

CONDITIONS GEOGRAPHIQUES DE LA LUTTE CONTRE L'EROSION DANS LA REGION D'AIN DRAHAM (TUNISIE DU NORD-OUEST)

Par : J. BONVALLOT, Géographe de l'O.R.S.T.O.M.

E-S 204

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION DES RESSOURCES EN EAU
ET EN SOL
DIVISION DES SOLS

CONDITIONS GEOGRAPHIQUES DE LA LUTTE CONTRE L'ÉROSION
DANS LE RÉGION D'AIN DRAHAM (TUNISIE DU NORD-OUEST)

par J. BONVALLOT

Géographe de l'ORSTOM

Ce rapport présente les résultats de recherches menées au Service géomorphologique de la Division des Sols dans le cadre d'accords conclus entre l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (O.R.S.T.O.M.) et la Direction des Ressources en Eau et en Sol du Ministère de l'Agriculture.

Copyright DRES - ORSTOM 1982.

Les montagnes humides d'Afrique du Nord et plus particulièrement le Rif et les chaînes telliennes sont bien connues pour les phénomènes généralisés de glissements de terrain qui affectent leurs versants argileux ou argilo-gréseux (MAURER - 1976 - 1979). En Kroumirie, Marthelot (1957 - 1960) s'est attaché à étudier plus particulièrement la région d'Afn-Draham en y mettant au point une typologie des formes engendrées par les glissements et en en déterminant les principales causes. Il s'agit là en effet, de phénomènes très spectaculaires qui, non seulement provoquent des pertes en terre considérables, mais aussi nuisent au bien-être des populations (KASSAB - 1976, SETHOM et KASSAB - 1981) en diminuant les superficies cultivables et en menaçant les implantations humaines.

La Presse de Tunisie, à l'occasion d'une enquête sur la Kroumirie, se fait l'écho, en des termes certes exagérés (1), des manifestations les plus voyantes de l'érosion en soulignant surtout le caractère de "nuisance" qui en résulte pour la population de la petite bourgade d'Afn-Draham. Mais la réalité, bien que devant être nuancée, n'en est pas moins cruelle puisque des routes sont partiellement emportées ou menacées de l'être, des points d'eau disparaissent, des maisons s'effondrent chaque année. La population, reconnue comme une des plus déshéritées de Tunisie (2) voit ses maigres ressources menacées. Cette tendance n'est cependant pas nouvelle puisque dès 1957, Marthelot décrivait "la lourde menace due aux dispositions naturelles qui pèse sur toute la région".

(1) "De longues et profondes plaies font craquer la terre sur des centaines de mètres dans la chair de la vallée. Le glissement de terrain atteint des dimensions alarmantes et des constructions à peine entamées ou presque terminées se trouvent sur la zone fendue, installées à même l'énorme fissure... Des conduites d'eau... se sont brisées et déversent de véritables torrents dans tous les sens.

Si cette érosion-gangrène continue - et elle continuera inexorablement si des mesures immédiates ne sont pas prises - le village d'Afn-Draham risquera la catastrophe. Dieu nous en préserve, direz-vous ? Dieu, évidemment, mais aussi et selon une étude récente, 900 millions de dinars à investir d'urgence" (La Presse - 1981)..

(2) Pour Kassab (op. cit.), le revenu moyen par tête des habitants de la Kroumirie était en 1976, de 50 dinars par an.

Les conditions physiques et socio-économiques des montagnes kroumir ne sont d'ailleurs pas uniques en Afrique du Nord. Toutes les montagnes telliennes et rifaines traversent actuellement une crise grave (MAURER - op. cit.). L'accroissement général de la population des pays du Maghreb s'est traduit ici comme dans d'autres régions par une forte surcharge en hommes sur des surfaces cultivables exigues, surcharge qui est devenue rapidement insupportable. L'aggravation des pertes en terre par érosion due en partie à la surexploitation du milieu, la médiocrité des ressources et des niveaux de vie conduisent à une mobilité croissante de la population et à une migration accélérée vers les villes où les ruraux, mal préparés à ce changement radical d'existence vivent fréquemment de façon aussi précaire sinon plus que dans leur lieu d'origine. (3).

Pourtant, pour le touriste de passage à Aïn-Draham, rien ne laisse supposer que la région connaisse de graves problèmes. La forêt de chênes qu'il découvre depuis la route pittoresque qui serpente d'une vallée à l'autre paraît des plus luxuriantes et les pimpantes habitations aux toits de tuile rouges lui font oublier les gourbis miséreux qu'il devine au flanc des vallées profondément encaissées. De même, les larges griffures de l'érosion participent plus au pittoresque des paysages qu'à la prise de conscience de phénomènes catastrophiques.

Car une population importante vit là, accrochée à quelques replats, exploitant avec difficulté des superficies très réduites. Chaque année, elle voit son potentiel agraire diminuer sous l'effet de l'érosion par ruissellement ou par mouvement de masse. Profondément attachée à son terroir, mais en même temps, désireuse d'améliorer ses conditions d'existence, elle surexploite de plus en plus, de façon plus ou moins consciente, un milieu naturel qui semble de moins en moins apte à lui procurer des ressources (KASSAB - op. cit.). Les glissements de terrain provoqués partiellement par les incisions vigoureuses des oueds, ruinent progressivement les versants des vallées et diminuent les surfaces cultivables. Les ressources en sols ne suffisent donc plus à nourrir l'ensemble des habitants, si bien que l'on est amené à envisager l'éventualité d'une diminution de la charge humaine.

(3) Le journal La Presse du 1er février 1981, consacre quelques colonnes aux "rabatteurs" recrutant, moyennant rétribution, des jeunes filles de la région afin de fournir des bonnes aux habitants des grandes villes du pays. Le journal souligne que, dans l'opinion des "montagnards", c'est "une garantie contre la faim et le froid".

Les menaces qui pèsent sur certaines habitations du fait des glissements plaident d'ailleurs en faveur de cette solution.

Une politique de déplacement des lieux habités est donc entreprise depuis plusieurs années avec l'édification de nouveaux villages sur les crêtes environnantes. Une partie des habitants a déjà profité des nouvelles conditions qui lui sont proposées par les autorités régionales. D'autres familles sont candidates au déplacement alors qu'au contraire, d'autres restent farouchement opposées à toute idée de transfert.

Dans cette optique, le but de notre étude est de décrire de façon approfondie les conditions naturelles qui influent sur les phénomènes érosifs afin d'aboutir à une évaluation aussi précise que possible de risques encourus par les populations.

I. LES CONTRAINTES NATURELLES : RELIEF, CLIMAT, SOL, VEGETATION.

La petite région étudiée ici s'étend sur 6.130 ha., superficie du bassin-versant de l'oued Kébir et de ses affluents en amont du "Pont de la Correspondance" sur la route d'Aïn-Draham à Tabarka. Elle est formée de deux profondes vallées - vallée des Atatfa et vallée de Babouch - séparées l'une de l'autre par une ligne de hauteurs irrégulière et échan-crée en gorge, formée par les Djebel Bonouela et Aïn Fellous. Elle est limitée à l'Est par l'alignement des Djebels Bir, Sra, Harrara et à l'Ouest par le Djebel Daraoui qui s'étend sans discontinuité depuis la localité de Babouch au "Pont de la Correspondance".

I.1. Relief et géologie :

L'alignement grossièrement SW-NE des unités de relief de la région d'Aïn-Draham répond à la dissection récente d'unités géologiques alloch- tones (ROUVIER - 1977) mises en place en plusieurs épisodes depuis

l'Oligocène supérieur jusqu'au Miocène moyen (Tortonien basal) par des mouvements tangentiels, unités déformées ensuite par une tectonique polyphasée plus récente (4). Ces unités sont de véritables nappes de charriage dont le front est situé en Tunisie et dans le Nord-est algérien au Nord de la Medjerda et d'une ligne reliant Jendouba à Ain-Befda. La tectonique tangentielle semble avoir été favorisée par la présence du Trias salifère qui actuellement, injecte irrégulièrement l'accident SW-NE de Ghardimaou au Cap Serrat.

On peut distinguer en suivant Rouvier (op. cit.) les unités lithologiques suivantes :

- des roches salifères triasiques, principalement du gypse, s'étendant au flanc SE de la vallée des Atatfa, en affleurements discontinus de très faible superficie, sous forme d'amandes allongées sur quelques centaines de mètres au maximum, le plus important situé au flanc NW du djebel Bir;

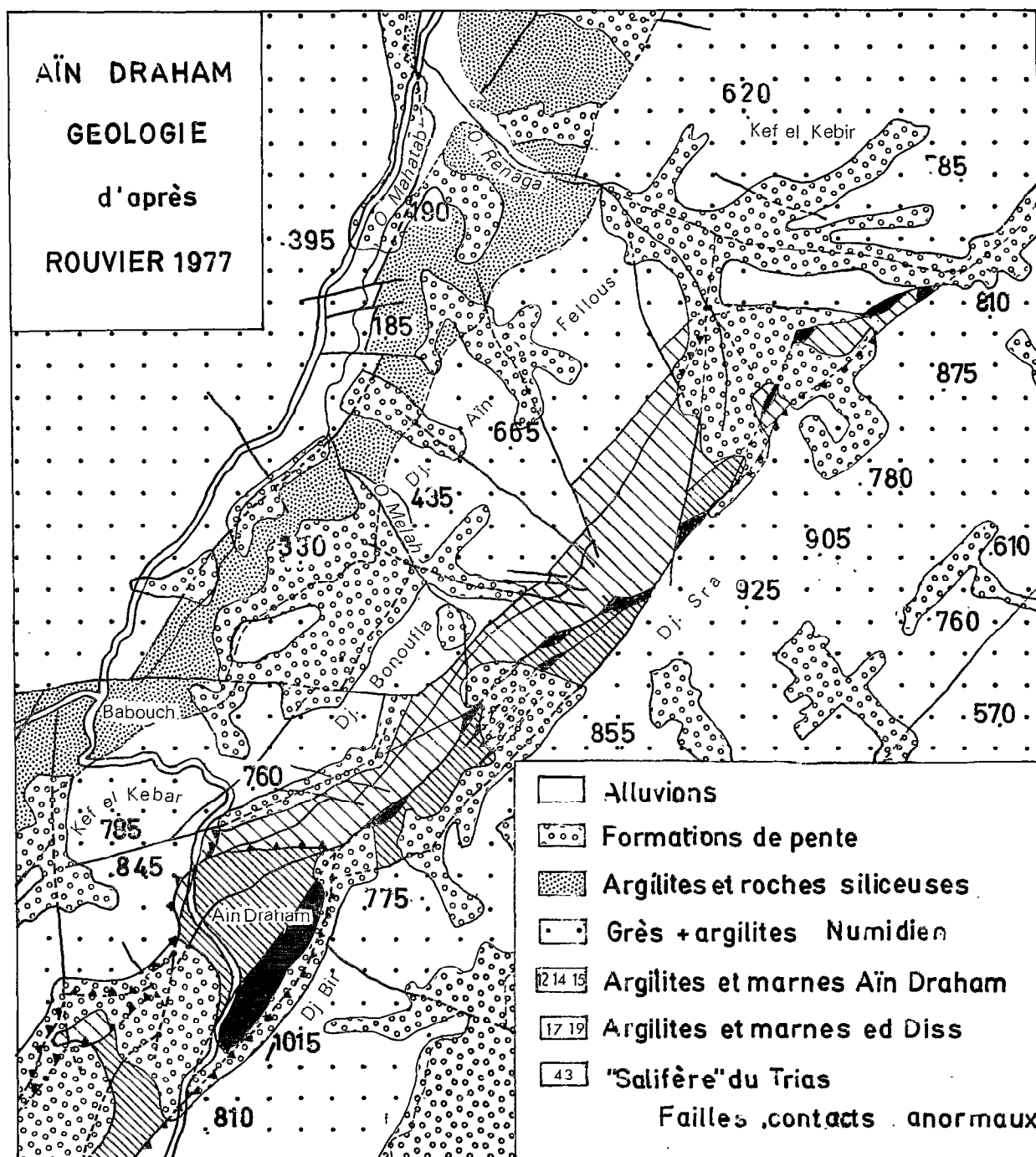
- un complexe d'argilites et de marnes du Crétacé et de l'Eocène formant l'essentiel de la vallée des Atatfa, subdivisé pour des raisons de stratigraphie et de tectonique en unités Ed Diss et Ain-Draham, profondément disséqué par l'érosion.

- des grès et argilites de l'Oligocène supérieur, terme médian du flysch numidien au sens strict, formant les principaux escarpements des djebels de par et d'autre des vallées, les affleurements d'argilites se raréfiant vers le sommet de la série et cédant la place à de considérables épaisseurs de grès compact (grès de Kroumirie);

- des argilites et de rares roches siliceuses, terme sommital de la formation numidienne encore appelé série de Babouch, occupant le centre de la vallée de l'Oued Mahatab (5), moins disséquée que la vallée des Atatfa.

