coefficient élevées expriment de fortes torrentialités et traduisent une grande agressivité des averses. Tout autour du massif de l'Edough, se sont développées des zones d'épandage et de dépôts de produits et matériaux arrachés au massif : le lac Fetzara, la plaine de Kherraza, la vallée de Oued El Aneb et la Mer Méditerranée.

Le degré de sensibilité à l'érosion varie localement en fonction de l'exposition, de l'altitude et de la distance par rapport à la mer ; autant de facteurs participant à la création de conditions microclimatiques et influant de manière très différentielle sur l'activité érosive locale. De cette manière si la mer joue un rôle de régulateur du climat en adoucissant les températures en hiver et en les rafraîchissant en été, elle participe indirectement à l'érosion par les effets des vents dominants Nord-Ouest (vents marins) chargés d'humidité et de sel, ce qui en retour favorise la corrosion sur la côte. Par ailleurs, il y a lieu de prendre en compte les effets d'usure produits par la vitesse et par la force des vagues surtout en hiver.

Le degré de sensibilité à l'érosion est également variable selon la configuration du relief. Dans le cas de l'aire d'étude, le relief joue un rôle non négligeable de part son orientation parallèle à la côte. C'est ainsi que le versant nord se situe dans l'étage bioclimatique humide à hiver tempéré, alors que le subhumide à hiver chaud caractérise la partie méridionale.

Ce qui signifie qu'à l'opposition topographique se superpose une différenciation en zones climatiques. L'eau, de par son abondance ou sa rareté, est un agent essentiel de l'érosion. En favorisant la fragmentation mécanique et les processus de décomposition chimiques des roches, l'eau joue un rôle fondamental dans le déclenchement et l'accélération des processus d'érosion [13]. En périodes sèches, son rôle érosif est relayé par celui du vent et de la chaleur. Cependant, les effets des agents climatiques sont modulés par la qualité et la densité de la couverture végétale.

La couverture végétale joue un rôle déterminant vis-à-vis de l'écoulement et de l'érosion hydrique, et plus précisément, elle atténue les effets du ruissellement. D'une façon générale, la végétation protège le sol avec un degré d'efficacité qui dépend de son taux de recouvrement et de sa puissance d'enracinement, et de la qualité et de la densité de son sous-bois. Aussi, par le biais d'une délimitation des secteurs à formations végétales denses et ceux à formations végétales claires (fig. 5), il est possible d'identifier indirectement les secteurs d'espace les plus exposés aux effets du ruissellement et donc à l'érosion hydrique.