(4) L'interprétation tectonique de la région par Rouvier va à l'encontre des théories défendues en 1971 par Crampon, partisan de l'autochtonie des formations rencontrées là.

(5) L'épaisseur totale des deux dernières unités est estimée à 3000 m.



L'ensemble des formations géologiques est intensément fracturé par un réseau de cassures suivant trois orientations privilégiées SW-NE, W-E, et NW-SE. Les zones où se recoupent ces directions sont structurellement très complexes, les roches dures à l'affleurement présentant des faciès très broyés, les bancs gréseux étant fragmentés sur toute leur épaisseur (MAR-THELOT - op. cit.).

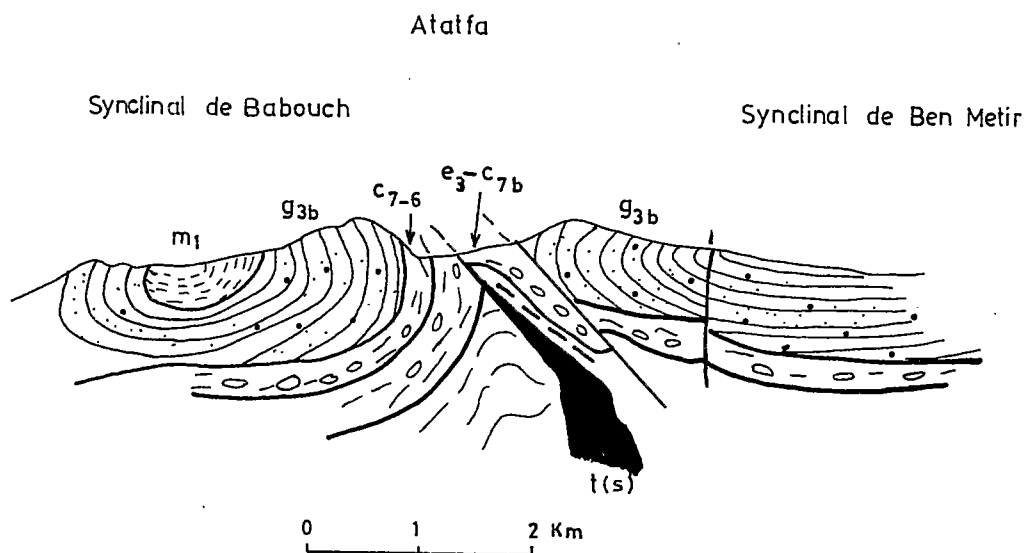
Bien souvent, les affleurements rocheux disparaissent sous d'épais manteaux alluvio-colluviaux (voir carte géologique) qui soulignent une multitude de replats ou éperons plus ou moins étendus sur les versants. La mise en place de ces formations constituées de gros blocs de grès emballés dans une matrice argilo-sableuse de couleur fréquemment rougeâtre, s'est effectuée vraisemblablement au cours des diverses périodes pluviales du Quaternaire, Miossec (1981) insistant surtout sur l'importance des épandages caillouteux mis en place au Villafranchien au cours d'une période orogénique de compression (ROUVIER - op. cit.) et de surrection du relief.

A l'extrême aval du bassin versant, à l'amont immédiat du "Pont de la Correspondance", s'individualisent une basse terrasse à cailloutis de faible calibre et une haute terrasse formée de gros galets roulés emballés dans une matrice fine argilo-sableuse et qui présente de très fortes analogies avec les matériaux rencontrés sur les replats à flanc de versant.

La caractéristique principale du relief réside dans sa vigueur, le paysage étant marqué par le profond encaissement des vallées dans les argiles et les marnes à des altitudes comprises entre 100 et 300 m. séparées par des lignes de crête dans les formations gréseuses du Numidien. Les sommets aux formes lourdes ont des altitudes décroissantes du Sud-Est vers le Nord Ouest (6). Des deux vallées, l'une synclinale (Babouch), l'autre anticlinale (Atatfa), c'est la première qui est la plus ouverte (2,5 à 3,7 km. entre interfluve) et qui présente les pentes les plus douces. La structure anticlina-

(6) L'alignement Dj. Bir-Dj. Harrara s'échelonne entre 1010 et 876 m. Les Dj. Bonouela et Afn Fellous séparant les deux vallées culminent à 864 et 710 m. Le Dj. Daraoui, au Nord de Babouch se présente comme une longue crête surbaissée de 600 m. au Sud à 289 m. au Nord.

AIN DRAHAM
Coupe géologique d'après Rouvier (1977)



- m_1 = Miocène inférieur = argilites et roches siliceuses
- g_{3b} = Oligocène supérieur = grès à intercalations d'argilites
- c_{7-6} = Campanien et Maestrichtien = calcaires argileux, marnes à blocs exotiques, argilites et microbrèches
- e_3-c_{7b} = Maestrichtien supérieur — Yprésien inférieur = argilites et marnes à boules
- $t(s)$ = Trias = "salifère"

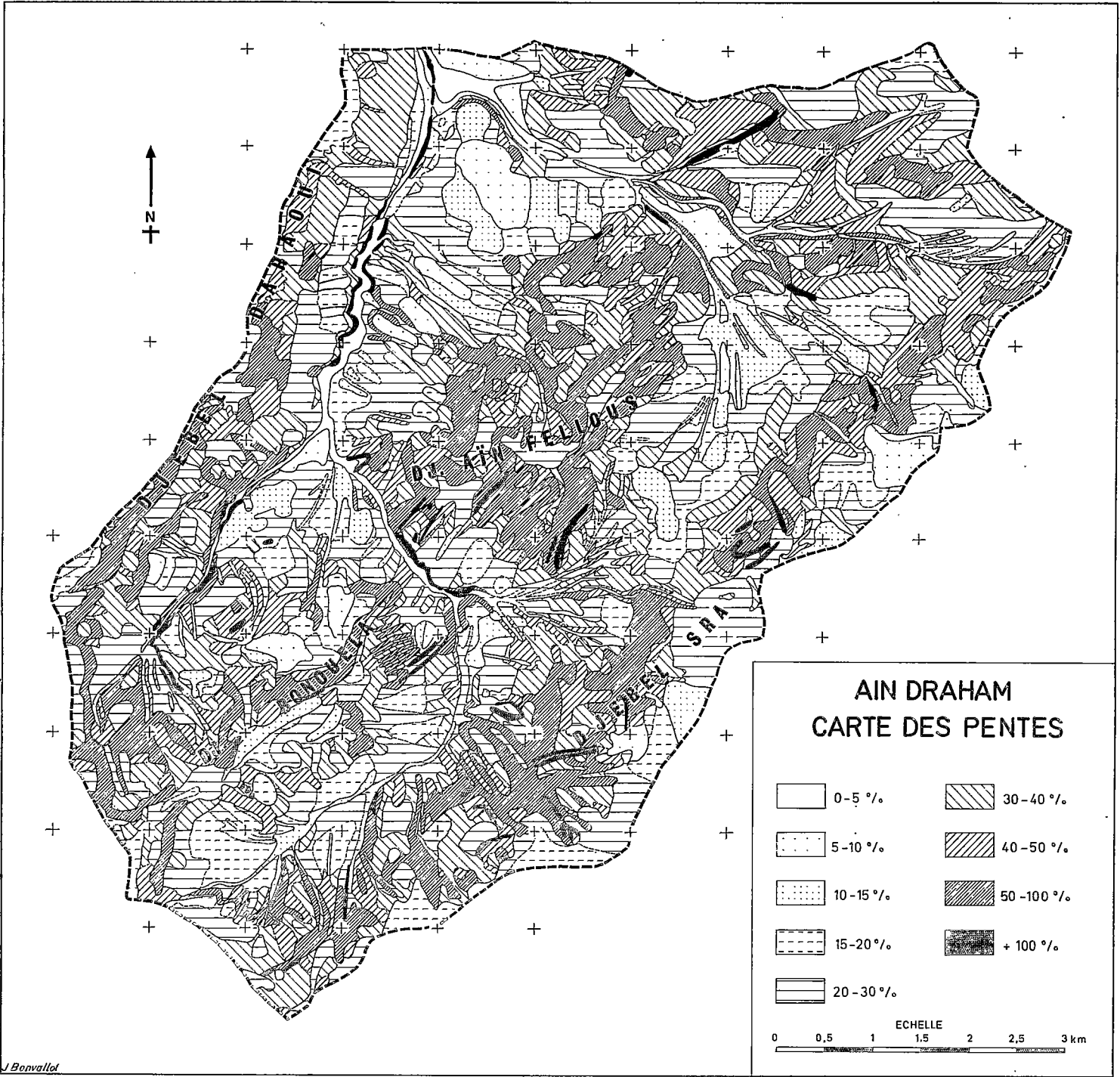
le de la seconde se traduit par son étroitesse (2,2 à 2,5 km. entre interfluve) et par la vigueur des pentes, très souvent supérieures à 40 % (voir carte des pentes).

On note en outre une forte dissymétrie dans la longueur des versants, due à l'altitude décroissante des lignes de crête du SE vers le NW, les versants exposés au SE étant beaucoup plus courts que ceux qui leur font face.

Dans le détail, chaque vallée se présente comme une ample gorge dégagée dans les marnes et les argiles, le lit de l'oued principal occupant à lui seul le fond étroit entre les berges vives constamment remaniées par le ruissellement. Les versants sont formés de deux parties bien distinctes. Les parties inférieures jusqu'à mi-pente présentent des déclivités relativement faibles pouvant cependant atteindre 30 % et sont fréquemment bosselées par un ensemble de formes de détail dues aux phénomènes de glissement. Elles peuvent également être fortement marquées par l'incision vigoureuse de ravins affluents ou par la présence de blocs de grès éboulés de la partie supérieure.

Les hauts versants dans les grès compacts dominent une zone de transition où l'alternance de bancs d'argile ou marnes et de grès donne naissance à un relief confus caractérisé par la présence de replats et d'épérons recouverts d'épaisses formations colluviales et de grandes formes de glissement. Les formations numidiennes gréseuses affleurent sous forme d'escarpements décamétriques fréquemment hachés par des réseaux de diaclases qui favorisent les chutes de pierres et de blocs. Les pentes sont ici très fortes (plus de 50 %) avant les parties sommitales sensiblement planes ou peu déclives surtout étendues aux Dj. Sra et Bonouela.

Le passage entre la vallée des Atatfa et celle de Babouch se fait par deux gorges étroites qui tranchent le crêt gréseux des Dj. Bobouela et Aïn Fellous et dont les versants sont intensément disséqués par l'érosion malgré l'importance de la couverture forestière.



1.2. Climat :

Les caractéristiques climatiques des montagnes de Kroumirie permettent de classer la région dans l'étage bioclimatique méditerranéen humide supérieur (7), variante à hiver tempéré ($m < 4,5^\circ$) (BORTOLI - 1966)

Les caractères dominants de cet étage sont les fortes précipitations et la relative fraîcheur due à l'altitude.

L'importance de la pluviosité s'explique en grande partie par la position même de la Kroumirie comme premier écran montagneux face aux flux humides en provenance du Nord-Ouest. Les premiers relevés pluviométriques à Aïn-Draham, station de référence, ont été effectués au cours de l'année 1885-1886 mais les données des années 1900 à 1907 sont malheureusement manquantes, si bien que la pluviosité moyenne ne peut être calculée qu'à partir de l'année 1908-1909. Les 62 années de relevés fiables donnent une moyenne à l'issue de l'année 1980-1981 de 1563 mm. (8).

Les écarts entre année pluvieuse et année sèche sont peu considérables si on les compare à ceux d'autres régions climatiques de Tunisie. En effet, le rapport $\frac{E}{e} = \frac{2248}{1100} = 2,04$, l'écart type de 308 et le coefficient de variation de 0,197, chiffres les plus faibles de Tunisie, traduisent bien la constance des précipitations pluvieuses (9).

Tous les auteurs ayant travaillé dans les montagnes de Kroumirie et dans les chaînes telliennes ont souligné le nombre élevé de jours de pluie qui varie d'une année à l'autre de 110 à 120, la saison sèche durant de 2 à 3 mois suivant les localités et les années.

(7) Le quotient pluviothermique d'Emberger ($Q = \frac{2000P}{M^2 - m^2}$) où P est la pluviosité annuelle, M la moyenne des maxima du mois le plus chaud et m la moyenne des minima du mois le plus froid, est de 193,5 à Aïn-Draham.

(8) La moyenne varie d'ailleurs d'un ouvrage à l'autre :

- LEYRAT (1965) : 1534 mm.
- BYSTRITSKY, IBIZA (1966) : 1567 mm.
- HENIA (1977) : 1556 mm.
- SETHOM, KASSAB (op. cit.) : 1582 mm. en tenant compte des années 1905 à 1910.
- DRES (1981) : 1563 mm.

(9) En Tunisie, plus les précipitations moyennes annuelles sont faibles plus les écarts entre années sèches et années pluvieuses sont importants.

La répartition mensuelle des pluies (voir tableau I) montre qu'en dehors des mois d'été, les précipitations sont constantes, un peu moins de la moitié du volume étant cependant enregistré pendant les mois d'hiver (10). C'est durant ceux-ci que les pluies sont les plus violentes (531 mm. en décembre 1952 par exemple pour 19 jours de pluie à Aïn-Draham), les épisodes pluvieux durant 8 à 15 jours n'étant pas rares. On conçoit donc aisément que de tels volumes conduisent à une saturation poussée des sols et au déclenchement de glissements de terrain. On verra plus loin que les volumes ruisselés dans les oueds peuvent être également très importants.

Dans ce cadre de moyennes montagnes, les précipitations neigeuses sont également fréquentes en décembre, janvier et février. La neige tombe en grande abondance (1,50 à 2 m.) mais reste assez peu sur le sol et fond rapidement libérant alors en quelques heures ou quelques jours des quantités d'eau abondantes.

Les précipitations journalières peuvent également se chiffrer par des volumes considérables puisque 41,3 % des pluies sont représentés par des intensités supérieures à 30 mm/24 heures. Malgré une irrégularité peu marquée, les précipitations en 24 h. atteignent et dépassent parfois les valeurs enregistrées dans d'autres régions de Tunisie marquées par ce caractère. En mars 1959 la séquence pluvieuse mentionnée au tableau II et enregistrée à Aïn-Draham et Babouch illustre bien notre propos. Encore faut-il noter que les pluies du 12 et du 13 sont en fait tombées en moins de 24 h., soit 178 mm. pour Babouch et 257 mm. pour Aïn-Draham. D'autres chiffres comme par exemple 180 mm. en 24 h. à Aïn-Draham en décembre 1936 (LEYRAT, op. cit.) ou 138 mm. le 27 mars 1973 (CLAUDE et al.-1977) peuvent encore être mentionnés (11).

(10) En Tunisie, on fait traditionnellement commencer l'année hydrologique en septembre, avec le début du calendrier des activités agricoles si bien que les saisons sont décalées d'une vingtaine de jours par rapport au calendrier astronomique.

(11) A titre de comparaison citons 186 mm. le 5.3.79 à Beni Kheddache (région de Médenine, BONVALLOT - 1979), 117 mm. le 26.9.69 à Sbettla (Tunisie Centrale, HENTATI - 1978), 204 mm. le 30.10.64 à Depienne (région du Pont du Fahs, BELAID - 1965), 163 mm. le 12.10.63 à Ste Anne (Cap-Bon, RAIS - 1979).

Tableau I = Pluviosité moyenne mensuelle à Afn-Draham selon divers auteurs.

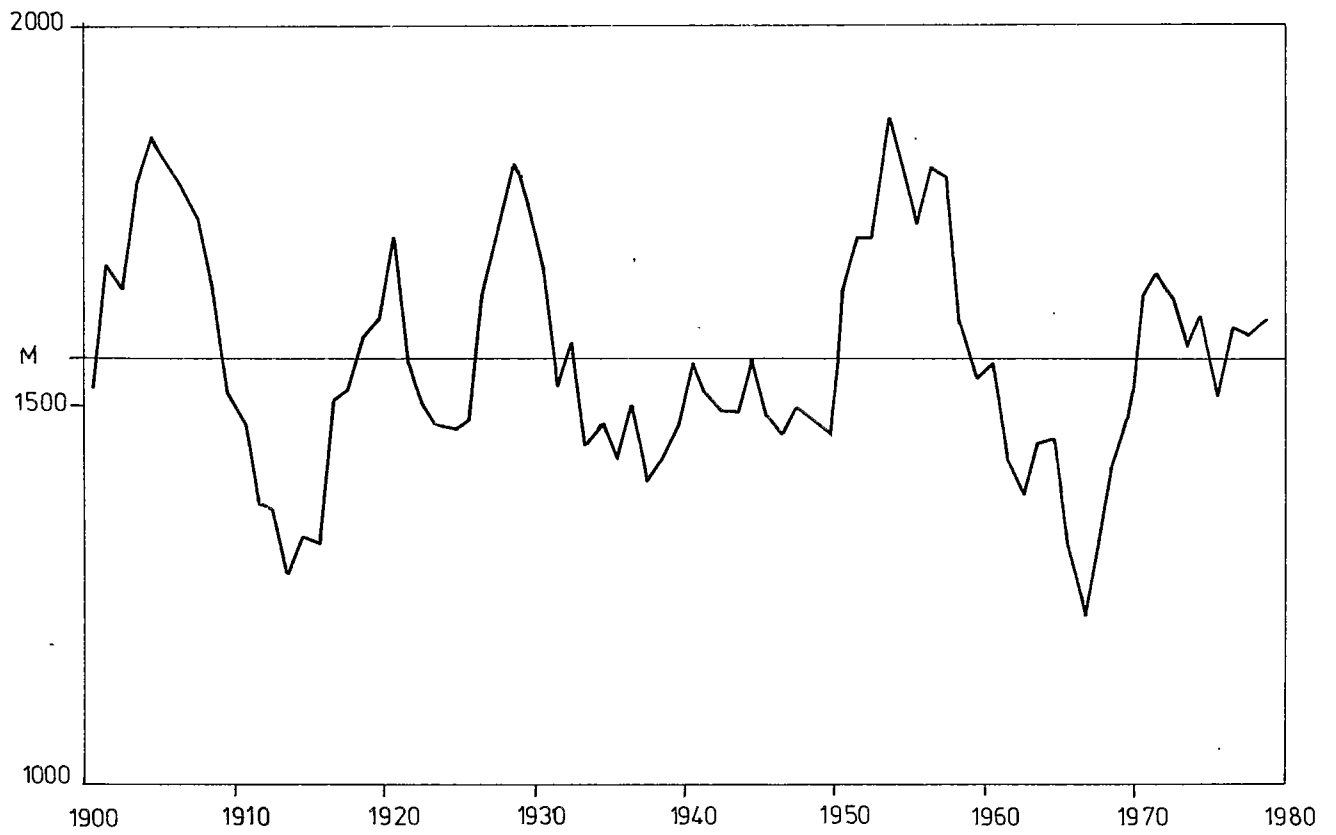
	AUTOMNE			HIVER			PRINTEMPS			ETE			MOYENNE
	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	
LEYRAT (1965)	66	140	204	275	250	196	159	124	80	25	6	9	1534
BYSTRITSKY-IBIZA (1966)	70	153	201	277	256	182	162	134	82	30	6	14	1567
HENIA (1977)	68,2	154,6	198,8	278,4	252,0	193,4	154,2	132,8	78,7	27,1	4,7	13,1	1556
"	421,6 mm 27,1 %			723,8 mm 46,5 %			365,7 mm 23,5 %			44,9 mm 2,9 %			

Tableau II - Averses du mois de mars 1959 à Afn-Draham et Babouch.

Date	10	11	12	13	14
Babouch	36	69	104	74	9
Afn-Draham	50	17	165	92	0

AIN DRAHAM

Pluviométrie moyenne annuelle pondérée



C'est pendant la saison d'hiver et au début du printemps que les plus fortes intensités en 24 h. sont généralement constatées à Aïn-Draham. On peut donc s'attendre à voir se produire les phénomènes d'érosion par ruissellement ou par glissement les plus graves au cours de ces périodes durant lesquelles les sols et les formations superficielles emmagasinent des stocks d'eau importants jusqu'à saturation.

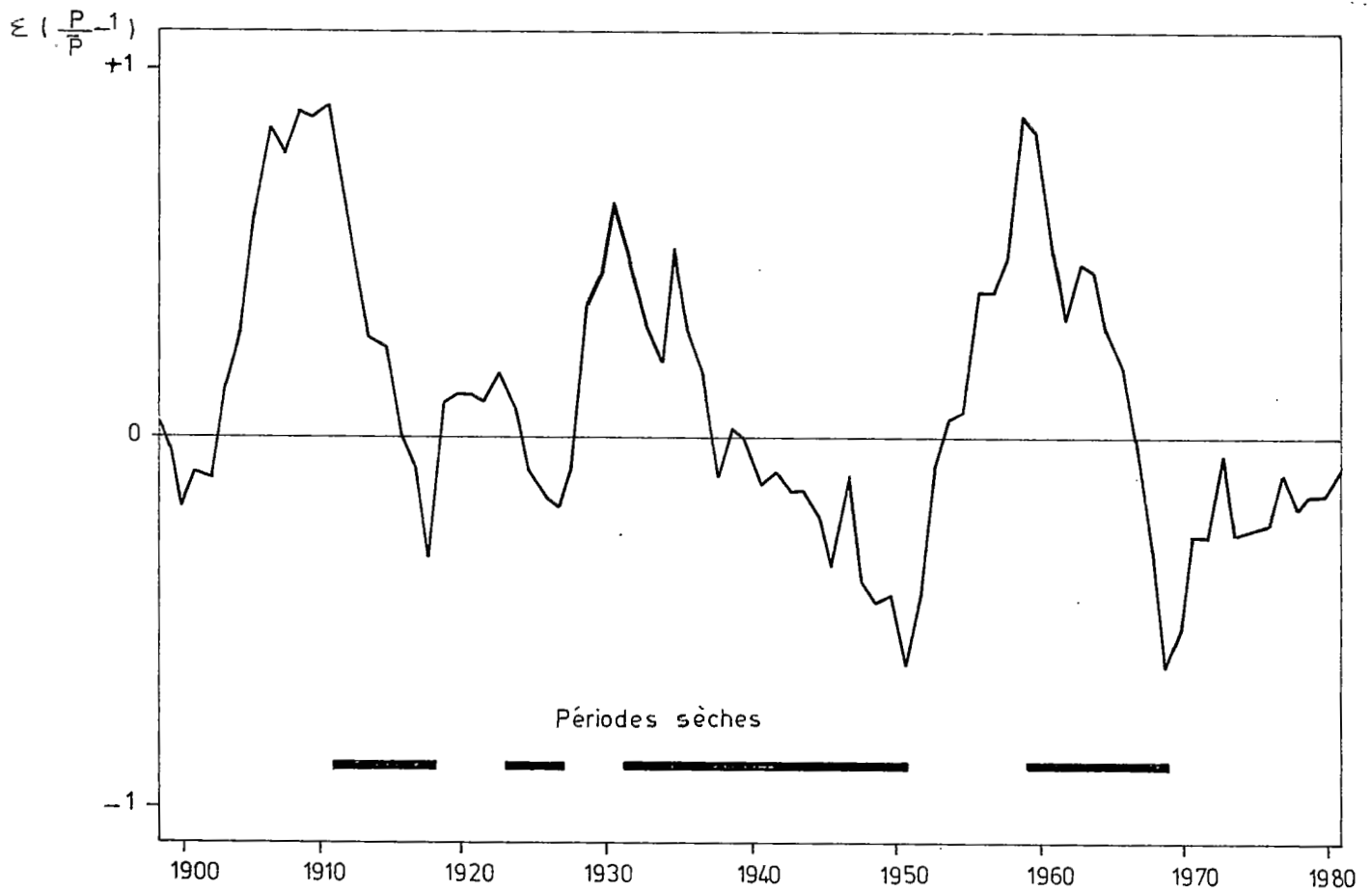
Il est cependant évident que toute la surface des deux vallées ne reçoit pas simultanément les mêmes quantités de pluie, l'effet orographique provoquant un gradient pluviométrique évalué par Dimanche et Schoenenberger (1970) à 75,5 mm et par Henia (op. cit.) à 65 mm. pour 100 m. de dénivelée (voir tableau III). Mais là encore, il faut se garder d'être trop catégorique car les valeurs ci-dessus ne tiennent pas compte des différences d'exposition, les versants tournés vers le NW étant, nous l'avons vu, vraisemblablement plus arrosés que ceux qui regardent le SE. Si l'on examine les chiffres disponibles pour Aïn Draham et Ben Metir, le long d'un versant exposé au SE, le gradient pluviométrique s'établit alors à 150 mm. pour 100 m. (IBIZA-1969).

Il est possible en tenant compte de ces données d'estimer une pluviosité moyenne à 900 à 1100 mm. suivant l'orientation pour les zones les plus basses des deux vallées.

Les caractéristiques de la pluviométrie d'Aïn-Draham sont donc la remarquable régularité interannuelle par rapport à l'ensemble des autres stations de la Tunisie, mais également la forte intensité journalière qui peut se répéter pendant plusieurs jours. Les rythmes saisonniers se succèdent régulièrement d'une année à l'autre, la durée de la saison sèche ne dépassant jamais trois mois. Les graphiques sur l'évolution de la pluviosité à Aïn-Draham essaient de déterminer s'il est possible de mettre en évidence une périodicité entre des successions d'années relativement humides et d'années relativement sèches. Le graphique de la pluviométrie moyenne annuelle pondérée qui permet de "lisser" les variations rapides d'une année à l'autre et donc de mieux dégager les tendances fait apparaître un certain rythme qui est confirmé par celui du cumul des écarts de pluviosité à la moyenne (12). Il n'y a cependant pas de périodi-

(12) Ce graphique permet de dégager des périodes sèches caractérisées par une pluviosité inférieure à la moyenne de 7 ans (1910-1917), de 4 ans (1922-1926) de 20 ans (1930-1950) et de 10 ans (1958-1968), séparées par des périodes humides en général plus brèves mais à très forte pluviosité de 8, 5, 4 et 8 ans, la tendance actuelle étant à la remontée progressive de la pluviosité depuis 68.