3.4 Le couvert végétal : un frein à l'érosion

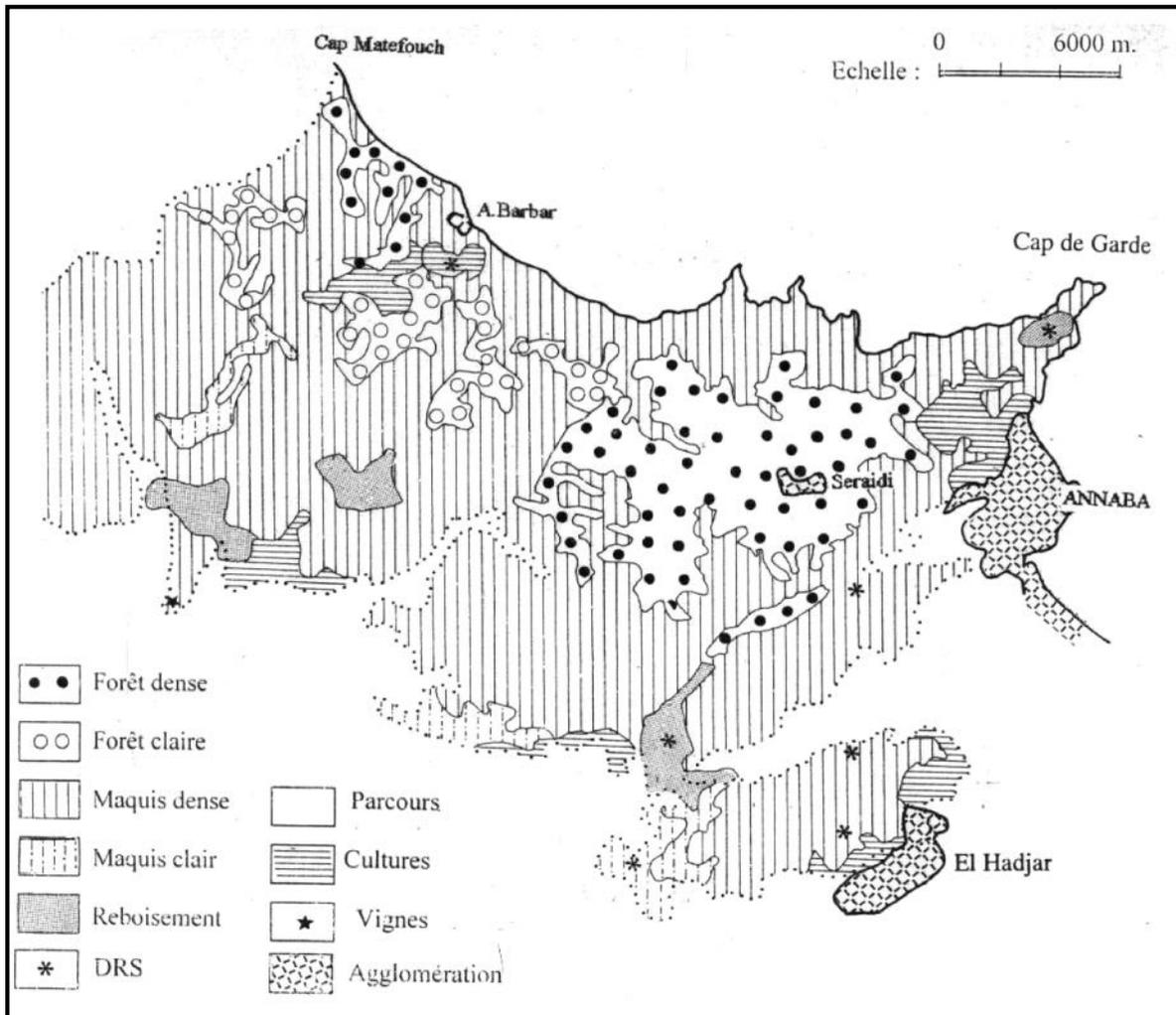


Figure 5. L'occupation du sol dans le massif de l'Edough (Etude BNEDER 1980 [15]; Photo aérienne et travaux de terrain)

La couverture végétale s'étend sur 42250 hectares, soit un taux de végétalisation important de 89%. Mais qualitativement, cette végétation a une efficacité relativement amoindrie car elle est constituée à 69% de maquis. Le domaine forestier n'occupe que 12793 hectares, soit 27,01% de la superficie totale de l'aire d'étude. De plus, il est noté une répartition spatiale inégale du couvert végétal.

Sur les ubacs, la présence d'une couverture végétale plus dense souvent stratifiée enracinée sur des sols humifères assez profonds (0,60 à 1m), composée d'une strate arborée avec sous-bois, a pour effet de freiner le ruissellement. Le massif de l'Edough est peuplé, sur son versant nord, par des espèces forestières. La forêt y est très développée et recouvre la majeure partie des terrains métamorphiques et ignés ainsi que sur de vastes étendues de flysch argilo-calcaréo-gréseux. La formation dominante est celle du chêne-liège. Son cortège floristique est composé essentiellement de bruyère arborescente, lentisque, myrte, ciste, arbousier [14]. Le chêne Zeen occupe les enclaves les plus humides telles les fonds des vallées et le sommet du Djebel de l'Edough. Sur les hauteurs de l'Edough, on recense aussi quelques peuplements de pins maritimes. Au-delà des limites de la forêt se succèdent les secteurs de maquis dense.

A l'opposé, sur les adrets, le taux de végétalisation est plus faible. Les formations végétales sont plus basses et développées sur de minces rendzines, sur des sols squelettiques, voire à même de la roche en place. Ils sont globalement le domaine du maquis plus clairsemé. On y rencontre le doum (palmier nain), le diss (*Ampelodesma mauritanica*) et la lavande. L'abondance du diss est indicateur d'un peuplement de clairière, surpâturé. Les pluies y ruissellent avec plus de violence et d'agressivité.

A l'échelle de l'aire d'étude, on recense quelques secteurs où le sol est très

mince voire absent. Les sols y sont très siliceux engendrés par l'altération des microgranites et les gneiss. En rapport à l'effet protecteur de la végétation contre l'érosion hydrique, il est constaté que, bien qu'environ 67% du domaine forestier soient confinés dans des secteurs à pentes fortes voire très fortes, les marques d'érosion sont moins visibles.