EVOLUTION DE LA PLUVIOSITE A AIN DRAHAM
DE 1898 A 1981
Cumul des écarts de pluviosité à la moyenne



cité fixe, la durée des périodes sèches ou humides apparaissant comme parfaitement aléatoire. Pour les XVIII^e et XIX^e siècles, Ginestous (1927) a exploité les données de la dendrochronologie sur un chêne zeen de 169 ans abattu en 1905, les variations de l'épaisseur des anneaux de croissance étant -toutes choses égales par ailleurs- sensées représenter les variations de la pluviosité. Cette démarche lui a permis d'individualiser trois grandes phases climatiques, les périodes pluvieuses étant dominantes de 1736 à 1790, soit pendant 54 ans et précédant durant 70 ans de 1790 à 1860 une phase caractérisée par une alternance de pluies abondantes et de pluies déficitaires durant laquelle la durée des périodes pluvieuses allait en diminuant progressivement. Les périodes sèches prédominent pendant la dernière phase de 1860 à 1905 (13), la tendance vers l'augmentation de la durée des périodes sèches continuant à s'affirmer depuis le début des relevés pluviométriques, sans qu'il soit cependant permis d'affirmer que la région aille vers un assèchement progressif.

Les données thermiques évoquées ici à titre de données complémentaires, montrent que les sommets de la région d'Afn-Draham subissent des températures plus basses que la plaine au bord de la mer à Tabarka. Mais les effets de l'altitude se font surtout sentir en hiver, les écarts étant beaucoup plus considérables durant cette saison qu'en été. Il est vrai que les gelées, si elles sont peu fréquentes sont cependant une constante du climat d'Afn-Draham en Janvier et Février.

Au total, les principales caractéristiques du climat d'Afn-Draham soulignent son caractère humide et frais. Chaque année, les hauteurs d'eau qui s'abattent sur les montagnes sont excédentaires par rapport aux quantités qui sont évapo-transpir es, puisque la valeur de 1000 mm. pour l'évapotranspiration potentielle (E.T.P.) peut être -prudemment- avancée (RIOU - comm. or.).
(14).

(13) Nous avons , pour notre compte, fait commencer une période humide en 1902.

(14) L'E.T.P. calculée suivant une formule simple faisant intervenir uniquement la température maximale est de 1323 mm.   Tabarka. Les deux coefficients intervenant dans la formule varient avec l'altitude et n'ont pas pu jusqu'à présent être précisés.

Tableau III. Pluviosité moyenne mensuelle à Aïn-Draham et Tabarka selon LEYRAT (1965) et écarts.

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	MOYENNE
Aïn-Draham (739 m.)	66	140	204	275	250	196	153	124	80	25	6	9	1534 (1)
Tabarka (12 m.)	53	115	145	189	167	131	87	70	42	17	4	9	1029 (2)
(1) - (2) =	19	25	59	86	83	65	72	54	38	8	2	0	505

Tableau IV . Données thermiques. Températures moyennes mensuelles à Tabarka et Aïn-Draham et jours de gelée à Aïn-Draham pour une période de 10 ans d'après LEYRAT (1965).

	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	MOYENNE
Tabarka (T°)	24	19,9	15,6	12,1	11,1	11,5	13,6	15,8	18,8	22,6	25,2	25,8	18°
Aïn-Draham (T°)	22	17,1	11,9	7,9	6,6	7,2	9,7	12,5	16	20,2	23,9	23,9	15°
Aïn-Draham n. jours gelées (1951-1960)	-	-	-	3	26	31	3	-	-	-	-	-	

I.3. Sols (voir carte des sols) :

Les sols des vallées d'Aïn-Draham quoique très arrosés sont peu propices à une riche agriculture. Les pentes fortes, la pluviosité importante sont la cause de troncatures très nettes par ruissellement, d'un lessivage oblique des éléments fertilisants, des bases échangeables et des éléments fins, ainsi que d'une hydromorphie temporaire au moment des périodes pluvieuses (LEYRAT - op. cit.).

La majeure partie des versants en pente forte est couverte par des sols bruns, jeunes, érodés sur substrat de grès ou d'argile bariolée associés à des sols bruns calcaires présentant les mêmes caractéristiques. Leurs aptitudes culturales sont très faibles, pour ne pas dire inexistantes si bien que les pédologues ayant travaillé dans la région ont toujours préconisé une mise en défens ou une exploitation prudente de la végétation herbacée annuelle, la fauche étant rendue difficile par de nombreux blocs de grès en surface.

On note la présence sur les replats des versants, de sols bruns hydromorphes sur argile ou grès, à pH acide; ou sur marnes, à pH basique, dont la capacité de rétention en eau est toujours supérieure à 20 %, en petites unités de très faibles superficies. Ces types de sols présentent fréquemment des traces d'hydromorphie temporaire entre 20 et 40 cm. de profondeur, ce qui peut nuire à la croissance des végétaux. L'excès d'humidité pendant l'hiver déclenche des phénomènes de solifluxion pelliculaire alors que la sécheresse estivale sur des sols dans lesquels la proportion d'argile est comprise entre 40 et 50 % provoque l'apparition rapide de larges fentes de retrait qui détruisent le réseau racinaire. Ces sols sont cependant plus propices à l'agriculture que les précédents surtout lorsqu'ils sont recouverts par un colluvium sableux ou graveleux en provenance des barres de grès sommitales. C'est sur ce type de support qu'est pratiquée une agriculture vivrière à irrigation d'appoint.

A l'extrême aval des vallées, non loin du "Pont de la Correspondance", s'individualisent des sols peu évolués d'apport alluviaux sur les terrasses de l'Oued Kébir. De texture plus sableuse, à capacité de rétention en eau

Sols d'après Leyrat 1965

ECHELLE: 1/50.000



I a = Sol peu évolué alluvial



I b = Sol peu évolué alluvial hydromorphe



II a =



II b =



II c =

} Sols bruns hydromorphes sur argiles ou grès



III a =



III b =

} Sols bruns calcaires hydromorphes sur marnes



IV a =



IV b =

} Sols bruns jeunes érodés sur argiles ou grès



V a =



V b =

} Sols bruns calcaires jeunes érodés sur marnes

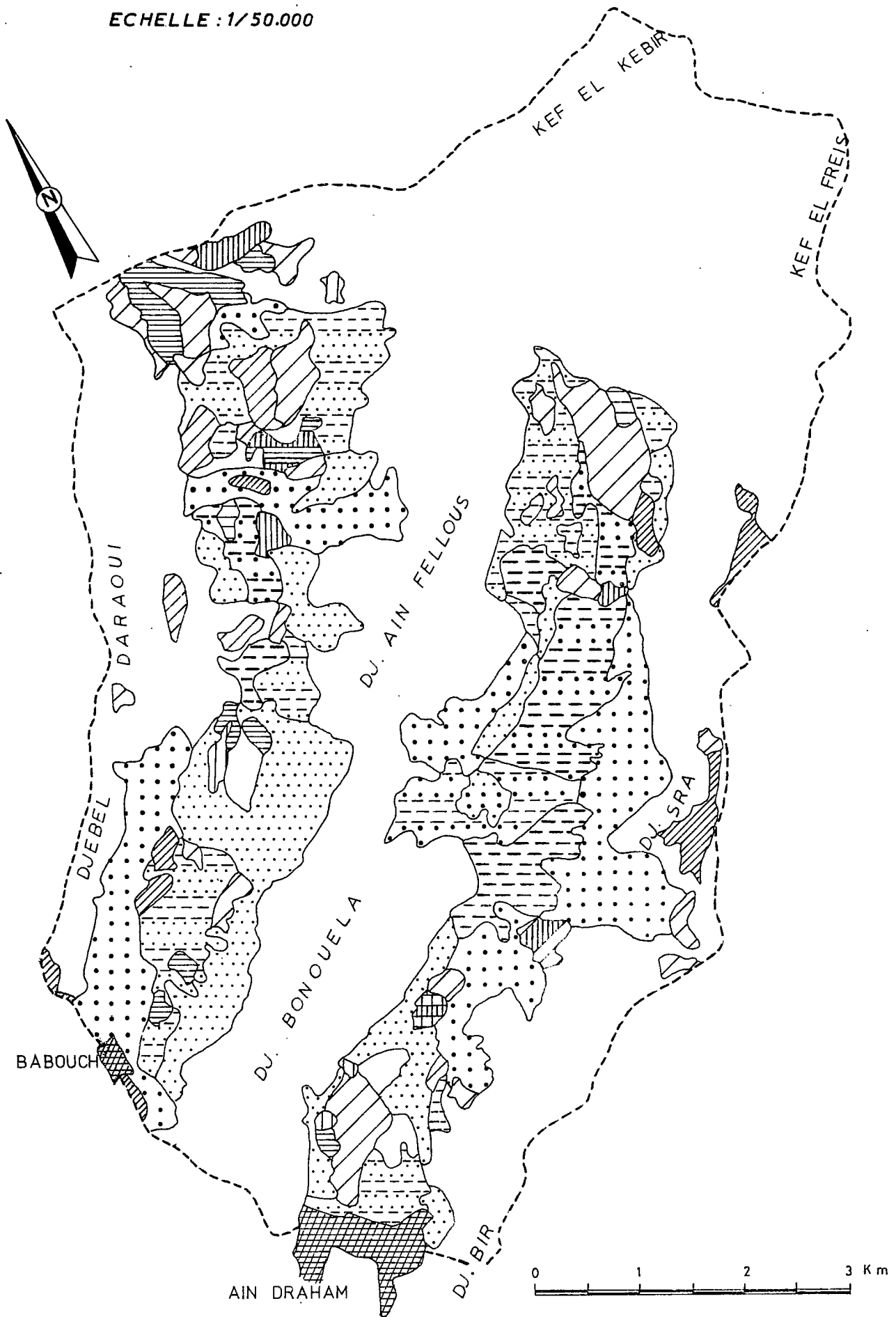


Non cartographié

AIN DRAHAM

Sols d'après Leyrat 1965

ECHELLE : 1/50.000



plus faible que les précédents (17-18 %), ils sont néanmoins hydromorphes en profondeur. Ce sont cependant les seuls sols intéressants de la région (61,5 ha). Ils sont actuellement exploités pour les cultures vivrières avec une irrigation de complément, mais pourraient être plantés en arbres fruitiers et être alors d'un meilleur rapport (KHALFALLAH, DELHUMEAU -1980).

Sur les lignes de crête séparant les vallées, les sols sous forêt ont été jusqu'à présent peu étudiés. Ce sont des sols lessivés sableux sur grès, assez profonds, peu affectés par l'érosion et qui présentent parfois des caractères podzoliques. Signalons que Selmi et al. (1981) ont mentionné la présence de planosols sur les formations gréseuses recouvertes de colluvions caillouteuses.

Au total, les caractéristiques principales des sols de la région sont leur extrême pauvreté qui rend aléatoire toute amélioration de la production agricole et leur forte proportion en argile qui les rend très sensibles à la solifluxion de surface. La texture sableuse des sols sous forêt est propice au déclenchement de l'érosion par ruissellement lorsque, pour une raison ou pour une autre, le couvert végétal s'éclaircit.

I.4. Végétation :

D'après la carte phyto-écologique de la Tunisie septentrionale (FLORET et al.-1965), la région étudiée est toute entière située dans l'étage de végétation humide méditerranéen dans lequel on peut distinguer un sous-étage supérieur caractérisé par la série du chêne zeen (Quercus faginea) et un sous-étage inférieur où domine la série du chêne-liège (Quercus suber) (15).

La série du chêne zeen se rencontre sur les sommets des montagnes (voir figure ci-dessous) à la condition qu'ils ne soient pas trop ventés (au Dj. Bir par exemple), sous une pluviosité voisine de 1500 mm. Le chêne zeen est en effet une essence exigeante en eau qui résiste remarquablement bien au froid mais dont les rameaux fragiles résistent mal au vent. Les forêts de cette espèce couvrent actuellement 40000 ha. en Kroumirie occidentale, dont

(15) La série du chêne zeen est représentée par le groupement (BB) à Quercus faginea et Agrimonia eupatoria et celle du chêne-liège par les groupements (CA) à Quercus suber et Cytisus triflorus et (CB) à Quercus suber, Pistacia lentiscus et Erica arborea.

LEGENDE

ETAGE DE VEGETATION HUMIDE

SOUS-ETAGE SUPERIEUR

Série du chêne zeen

BB = Groupement à Quercus, Faginya Agrimonia Eupatoria

SOUS-ETAGE INFERIEUR

Série de chêne-liège

CA = Groupement à Quercus suber, Cytisus triflorus

CB = Groupement à Quercus suber, Pistacia lentiscus, Erica arborea

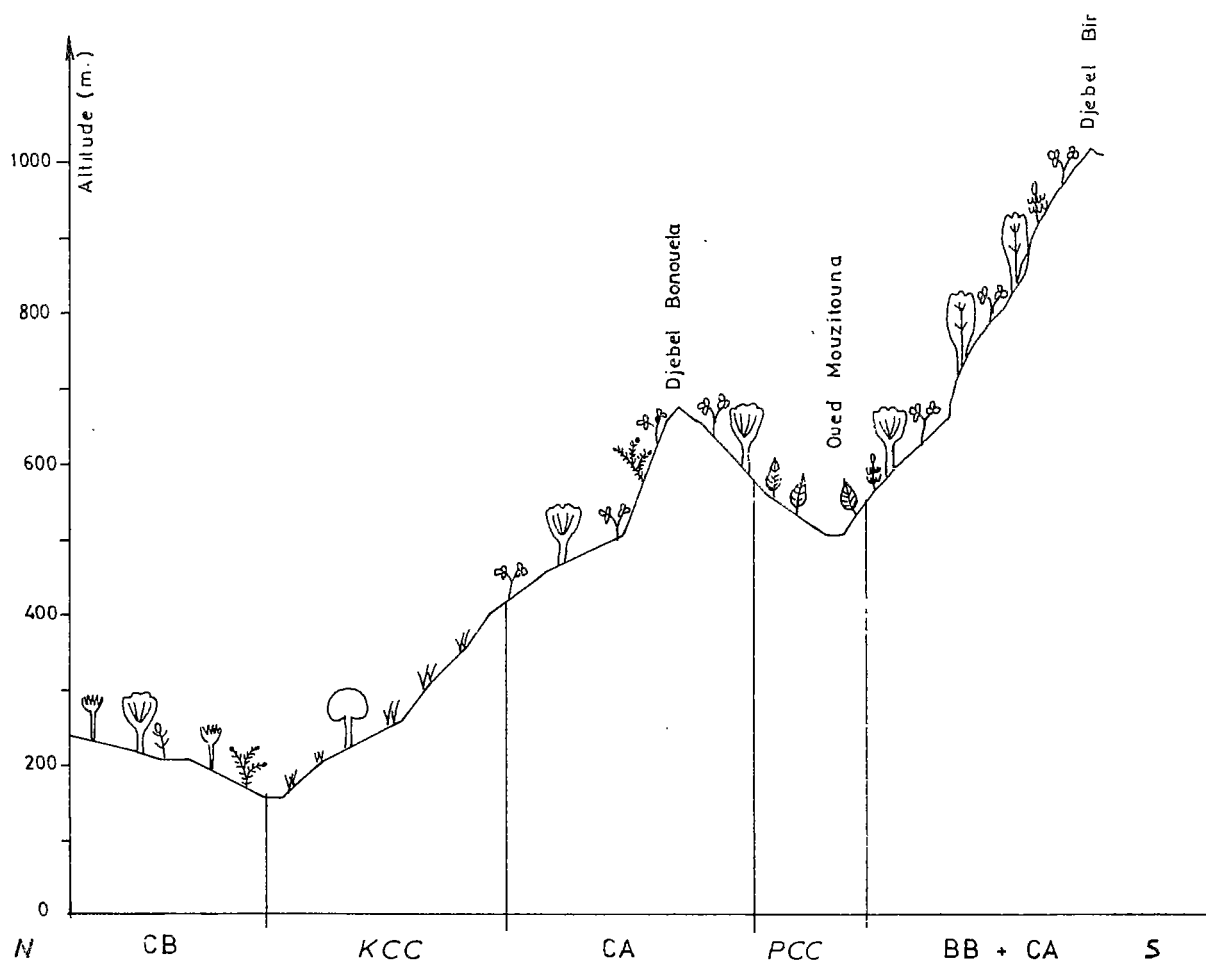
PCC = Groupement sur terres cultivées à Hedysarum coronarium, Picris echioides,
Centaurea schouwii, variante à cymra Cardunculus

KCC = Groupement sur terres cultivées à Hedysarum coronarium, Kremeria myconis,
Centaurea schouwii, variante à Cynara cardunculus

AIN DRAHAM

DISTRIBUTION DES GROUPEMENTS VEGETAUX

D'APRES A. SCHOENENBERGER (1967)



EHELLE

Hauteur 1/10.000

Longueur 1/50.000

10000 ha. en peuplements purs et 30000 ha. en association avec le chêne liège (BEN TIBA -1980) comme c'est le cas sur les sommets voisins d'Afn Draham. Ici, les chênes zeen sont en voie de disparition, le surpâturage du sous-bois interdisant une bonne régénération naturelle. La forêt est fréquemment remplacée par une futaie claire à végétation herbacée constamment pâturée par les bovins et les caprins.

La série du chêne-liège s'étend, à des altitudes plus basses, sur les pentes inférieures des vallées et couvre en Kroumirie 100000 ha. environ sur les 180000 ha. de forêt, sous des pluviosités comprises entre 800 et 1000 mm. Lorsqu'elles sont peu dégradées, les forêts de cette espèce présentent une strate arborescente constituée uniquement de chênes-liège de belle venue, parfois accompagnée de quelques pieds d'oléastres (groupement CB), le sous-bois étant constitué par une strate dense d'arbusiers, de bruyères arborescentes, de cytises et de lentisques. On peut distinguer également une strate herbacée à très faible recouvrement.

A l'état naturel, les forêts de chênes-lièges sont donc très touffues et assurent une bonne protection contre l'érosion, bien supérieure à celle qui est offerte par les forêts de chênes zeen beaucoup plus ouvertes au niveau du sol. Mais il est très rare de rencontrer encore ce genre de milieu, la série du chêne-liège étant elle aussi intensément pâturée, le sous bois devenant alors très clair comme au Dj. Bonouela ou complètement défrichée, seuls quelques chênes-lièges isolés dans les cultures rappelant le milieu originel. Il existe bien entendu tous les faciès de transition entre la végétation naturelle et ce stade ultime de dégradation (maquis plus ou moins dense en fonction de l'importance des destructions).

Le climax de la région au sens des phytosociologues est donc, même aux altitudes les plus faibles de l'aval, à vocation forestière, la courte sécheresse estivale n'étant pas suffisamment sévère pour nuire au développement des espèces arborées.

Une étude palynologique effectuée sur les tourbières de Dar Fatma non loin du Dj. Sra (BEN TIBA -op. cit.) montre que ce climax a peu évolué au cours de la période holocène durant laquelle se sont accumulés sur le site plus de 10 m. de tourbe. Le profil effectué se présente schématiquement de la façon suivante :

- de 1000 cm. à 780 cm. de profondeur, les pollens du chêne zeen, associés à ceux du saule et de l'aulne noir (Alnus glutinosa) dominent le spectre pollinique. On note également la présence de Cedrus, Abies (le sapin) en faible quantité, espèces qui ont actuellement complètement disparu de la région. On conclut ici à l'occurrence d'un bio-climat plus humide au niveau du sol et peut-être légèrement plus frais que l'actuel, les transferts d'eau à travers le sol devant se faire plus lentement pour assurer une bonne répartition de l'aulne par exemple :

- de 780 cm. à 350 cm. de profondeur, les pollens du chêne zeen sont encore dominants alors qu'apparaissent les herbacées et les armoises (Artemisia sp.) entre 700 et 600 cm. et que diminuent les pollens de l'aulne. Il y a donc eu vraisemblablement au cours de cette période un bref assèchement du climat ou une ouverture des milieux forestiers à l'échelle régionale sous l'effet de la pression anthropique sans qu'il soit possible de déterminer quel phénomène est la cause de l'autre ;

- de 350 cm. de profondeur à la surface, on peut distinguer deux grandes séquences qui débutent par un épandage argilo-sableux de 70 cm. d'épaisseur, témoin d'une période d'érosion autour du site et donc d'une diminution du couvert végétal.

La première, de 340 à 160 cm. de profondeur montre une chute de la fréquence des pollens du chêne zeen et une disparition progressive de ceux du sapin et du cèdre. L'augmentation parallèle des pollens de Pinus sp. montre que le milieu devient graduellement plus lumineux, ce fait étant attesté par la présence de plus en plus fréquente des pollens du chêne-liège.

La seconde, de 160 cm. de profondeur à la surface, appuyée par une datation de -700 \pm 110 BP. à -160 cm., montre un optimum absolu pour le chêne-liège, les pollens du chêne zeen ne jouant pratiquement plus aucun rôle alors que

quelques individus de cette espèce sont encore actuellement présents aux alentours du site.

Si effectivement, le climax a peu évolué dans son ensemble au cours de l'holocène puisque les pollens d'espèces forestières sont restés dominants au cours de la période, on note cependant une transformation progressive des milieux forestiers vers une ouverture de plus en plus accentuée, les espèces hydrophyles étant petit à petit remplacées par des espèces sclérophyles comme le chêne-liège. Il est malheureusement impossible de préciser rigoureusement les dates de cet éclaircissement de la forêt, la seule donnée dont on soit sûr situant un assèchement du site aux environs des XI^e - XII^e siècles, période au cours de laquelle des populations nomades ont afflué vers le Tell et commencé à coloniser les forêts. (BEN TIBA -op. cit.).

Les premiers défrichements importants de la région se placeraient donc durant le règne des dynasties Almoravidines et Almorhidines et se seraient poursuivis depuis en s'intensifiant durant le protectorat français avec le développement rapide de l'économie et les besoins accrus en bois pour la construction des chemins de fer et les mines.

Actuellement, les formations forestières plus ou moins dégradées, forêts et maquis, occupent encore la majeure partie de la superficie de la zone étudiée. Les crêtes et les sommets présentent un aspect incontestablement forestier, alors que le long des versants, les maquis et matorrals occupent les zones incultes affectées par les glissements de terrain et l'érosion en ravines.

Cependant les versants argilo-marneux sont essentiellement occupés par des groupements sur terres cultivées (PCC et KCC) qui d'après les phytosociologues ont vocation à être mis en défens ou reboisés. On verra plus loin que, bien souvent, les pratiques culturales nuisent à la tenue des terres et sont fréquemment à l'origine des mouvements de masse.

Après planimétrage, la répartition globale entre unités forestières et unités cultivées montre que les premières occupent encore actuellement 60 % de la superficie alors que les secondes s'étendent sur 19 % et les terrains ravinés ou bouleversés par les mouvements de masse les plus visibles sur 21 %. La région apparaît donc comme peu cultivée, la forêt fournissant il est vrai un complément de ressources non négligeable.

II - LA CONTRAINTE ANTHROPIQUE : SURPOPULATION ET MAUVAISE EXPLOITATION DU MILIEU :

La délégation d'Aïn-Draham dont dépend la zone étudiée a une population de 34057 habitants selon les données du recensement de 1975. La population agglomérée à Aïn-Draham est de 4188 habitants et a peu varié par rapport aux données de 1966 (4178 h.). Les effectifs globaux de la délégation ont bien entendu augmenté depuis le précédent recensement puisque le dénombrement effectué en 1966 donnait un chiffre de 30060 habitants (16). Le taux d'accroissement annuel pour la délégation entre 1966 et 1975 est de 1,4 %, beaucoup plus faible que le taux national de 2,5 %. Cette valeur faible s'explique par une désaffectation de plus en plus grande des populations pour ces régions déshéritées qui se traduit par une exode rural important (17).

(16) En fait, en 1966 la délégation d'Aïn-Draham comptait 50394 habitants. Un redécoupage administratif entre 1966 et 1975 l'a amputé des secteurs de Fernana, Gloub Ethirane, Gouaidia et Hedhil. Le chiffre de 30060 h. ne tient donc pas compte de la population de ces secteurs.

(17) L'enquête sur les mouvements migratoires en Tunisie, effectuée en 1968-69 montre qu'au cours de cette année, 13,7 % des émigrants du pays proviennent du Haut Tell et de la Kroumirie, le solde migratoire négatif étant de 6040 personnes. La région est qualifiée par les démographes de zone à répulsion moyenne alors que le Sud et le Sahel sont considérés à cette époque comme des zones à répulsion forte. L'émigration des habitants du Haut Tell et de la Kroumirie est surtout - dans la terminologie en vigueur - une migration "ignorante et sans qualification" en direction principalement de Tunis, de l'étranger et de Bizerte. Pour les 8 douars que nous avons plus particulièrement étudiés, l'exode rural intéresse 5,2 % de l'effectif, les départs vers l'étranger touchant uniquement 0,9 % de la population. Les mouvements vers Tunis représentent à eux-seuls 2,7 % des émigrés et incluent quelques femmes (8 au total).

La densité de la population pour l'ensemble de la délégation est de 68 habitants au km², chiffre moyen pour la Kroumirie dont la densité moyenne est de 71 (KASSAB, op. cit.). Des valeurs beaucoup plus fortes peuvent être rencontrées, le record étant détenu par le secteur des Hedhil dans la délégation de Fernana avec 116 h. au km².