Somme toute, sur le plan physique, la sensibilité du massif de l'Edough à l'érosion est particulièrement bien soulignée par une topographie accidentée et disséquée, par un réseau hydrographique très ramifié, par une structure géologique et lithologique favorisant la décomposition et les altérations, et par un climat agressif. Cette prédisposition du milieu à l'érosion est localement atténuée ou accélérée par la nature et la densité du couvert végétal et par les formes d'interventions humaines sur le milieu physique.

3.5 L'homme : facteur de déstabilisation du milieu

La zone forestière connaît une importante phase régressive sous l'effet conjugué d'une surexploitation des ressources forestières, d'une fréquence élevée d'incendies ravageurs particulièrement durant la décennie « noire » (1990-2000) et d'un vieillissement des futaies rendant la régénération naturelle difficile surtout que les interventions sylvicoles en vue de rajeunissement des subéraies sont rares. Selon P. Boudy [16], la couverture végétale du Massif de l'Edough s'étendait, en 1950, sur 51686 hectares dont près de 75 % composés d'espèces forestières. Une quarantaine d'années plus tard, le secteur forestier n'occupe plus que 12547 ha soit une réduction de son étendue par 3,42 par rapport à 1950. Par contre, les étendues de maquis ont progressé de 8655 hectares en 1950 à 29457 hectares durant la même période [15].

Comparativement à d'autres zones de montagne du Tell, le massif de l'Edough est peu peuplé. Mais au vu de la richesse de son sous-bois tant sur le plan quantitatif que qualitatif, les riverains s'adonnent, pour des raisons socio-économiques, à l'exploitation anarchique des ressources forestières (le défrichement, la surexploitation des ressources forestières dont la coupe incontrôlée des arbres) et pratiquent l'élevage extensif (élevages ovin et bovin). De telles pratiques ont contribué à réduire considérablement la croissance de la forêt, du sous-bois et du maquis laissant des étendues de terre à nu, et par voie de conséquence à déclencher, à aggraver et à généraliser l'action de l'érosion. La loi forestière n°84-12 du 23 juin 1984 portant régime général des forêts (complétée et modifiée par la loi n° 91-20 du 2 décembre 1991), le code forestier algérien interdisant le parcours en forêt, et la présence sur le terrain d'agents forestiers, n'ont eu que peu d'effets dissuasifs. Si bien que des formes d'érosion variées sont perceptibles dans le paysage. La morphodynamique actuelle est partout

visible dans le paysage : décapage des sols, ravines et rills, boursoufflures des versants argileux, etc.

4. MANIFESTATIONS DE L'ÉROSION DANS LE MASSIF DE L'EDOUGH

Les différenciations dans la sensibilité du Massif de l'Edough à l'érosion relèvent de l'effet combiné des variables telles que la géologie, la lithologie, la pente, l'orientation, le bioclimat et l'utilisation des terres. Ainsi, d'une manière générale, sur les roches cohérentes telles les microgranites, les gneiss, la dynamique érosive ne progresse que lentement et reste limitée en profondeur en se manifestant le plus souvent par ravinement. Tandis que sur les roches meubles, les argiles, l'érosion en masse se manifeste par des glissements et des solifluxions.

La superposition des cartes thématiques a permis la réalisation d'une carte résumant la subdivision du massif de l'Edough en trois principales classes en fonction de l'intensité d'érosion (fig. 6).