Les chiffres globaux ne révèlent pas à proprement parler une surpopulation criante. Le secteur des Atatfa avec une population de 2331 habitants en 1975 et une densité de 56 semble être assez peu peuplé. Mais ces données globales ne traduisent qu'imparfaitement la réalité. En effet, si l'on considère non plus la surface totale mais la surface réellement utilisable par l'agriculture (la surface agricole utile ou S.A.U. des aménageurs), la densité qui lui est rapportée fait un bond prodigieux puisqu'elle est alors pour notre zone d'étude comprenant 8 douars regroupant aujourd'hui 3097 habitants, de 238 h. au km².

Il y a donc, malgré d'assez faibles effectifs humains et compte tenu des potentialités naturelles qui sont également faibles, une forte surpopulation rurale qui se traduit par une surexploitation chronique du milieu. Elle se manifeste paradoxalement par un abandon des pratiques agricoles traditionnelles intensives au profit d'une céréaliculture extensive peu rentable et par l'accroissement des effectifs des troupeaux. Pourtant, les montagnes humides de la région ont toujours été des conservatoires de traditions agricoles patiemment élaborées (MAURER -op. cit.), traditions nécessaires étant donné l'exiguïté de l'espace et la rareté des bonnes terres. Les pratiques traditionnelles révélaient des liens particulièrement étroits entre l'homme et le milieu naturel, en s'appuyant sur une organisation sociale centrée autour du douar comme unité élémentaire de production. La surpopulation, l'effritement des valeurs traditionnelles et l'éclatement des familles introduisent un déséquilibre important qui conduit à la disparition d'un système pourtant hautement productif.

Ces modes hérités d'occupation du sol ont été décrits maintes fois avec un grand luxe de détails (MARTHELOT -op. cit., KASSAB -op. cit., SETHOM et KASSAB - op. cit.). La population se répartit généralement en hameaux ou douars, les habitations étant séparées les unes des autres par des haies vives ou des murettes rehaussées de cactus ou de broussailles. Les sites les plus recherchés par l'homme sont les replats à mi-versant, plus faciles à cultiver que les pentes fortes et qui recèlent également de nombreuses sour-

ces. Là, mais également sur les versants, le paysan de Kroumirie a élaboré patiemment tout un système d'irrigation d'appoint dont il reste encore quelques vestiges. Les champs de produits vivriers, fèves et pois chiches, mais aussi tomates, oignons et haricots, sont arrosés dès que le besoin s'en fait sentir, au moyen des citernes de stockage de l'eau situées au débouché des "seguias" qui dévalent les versants depuis des sources parfois très éloignées. Le remplissage de ces citernes s'effectue en principe, suivant un tour d'eau déterminé par les utilisateurs des sources dont le débit est le plus souvent médiocre (18).

Durant l'hiver, au contraire, il est primordial d'évacuer rapidement les surplus d'eau et d'assurer au mieux l'écoulement des eaux superficielles sur les sols en pente au moyen de rigoles obliques ou de drains semi-circulaires situés au dessus des champs (Harmel).

Ce double système d'irrigation d'été et de drainage d'hiver a pratiquement complètement disparu pour céder la place à un système de production beaucoup plus extensif caractérisé par la généralisation de la production des céréales sur des parcelles minuscules dispersées sur l'ensemble des versants. Il ne reste pratiquement rien des systèmes de drainage ou, s'ils survivent, le manque d'entretien des rigoles empêche l'écoulement rapide des eaux, provoque la saturation des horizons superficiels et déclenche des mouvements de masse importants (19). En ce qui concerne les systèmes d'irrigation, la situation n'est guère meilleure. De nombreuses sources qui avaient fait l'objet d'aménagements coûteux dans les premières années de l'indépendance du pays n'ont plus reçu aucun entretien, si bien que l'eau s'écoule dans toutes les directions, se perd ou s'infiltre rapidement dans les zones sensibles aux glissements de terrain. Cet état de fait est particulièrement dangereux en hiver au moment des grandes pluies. Quelques seguias sont encore relativement bien conservées, mais l'anarchie règne maintenant en matière de tour d'eau. Les conflits entre les familles pour la répartition de l'eau d'irrigation nécessitent

(18) ZEBIDI (1964) et DAGHRIR (1977) montrent que les débits minimums des sources au Col du Vent et à Sra Rabah par exemple sont insignifiants : 7 sources donnent un débit total de 2 l/s, 3 autres 0,2 l/s.

(19) En 1979, une coulée boueuse de plusieurs centaines de m. de long a eu pour origine le manque d'entretien de deux fossés de drainage obliques sur le terroir du douar el Hamraia.

assez fréquemment l'arbitrage du omdat qui détermine parcimonieusement le nombre de "dala" échu à chaque groupe. Les bassins de stockage de l'eau sont de plus en plus mal entretenus et les affaires de vols d'eau deviennent fréquentes. Le système semble donc en voie de déliquescence rapide et conduit à une sous-utilisation sans contrôle des sources. La maîtrise de l'eau est de moins en moins assurée, ce qui peut évidemment avoir des effets catastrophiques en hiver. Les replats traditionnellement irrigués sont maintenant de plus en plus utilisés pour des spéculations jugées plus rentables car productrices d'argent frais comme la culture du noyer pour la production du "souak" (20) ou des arbres fruitiers sur les versants bien abrités (pommiers, poiriers, cerisiers, figuiers).

La culture des céréales, bien que générale sur tous les versants des vallées, est ici une véritable gageure. Les sols lourds, souvent encombrés de gros blocs de grès provenant des parties sommitales des versants, sont très difficiles à travailler. Les labours à l'araire ou à la charrue vigneronne sur de minuscules champs donnent des rendements de 5 à 6 Qtx. à l'ha., la moyenne des rendements la plus fréquente s'établissant à 3 - 4 Qtx/ha. Dans les zones les plus humides, moins favorables aux céréales, on cultive également les plantes fourragères : vesce avoine et sulla qui donnent ici de très bons résultats. Mais les techniques de culture sont mal adaptées aux conditions naturelles. La pratique du labour par sillons perpendiculaires à la pente et consistant à rejeter toujours la terre vers le bas du champ conduit progressivement à la formation de banquettes de culture, véritables rideaux qui sont néfastes à l'écoulement de l'eau, favorisent l'infiltration et partant, le déclenchement de mouvements de masse.

Toutes les terres cultivées forment ici un paysage varié, donnant une idée trompeuse de prospérité. L'arbre y tient une grande place, certaines zones étant encore parsemées de nombreux chênes-lièges témoins de la forêt primitive. Les douars situés sur les replats disparaissent au milieu des feuillages des noyers et des arbres fruitiers. Sur les terres les plus dégradées par l'érosion, la mise en défens autoritaire a donné naissance à des fourrés denses desquels émergent les pins plantés par le service des forêts. Il reste cependant beaucoup à faire car les groupes de champs étagés sur les versants sont souvent séparés les uns des autres par de profonds ravins ou de grands glissements de terrain.

(20) Le "souak" est vendu comme fibre à blanchir les dents sur tous les marchés du pays. Les paysans déracinent l'arbre à l'âge de 5 à 6 ans, transforment les racines et l'écorce en fibres et vendent le tout pour des sommes pouvant dépasser 100 dinars par arbre.

L'abandon des techniques intensives au profit d'une céréaliculture mal adaptée aux conditions naturelles conduit à la multiplication des surfaces emblavées sans pour autant que les ressources augmentent sensiblement car les rendements restent très faibles. La population continue à vivre dans des conditions précaires, les douars aux gourbis en pisé recouverts de paille traduisant dans les faits une réalité difficile à cerner. Comme nous l'avons vu plus haut, la recherche de ressources monétaires conduit à la plantation spéculative des noyers par exemple. Elle se manifeste également par la multiplication des troupeaux, principalement de bovins et de caprins et par la pratique d'un élevage en forêt. On se demande d'ailleurs s'il est bien correct de parler d'élevage puisque les bêtes vivent effectivement des produits de la forêt, des glands et des plantes du sous-bois, mais sans qu'il y ait véritablement une conduite rationnelle du troupeau. En été, les stocks de fourrage s'épuisent rapidement et les bêtes dépérissent progressivement en attendant les premières pluies et la pousse des espèces herbacées. La productivité est extrêmement médiocre et s'explique par la pénurie de bons parcours. Pourtant, il y a ici, et bien qu'on ne puisse pas à proprement parler d'une vie pastorale de montagne, une association étroite entre forêt et élevage maintes fois décrite en pays méditerranéens (GOUJON -1976). La forêt fournit non seulement une nourriture plus abondante que les zones défrichées, mais procure également un abri efficace contre les intempéries et les ardeurs du soleil.

Il est difficile de se faire une idée exacte sur les effectifs de bovins, ovins et caprins qui parcourent la zone étudiée, les habitants sous-déclarant systématiquement leur troupeau. Le recensement effectué par l'administration dans les 8 douars étudiés donne en effet une population de 852 bovins, 1650 caprins, et 711 ovins. Mais les quelques contrôles que nous avons effectués sur le terrain montrent qu'il faut multiplier ces chiffres par 3 si l'on veut se rapprocher de la réalité, ce qui donnerait environ 2500 bovins, 5000 caprins et 2800 ovins. La charge par ha. serait, dans ces conditions de 2,2 têtes, chaque hectare fournissant alors environ 1000 unités fourragères par an alors que la forêt, sans nul doute, peut en fournir beaucoup plus (21). Mais autant la nourriture semble abondante en hiver et

(21) Une unité fourragère U.F. est l'équivalent énergétique de 1 Kg. d'orge soit 1880 calories.

Toutes les espèces broutées ne fournissent bien entendu pas la même quantité d'unités fourragères au Kg. de matière sèche : la strate arborée peut fournir entre 0,30 et 0,85 UF/Kg MS, la strate herbacée entre 0,40 et 0,70 UF.

durant toute la période pluvieuse, autant elle semble insuffisante lorsque la sécheresse apparaît durant l'été, alors que les herbacées se dessèchent rapidement et que les jeunes pousses de la forêt se lignifient et deviennent de moins en moins digestibles.

Bien que ces conditions très contrastées soient peu favorables, on assiste ici comme dans toutes les zones forestières de la Tunisie septentrionale, à un accroissement du cheptel caprin depuis 1969 (KASSAB - op. cit.). Celui-ci fournit essentiellement du lait aux familles qui le possèdent. Même accroissement pour les ovins dont la population se multiplie et qui sont considérés ici, d'après les opinions recueillies auprès des habitants, comme une spéculation rentable, les prix pratiqués à la vente apparaissant comme rémunérateurs(22).

La majorité du troupeau est cependant constituée par des chèvres. Car la chèvre, animal robuste, est bien adaptée aux conditions naturelles de la Kroumirie. Les études menées par Bourbouze au Maroc (BOURBOUZE et GUESSOUS - 1979, BOURBOUZE - 1980) montrent que, si les densités restent raisonnables, la chèvre taxée de prédatrice majeure des écosystèmes forestiers méditerranéens (VAN MAYDELL et SPATZ - 1981) n'est pas plus destructive que tout autre herbivore. Elle est, il est vrai, capable de consommer les jeunes pousses des arbustes et des buissons, mais se porte plus volontiers, pour des questions de facilité d'ingestion, vers la strate herbacée lorsqu'elle existe. Ses rations alimentaires sont d'une grande diversité suivant les saisons et fonction du rythme du développement végétal. Elle peut consommer jusqu'à 90 % de son alimentation dans la strate arborée. Mais lorsque l'herbe est abondante, elle délaisse les buissons et les arbres. On voit donc la parfaite ubiquité de l'animal et le danger qu'il représente pour la végétation lorsqu'il est en surnombre, ce qui ne semble pas être encore le cas à Aïn-Draham, ou que, pour des raisons d'ordre climatique, les possibilités de pâturage se raréfient comme ici en été. Les animaux se concentrent alors en forêt et les mutilations, parfois irréversibles se multiplient sur les espèces arborées ou buissonnantes.

(22) Il y a en particulier une relation très nette entre possession d'un troupeau d'ovins et présence à Tunis ou dans une grande ville d'un fils de la famille comme si la constatation quotidienne des prix élevés de la viande dans les boucheries de la ville l'incitait à investir, grâce à l'argent économisé, dans l'élevage des moutons.

Les bovins de race locale peuvent également consommer la végétation ligneuse mais dans des proportions moins grandes du fait de leur manque d'agilité. Leur croissance est donc beaucoup plus soumise à la présence ou non d'espèces herbacées ou de plantes fourragères cultivées pour assurer la nourriture pendant la période sèche. Leur faible gabarit et leur impressionnante maigreur laissent cependant penser que les rations d'entretien ne sont pas souvent atteintes (23) et expliquent également les prix peu élevés auxquels ils se négocient lors de la vente qui a eu lieu principalement au grand souk de Fernana au moment de la soudure des récoltes. Là, les bêtes sont vendues ou échangées contre des céréales provenant de la moyenne vallée de la Medjerda (24).