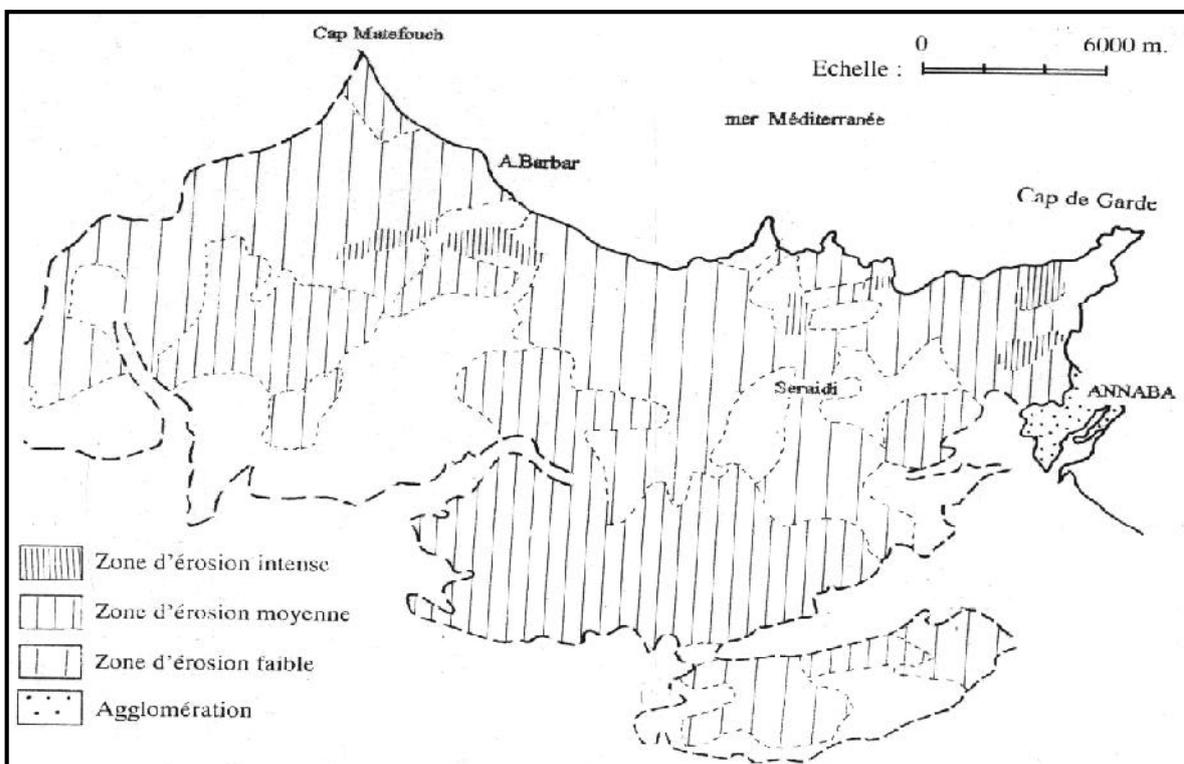


Figure 6. Erosion dans le massif de l'Edough

4.1 Terrains d'érosion intense

Ce sont les secteurs soumis à une érosion hydrique intense se manifestant par des ravinements et les glissements de terrain récents, à l'exception des secteurs où le taux de végétalisation est élevé. Ces terrains sont affectés par des processus et par la fréquence de certaines formes caractéristiques dont la fixation et l'évolution peuvent atteindre le stade irréversible si la restauration n'intervient pas à temps. L'équilibre des pentes et des versants est de plus en plus mis en cause ; les ravinements ont tendance à s'accroître et à s'approfondir. Certaines zones sont représentées le plus souvent par des badlands. Cette zone intensément érodée, dont le potentiel productif est fortement réduit, nécessite des travaux majeurs de remise en état pour espérer rétablir la stabilité du milieu.

4.2 Terrains d'érosion moyenne

Ce sont des terrains qui connaissent un début de ravinement. En terme d'extension, ils sont plus importants que les terrains précédents. On les retrouve sur le versant exposé au sud, au Cap de Garde ainsi qu'au sud de Ain Barbar. Ils sont à considérer comme zones nécessitant des mesures de protection : selon les cas freiner les ravinements sur les secteurs de versants ou fixer les mouvements de masse en terrains argileux.

4.3 Terrains de faible érosion

Cette classe regroupe des terrains les moins accidentés (principalement les replats), et donc les plus faiblement érodés et où le potentiel érosif est réduit. Nous les retrouvons aussi sur les versants exposés au nord où la végétation est dense. L'action érosive se limite à la naissance de réseaux de rigoles. Pour cette catégorie de terrains, il y a lieu de prendre des précautions appropriées dans leur utilisation et leur exploitation.

4. CONCLUSION

La présente étude a eu pour objectif une appréciation qualitative de la sensibilité du massif de l'Edough à l'érosion. Les résultats de l'analyse des facteurs géographiques, géologiques, lithologiques et climatiques ont démontré que, globalement, nous sommes en présence d'un milieu instable, où la pédogenèse n'arrive que rarement à s'exercer. La morphogenèse actuelle est très active résultant de la combinaison des pentes fortes, d'un climat « agressif » (aux averses violentes), de sols à mauvaise structure, et d'une couverture végétale très ouverte favorisent la morphogenèse. Les sols ont du mal à se former et restent embryonnaires (lithosols). Inversement, dans les secteurs où la couverture végétale est touffue avec une strate basse très couvrante, des pentes moyennement faibles, la destruction de la matière organique est lente et la pédogenèse favorisée. Tandis que dans les secteurs où la pente est faible, nous avons constaté que l'entraînement des particules est grandement freiné (colluvionnement).

Ces résultats nous ont permis de dresser une carte synthétique mettant en évidence la différenciation de sensibilité à l'érosion selon les conditions micro locales, et ciblant les secteurs d'espace du massif de l'Edough les plus vulnérables à l'érosion. Cette carte de zonage oriente sur la tendance évolutive du milieu et sur les choix de moyens et de techniques pouvant être mis en œuvre pour infléchir la tendance. Mais, il y a lieu de préciser que la prise en charge technique ne suffirait pas à atténuer l'action de l'érosion du massif. Pour espérer un infléchissement de la tendance, il faudra également préconiser la sensibilisation et l'implication effective de la population locale. Sans omettre d'accorder toute l'importance dévolue aux études d'impact dont la finalité est de faire connaître et d'évaluer les incidences directes et indirectes des projets d'aménagement sur

l'équilibre écologique d'une part et d'autre part sur la qualité du cadre de vie de la population.

Références

[1] http://eduscol.education.fr/D0126/hist_geo_bonhoure_delort_veyret.htm

[2] K. Elbouqdaoui, H. Ezzine, M. Zahraoui, M. Rouchdi, M. Badraoui, *Evaluation du risque potentiel d'érosion dans le bassin-versant de l'oued Srou (Moyen Atlas, Maroc)*, Sécheresse, 2006, 17 (3), p.425-31.

[3] A.Saadi, H. Vogt, *Une méthode de détermination de l'érodabilité des terrains quaternaires par traitement automatique des données cartographiques, à l'exemple de la région de Kristel – Oranais (Algérie)*. Bull. Assoc. Franç. Etude Quaternaire, 1981, 1, p.21-26.

[4] A. Bouchetata, T. Bouchetata, *Propositions d'aménagement du sous-bassin versant de l'oued Fergoug (Algérie) fragilisé par des épisodes de sécheresse et soumis à l'érosion hydrique*, Sécheresse, 2006, 17 (3), p.415-24.

[5] F. Tomas, *Annaba et sa région. Organisation de l'espace dans l'extrême nord-est algérien*, 1977.

[6] J. Hilly, *Etude géologique du massif de l'Edough et du Cap de fer*, Publ. du Serv. de la carte Géol. Algérie, 1962, Bull. n°19, 408 p. Alger.

[7] A. Oularbi, *Contribution à l'étude du milieu physique du massif cristallophyllien de l'Edough (nord-est Algérien)*. Mémoire de Magister,

Université Mentouri - Constantine, 1999.

[8] G. Gleizes, J. Bouloton, G. Bossiere, J.

Collomb, *Données lithologiques et pétro-structurales nouvelles sur le massif cristallophyllien de l'Edough (Est Algérien)*, C. R. Acad. Sci. Paris, 1988, Tome 306, Série II, p.1001-1008.

[9] J.P. Flotte, *Une formation génératrice de coulées : le numidien d'Algérie*, BRGM, 1984, p. 517-524.

[10] Y. Le Bissonnais, J. Thorette, C. Bardet, J. Daroussin, *L'érosion hydrique des sols en France*, <http://erosion.orleans.inra.fr/rapport> 2002.

[11] M. Cote, *L'Algérie ou l'espace retourné*, Médias-Plus, Constantine, 1993.

[12] C. Le Cœur, *Eléments de géographie physique*, Collection Grand Amphi, Le Bréal, Paris, 1996.

[13] G. Millot, G. Bocquier, R. Boulet, A. Chauvel, J.C. Leprun, D. Nahon, H. Paquet, G. Pedro, P. Rognon, A. Ruellan, Y. Tardy, *Géochimie de la surface, pédogenèse, aplanissements et formes du relief dans les pays méditerranéens et tropicaux*, In «Phénomènes de transport de matière dans l'écorce terrestre», ATP-CNRS, Sciences géologiques, mém.53, pp. 39-44. 1979.

[14] P. Boudy, *Guide du forestier en Afrique du Nord*, La maison rustique, Paris, 1952.

[15] Bureau National d'Etudes pour le Développement Rural (BNEDER), *Etude d'inventaire des terres et forêts de l'Algérie du Nord, Wilaya d'Annaba. Rapport par wilaya*, 1980.