La possession d'un effectif bovin même mal nourri semble donc être absolument nécessaire en complément des chèvres si l'on veut assurer sa subsistance. Mais finalement les troupeaux semblent avoir assez peu de responsabilité dans la dégradation du couvert végétal, sauf dans certaines zones de la forêt caducifoliée à chênes zeen où la régénération de l'espèce n'est plus assurée du fait de la consommation systématique des glands, ou pendant l'été lorsque les bêtes se concentrent en forêt.

III - LES MOUVEMENTS DE MASSE ET LEUR TYPOLOGIE :

Les mouvements de masse solifluidaux se rencontrent dans toutes les zones septentrionales d'Afrique du Nord à condition qu'un certain nombre de facteurs comme la pente, la structure géologique et l'occupation du sol soient réunis. Ils sont souvent associés à d'autres phénomènes érosifs comme le ravinement. Mais il faut également que les précipitations de saison froide soient abondantes et prolongées et surviennent après un été relativement sec (MAURER - op. cit.). C'est pourquoi nous considérerons plutôt les premiers facteurs énoncés comme dépendant étroitement des conditions locales alors que le facteur primordial semble être la pluviosité.

(23) Ces caractéristiques, visibles surtout chez les bovins, s'expliquent vraisemblablement par la grande mobilité des troupeaux mixtes, les bovins et les ovins suivant souvent les chèvres qui parcourent de grandes distances et dépensent beaucoup d'énergie en trajets sur des pentes fortes.

(24) Près de 1000 qtx. de céréales sont ainsi négociés chaque semaine à Fernana (SIGNOLES - 1981).

La fréquence des phénomènes observés sur les versants des vallées d'Afn-Draham montre à l'évidence que les quantités de pluie reçues sont éminemment favorables au déclenchement des glissements de terrain. On peut considérer que, toutes choses égales par ailleurs, les conditions de ce déclenchement restent très propices jusqu'à 1000 m. de pluviométrie, ce qui est le cas pour les points bas de nos vallées. Mais les mouvements de masse peuvent se déclencher également sous des hauteurs d'eau beaucoup plus faibles. Mathieu, Delaunoy et Noriceau (1975) signalent des mouvements solifluidaux superficiels dans la région du Rif de Tahar Souk au Maroc, alors que P. est voisine de 700 mm. Dans le bassin versant de l'Oued Sebou, sous-bassins-versant de l'Oued Imaouene, une solifluxion étendue par "boursouflures ou fortes ondulations" est mentionnée par Avenard (1965) sous une pluviométrie de 500 mm. alors que quelques surfaces réduites sont encore intéressées par le phénomène dans la vallée de l'Oued Beth sous 400 mm.

En Tunisie, dans la région de Thibar - Teboursouk, loupes de glissement et terrassettes, témoins d'une reptation généralisée, sont signalées sur les versants dominés par le Djebel Goraa (HENTATI- 1981). Les hauteurs moyennes annuelles de précipitations sont ici voisines de 700 mm. compte tenu d'un gradient pluviométrique altitudinal de 20mm. pour 100 m. D'autres formes de solifluxion sont encore mentionnées dans le Nord du pays, dans le bassin versant de l'Oued Joumine près de Mateur (RAIS -1979) alors que la pluviométrie est comprise entre 500 et 600 mm.

Il semble donc, du moins pour la Tunisie, que les phénomènes de glissement de terrain intéressent surtout les régions humides et sub-humides du pays. Les exemples de mouvements de masse en climat semi-aride sont en effet très peu nombreux et ponctuels (glissement de Sidi Bou Saïd dans la banlieue tunisoise).

La vallée des Atatfa et celle de l'Oued Kébir présentent un ensemble de formes de glissement particulièrement significatif. On peut, à la suite de Marthelot (op. cit.) en distinguer diverses catégories en fonction de leur répartition spatiale et des modifications qu'elles apportent au paysage.

III.1. Les formes engendrées par des processus intéressant l'ensemble d'un versant :

Les versants installés sur les sols à substrat argilo-marneux, même sur pente faible, sont ici fréquemment affectés par une molle topographie faite d'une multitude de bourrelets surbaissés, de boursouflures de formes convexes, séparés les uns des autres par des creux mal définis occupés parfois par des mares pérennes ou temporaires appelées "madjen".

La désorganisation de la topographie est plus ou moins poussée, fonction de l'intensité et de la durée des processus de glissement, si bien que l'on peut distinguer des zones à mouvements de masse diffus caractérisées par de petits bossellements à répartition plus ou moins anarchique. Lorsque les formes deviennent plus nettes et plus amples, on a une succession de petites loupes de glissement et de zones d'arrachement qui peut s'étendre sur plusieurs centaines de mètres en affectant les sols mais également, sur 2 à 3 mètres de profondeur, la couche superficielle des argiles et des marnes. A la surface, on note la présence fréquente de gros blocs métriques de grès issus des corniches sommitales et qui migrent avec les sols sur lesquels ils reposent. On voit ici très nettement une relation directe entre sursaturation par les pluies au cours de la saison fraîche et humide et franchissement local et limité de la limite de liquidité dans le matériel très plastique. Cette relation a été maintes fois signalée en Tunisie (MARTHELOT, op. cit.) comme ailleurs (FORMIGONI - 1979), le nombre de glissements élémentaires étant proportionnel à la longueur des périodes pluvieuses. Il est vrai que la désorganisation relative de la topographie de surface, la multiplication des contre-pentes, la fréquence des fissures béantes dues à la dessiccation estivale favorisent l'infiltration de l'eau et partant, la saturation des horizons superficiels.

Dans la vallée des Atatfa , de très vastes zones sont occupées par ces successions de bourrelets et de contre-pentes sans qu'il soit véritablement possible de faire la distinction entre les formes figées - car il y en a - et celles qui évoluent actuellement (25). C'est le cas sur les terroirs des

(25) Car comme nous le verrons plus loin, les mouvements de masse ne sont pas seuls en cause, le ravinement le long des oueds pouvant "ranimer" des versants entiers.

douars Khoualdia, Ech Chida et El Hamraia. Plus bas dans la vallée, les terres du Douar Tryaa el Beidh sont également très affectées par ces phénomènes.

III.2. Les coulées boueuses :

Les coulées boueuses, certaines anciennes et actuellement stabilisées, se présentent comme de véritables langues de boue s'échappant d'une niche d'arrachement située à l'amont. Le matériau mobilisé là se répand en contre-bas. L'importance de la langue boueuse est fonction du matériel pris en charge et de la quantité d'eau accumulée sur le terrain avant le déclenchement (AVENARD- op. cit.). C'est un véritable phénomène de liquéfaction des terres due à une suralimentation en eau qui peut avoir des origines variables.

Dans notre région, une bonne liaison peut être établie avec des "séguias" mal entretenues qui, au lieu d'évacuer l'eau en surplus au cours des pluies, favorisent son infiltration.

Les coulées boueuses, pour spectaculaires qu'elles soient, n'intéressent ici que des superficies réduites. Elles se déclenchent généralement lors des fortes pluies comme au printemps de 1956 (MARTHELOT, op. cit.) durant lequel trois importantes coulées se sont formées dont l'une à l'Aïn-Melah sur les terres du Douar es Safdia. En 1978, au cours de l'hiver, une coulée s'est déclenchée au Douar el Hamraia dans des formations argileuses à l'aval d'un réseau de séguias mal entretenu. Longue d'environ 200 m., elle avait déplacé en bloc les oliviers qui étaient plantés là, les murs de pierre sèches limitant les champs ayant migré d'une trentaine de mètres vers l'aval. A l'amont, une cicatrice d'arrachement semi-circulaire d'environ 50 m. de rayon, laissait encore suinter d'importantes quantités d'eau quelques mois après le déclenchement de la coulée. Plus haut, sur le versant, des fissures de quelques centimètres de large, parallèles à la cicatrice d'arrachement s'étaient ouvertes et une maison en maçonnerie située 100 m. plus loin était complètement lézardée. Actuellement, l'eau de la coulée s'étant vidangée, le matériel légèrement compacté du fait de sa diminution de volume, occupe une sorte de talweg de quelques mètres de profondeur remanié par une ravine qui s'y encaisse profondément.

Les coulées boueuses peu fréquentes ici, phénomènes plus profonds que les glissements décrits plus haut, doivent cependant être mentionnées car elles sont tout à fait significatives de l'abandon des anciens systèmes de drainage qui permettaient une évacuation rapide de l'eau au cours des périodes pluvieuses.

III.3. Les décollements en masse et éboulements :

Les décollements en masse (MARTHELOT -op. cit.) sont les phénomènes les plus spectaculaires observés dans notre zone d'étude. Ils intéressent des masses énormes de matériaux qui sont remaniées sur une distance horizontale pouvant aller jusqu'à 1 km. et sur 50 à 80 m. à la verticale. Ce sont en fait des mouvements profonds complexes faisant intervenir de nombreux facteurs qui ne sont pas que d'ordre climatique. En effet, la pente, la structure géologique, l'occupation du sol jouent également un grand rôle dans leur déclenchement.

Pour la zone qui nous intéresse, on peut avec certitude, en recenser quatre. Les trois premiers sont inactuels et occupés par des formations végétales denses. L'un est situé au Douar Nfeidh el Messaf et s'étend sur 1,8 km. depuis le sommet du Dj. Afne Fellous à 580 m. d'altitude jusqu'à l'oued el Kébir. Il est constitué à l'amont par une grande cicatrice de décollement semi-circulaire de 500 m. de diamètre dans les grès compacts, occupée actuellement par une belle forêt de chênes-liège, donc ancienne. A sa base, plusieurs sources suintent au contact entre les grès et les argiles sous-jacentes et la population s'est installée là, pour y cultiver sur les formations éboulées argilo-sableuses et pour profiter de l'eau. A l'aval et jusqu'à l'oued, vers 120 m. d'altitude, s'allonge une grande nappe de débris chaotique épaisse de 1 à 10 m. suivant les coupes visibles, occupée par la forêt ou le maquis desquels émerge la masse grise de très gros blocs de grès issus des sommets.

Le second est situé sur le flanc nord-ouest du Djebel Bonouela à 1 km. à l'est de Babouch. Là encore, une importante zone d'arrachement intéresse non seulement les argiles du synclinal de Babouch mais également les grès numidiens du djebel. Une nappe de débris occupée par le maquis dévale jusqu'à l'oued situé 300 m. en contre-bas. Immédiatement à l'aval de la zone d'arrachement, s'étend un vaste replat cultivé où

jaillit une source, occupé en son centre par un petit "madjen". Plus bas, l'infiltration de l'eau dans la masse éboulée provoque des remaniements locaux sous forme de petites loupes de glissement qui entraînent avec elles de jeunes plantations de pins.

Enfin, sur les terres du Douar Echchida, au Nord-Ouest de Dar Fatma, une immense nappe de débris peut être suivie sur près de trois kilomètres. La surface d'arrachement d'une longueur de 800 m. tranche aussi bien des bancs de grès que des lits argileux sous-jacents. La langue de débris hétérométriques très grossiers, occupée par des champs et une sùberaie claire, s'avance sur des pentes relativement faibles jusqu'à venir combler l'étroite vallée de l'oued au N.E. du Dj. Afne Fellous. La zone d'arrachement est actuellement remaniée en "blad-lands" par le ravinement concentré.

Mais le plus spectaculaire exemple de formes issues d'un décollement en masse se situe à l'emplacement de l'Afne Berda au Douar el Aroufia. L'ensemble du décollement s'étend sur plus d'un km. de long depuis la lisière de la forêt dans les grès du "numidien" jusqu'au lit de l'oued. Il est formé par une face d'arrachement composite, haute d'environ 30m. que l'on peut suivre sur environ 1 km. et au pied de laquelle s'individualise un grand cône d'éboulis grossiers remaniés par le ruissellement (MARTELOT, op. cit.). A la base des éboulis gréseux anguleux, se situe une petite dépression marécageuse, en eau en 1960 mais actuellement vidangée à travers la masse. Ce "madjen" est fermé vers l'aval par un grand lambeau de grès effondré formant barrage et sur lequel on peut encore deviner les ruines d'une habitation qui se situait avant l'évènement environ 60 m. plus haut. Ce replat, long d'une centaine de mètres présente en contrebas, un front éboulé formé d'aiguilles de grès de quelques mètres de haut qui s'abattent sur la pente comme des châteaux de cartes et donne naissance à une nappe chaotique formée de gros blocs de forme parallélépipédiques qui se suit sur 150 m. jusqu'à un second "madjen" toujours en eau, retenu par un important arc de cercle caillouteux qui le domine de quelques mètres. Plus bas, la nappe caillouteuse ondulée se poursuit, de moins en moins épaisse, reposant sur les argiles injectées de gypse triasique jusqu'à l'oued profondément encaissé d'une dizaine de mètres dans ces roches tendres.

Nous avons là incontestablement un phénomène profond faisant intervenir des masses considérables de matériaux non seulement dans les formations superficielles mais également dans les roches aussi bien tendres que compactes.

Les témoignages recueillis sur le terrain (MARTHELOT, op. cit.) permettent de dater le déclenchement du glissement de l'été 1928 alors qu'il n'avait pas plu depuis quelques semaines. Le replat témoin d'un vieux versant hérité du Quaternaire ancien qui se trouvait là s'est mis à glisser brusquement en masse vers le bas. Puis sa progression s'est poursuivie plus lentement pendant deux semaines environ avec formation des "madjens", étalement des bourrelets principaux et même barrage temporaire de l'oued principal. Des affaissements de moindre ampleur se sont poursuivis pendant plus de 10 ans. Actuellement on constate que des chutes de pierres ont lieu le long de la cicatrice et que des tassements différentiels se produisent sur le versant en amont du décollement. On ne peut donc pas trouver une relation très nette entre pluie des jours, voire des semaines précédents et déclenchement du phénomène. Notons cependant que l'année 1928 se caractérise comme 1927 par des précipitations supérieures à la moyenne et par une remontée continue des totaux pluviométriques après une courte période sèche de quatre ans. Il est donc probable qu'une relative saturation des formations superficielles ait pu se produire dans cette zone de replat au pied d'un escarpement gréseux et qu'une partie des eaux se soit même infiltrée plus profondément à la faveur de fentes et fissures le long d'un accident tectonique. Car, à notre avis, il ne faut pas négliger ce facteur et il convient de prendre en compte les conditions structurales locales caractérisées par la présence de nombreuses failles (voir carte géologique) et contacts anormaux entre les grès, les argiles et les gypses. Il y a ici, nous semble-t-il, relation étroite entre décollement et tectonique puisque la face d'arrachement laisse voir actuellement une très caractéristique brèche de faille le long de laquelle s'est effectué le décollement.

Il est donc probable que de tels mouvements cyclopéens soient causés par la conjonction de multiples facteurs dont certains restent peut-être encore à découvrir (26). Ici, la combinaison = présence d'un replat avec source - années précédentes pluvieuses - zone tectoniquement broyée,

(26) Rôle des séismes par exemple.

aboutit à la mobilisation de masses énormes de débris qui perturbent complètement l'ordonnement des versants et rend stériles des superficies importantes.

Phénomènes de solifluxion intéressant l'ensemble d'un versant, coulées boueuses, décollements et vastes éboulements ne sont en fait qu'une des composantes du bilan érosif des vallées d'Aïn-Draham et sont bien souvent indissociables du ravinement qui s'exerce le long des cours d'eau et de leurs petits affluents.

IV - LES PHENOMENES DE RAVINEMENT :

Les phénomènes de ravinement recensés dans la zone d'étude sont dus à l'importance des écoulements malgré une couverture végétale que l'on croirait suffisante pour les annihiler.

Nous manquons malheureusement de données hydrologiques sur l'Oued el Kébir et ses affluents si bien que nos appréciations sur l'intensité de l'érosion ravinante ne peuvent rester que subjectives. Cependant, les études menées pour la construction sur l'Oued el Lil voisin, du barrage de Beb M'tir, peuvent nous servir d'utiles références. Sur cet oued, Tixeront (1959 et 1961) et Ibiza (1967) soulignent l'importance des écoulements sur le bassin-versant de 108 km², pourtant très bien couvert par une végétation forestière peu dégradée.

Pour les pluies d'ordre centennal, malgré la bonne couverture végétale, mais du fait de l'imperméabilité des roches du bassin, le ruissellement à l'oued peut être voisin de 0,95 à 1,00. C'est ainsi que pour une intensité de 257 mm/24 h à Aïn-Draham, la tranche d'eau écoulee a été de 240 mm/24 h. à Ben M'tir et de 350 mm/72 h. Le débit maximal s'est situé à 600 m³/s. et le débit spécifique à 5,5 m³/s/km² (TIXERONT, op.cit.). Comme nous l'avons vu plus haut, des quantités de pluie supérieures à 100 mm. en 24 h. ne sont pas rares à Aïn-Draham. Les conditions semblent donc requises pour que l'érosion ravinante s'exerce avec acuité pendant les longues périodes humides de la saison froide, lorsque les formations superficielles reposant sur des substrats imperméables se gorgent d'eau

jusqu'à saturation. La végétation plus dégradée ici que dans le bassin versant de l'Oued el Lil où elle est exclusivement forestière, offre moins de protection, ce qui conduit à supposer sur des bassins versants de plus faible superficie, l'occurrence d'écoulements encore plus efficaces.

De fait, la physionomie des oueds et des ravins qui leur sont coordonnés montre à l'évidence une très grande activité qui semble d'ailleurs s'être accrue depuis quelques décennies avec les modifications récentes du couvert végétal. Les principaux cours d'eau à écoulement pérenne encaissent brusquement leur lit d'une dizaine de mètres entre des berges nues, obliques, constamment remaniées par de petits glissements provoqués par le sapement basal. En profil transversal, il y a donc brutal accroissement de la pente du versant à proximité de l'oued comme si celui-ci s'était récemment enfoncé dans une topographie plus molle caractérisée par les bossellements dus aux mouvements de masse. Il y a donc un véritable rajeunissement des versants, une mise en porte-à-faux des parties situées immédiatement à l'amont des berges et donc possibilité de remise en mouvement par les phénomènes de solifluxion, ce qui, effectivement, se produit très fréquemment. Certaines berges dans les argiles, outre des glissements de formes diverses, présentent également une topographie caractéristique de "bad-lands". Il y a donc à ce niveau une association étroite entre ravinement et phénomènes de solifluxion.

Le lit de l'oued est généralement encombré de gros blocs de grès métriques, lavés de la matrice fine dans laquelle ils se trouvaient emballés lors de leur mise en place par les mouvements de masse. Plus à l'aval, lorsque les pentes longitudinales diminuent, non loin du "Pont de la Correspondance", les mêmes gros blocs plus ou moins bien roulés encombrant non seulement le lit de l'oued, mais jonchent également la surface de la basse terrasse, déposés là lors des grandes crues alors que les matériaux de la terrasse sont composés d'éléments roulés de taille beaucoup plus faible, preuve évidente d'un déséquilibre récent du système morphogénique.

Sur les versants, il convient également de signaler la présence d'un ravinement en plaques discontinues qui disparaissent vers l'aval, véritable lèpre qui affecte certaines zones marneuses à végétation très dégradée, la dissection de la surface topographique s'effectuant en fonction de la violence du ruissellement et donc de la valeur de la pente. La présence de ces plaques semble d'ailleurs plus fréquente sur les versants exposés au Sud que sur ceux qui regardent le Nord.

Au total, d'importants phénomènes de mouvements de masses et de ravinements, les premiers souvent accélérés par les seconds conduisent à une dégradation continue des sols mais surtout de l'ensemble du cadre de vie des habitants des vallées étudiées. Comme le dit si bien Marthelot (op. cit.), "le désordre se poursuit dans toutes les directions dans les terres bouleversées", avec pertes importantes de substance, les roches dures émergeant de plus en plus à l'amont de versants en roches tendres affectés par des glissements. Mais les bouleversements finissent eux-mêmes par atteindre les roches dures, les bancs de grès apparaissant ici comme "foudroyés" et libérant fréquemment des blocs et fragments qui dévalent les pentes. L'ensemble de la topographie d'un versant excepté le large interfluve peut donc être intéressé par une séquence d'érosion, véritable "catena" caractérisée par une érosion ravinante active à la base, des mouvements de masse sur les berges des oueds, une solifluxion de l'ensemble des versants sur marnes et argiles, en partie due aux ravinements, des glissements importants sur le bord des replats, d'éventuels décollements de versants et éboulements au contact des replats et des hauts versants gréseux, des chutes de blocs au pied des barres gréseuses. Peu de zones sont donc, a priori, exemptes de risques. Il convient cependant, en vue de l'aménagement, de les localiser avec plus de précision.

V-LA CARTE DES RISQUES LIÉS A L'ÉROSION HYDRIQUE ET AUX MOUVEMENTS DE MASSE.

Nous avons vu plus haut que phénomènes de glissement et ravinement étaient, dans notre zone d'étude, dans une certaine mesure liés sans qu'il soit, dans l'état actuel de notre connaissance, possible de déterminer quel est le rôle du ravinement dans un éventuel déclenchement

des mouvements de masse. Il semble donc a priori beaucoup plus facile d'élaborer une carte physiionomique de l'érosion qu'une carte des risques potentiels puisque bien des facteurs entrant en jeu dans la mobilisation du matériel nous échappent encore. Mais il convient cependant pour toute étude d'aménagement, de dépasser le stade du document statique qui peut donner de fausses idées, pour passer à une vision plus dynamique des phénomènes répertoriés.

De nombreuses tentatives de cartes de risques de glissement ont été effectuées surtout pour des études sur les tracés de routes en zone de solifluxion ou pour l'implantation d'ouvrages d'art. Elles sont en général consacrées à un sujet bien précis et détaillent peu les méthodes d'élaboration. Une des discussions méthodologiques les plus intéressantes publiées ces dernières années (ANTOINE-1978) se rapporte justement à l'élaboration des cartes de risques de glissements. L'auteur prend en compte deux cas fréquemment rencontrés pour conclure à la difficulté de l'évaluation des risques, difficulté que nous avons rencontrée ici.

Dans le cas d'une zone ayant subi au cours de son histoire récente des mouvements de terrain d'ampleur variable qui sont stabilisés au point de faire partie du paysage et de passer inaperçus, il est possible qu'une remise en mouvement ait lieu sans que l'on sache l'ampleur du mouvement potentiel. Ce type de zone est à l'évidence suspecte, mais comment la prendre en compte du point de vue du risque ?

Dans le cas plus délicat de pentes qui n'ont jamais glissé, des circonstances exceptionnelles peuvent y déclencher, pour des raisons purement naturelles, tous types de mouvements. Ici, il n'y a pas de méthode de calcul permettant d'évaluer les risques. La théorie existe bien, mais elle est valable pour les talus et remblais artificiels sans que l'on puisse l'appliquer aisément aux versants naturels.

L'étude théorique de la stabilité d'un talus fait intervenir trois types de données : les lois fondamentales de la mécanique qui expriment l'état d'équilibre; la loi rhéologique du matériau qui dépend de sa nature; la combinaison des lois précédentes aboutissant à des équations

différentielles qui nécessitent la connaissance des conditions aux limites qui doivent être choisies en fonction de considérations géologiques portant sur le rapport forme du talus-terrain de constitution ou sur les efforts prenant en compte la surface du talus et les sollicitations liées à l'écoulement de l'eau dans le sol.

Or, cette méthode s'appliquant très bien à des matériaux connus dans leurs moindres détails devient caduque lorsque l'on passe au milieu naturel où de nombreux paramètres sont inaccessibles sans de très lourdes reconnaissances. Si la constitution géologique du sous-sol peut être approchée assez précisément, il n'en va pas de même lorsqu'il s'agit d'établir la répartition des pressions de fluides dans un glissement de terrain.

Il est donc relativement facile d'établir une carte des risques dans les zones ayant déjà glissé, mais pratiquement impossible de la faire par les méthodes mentionnées ci-dessus pour les pentes n'ayant jamais glissé. On en est donc réduit à élaborer ce type de document en évaluant aussi précisément que possible - et c'est bien là la difficulté - les divers paramètres qui nous paraissent objectivement se combiner pour aboutir à un risque.

Certaines tentatives effectuées récemment dans ce sens et en particulier Duffaut (1980-1981) affectent une certaine hiérarchie de risque aux formes de glissement qu'elles ont répertoriées. C'est ainsi que, par ordre croissant de danger, on distingue : "la libération de blocs rocheux à partir d'une falaise verticale ou surplombante; la libération de blocs rocheux sur une pente forte; les coulées boueuses; les glissements superficiels le long de la pente; les glissements sur une surface structurale; les basculements profonds (glissements rotationnels) suivant une surface grossièrement circulaire". Notons en passant, pour bien souligner la subjectivité de toute classification, qu'un seul bloc rocheux menaçant de dévaler une pente occupée par des habitations présente un risque potentiel beaucoup plus grave qu'un glissement rotationnel en zone non habitée. Mentionnons également que la classification précédente tient peu compte des superficies intéressées par tel ou tel phénomène et considère uniquement la notion de danger ponctuel.

La prise en compte des seuls paramètres physiques ou des phénomènes ponctuels ne peut donc aboutir facilement à l'élaboration d'une carte des risques. C'est la raison pour laquelle d'autres tentatives plus satisfaisantes ont abordé la notion de risque en matière de glissements à travers les causes du déclenchement du phénomène. C'est le cas des cartes ZERMOS (27) en France pour lesquelles l'évaluation des risques, restant très subjective, s'effectue à partir des renseignements disponibles : phénomènes anciens et leurs conséquences lorsqu'elles sont connues, indices d'instabilité (dont on ignore comment ils sont calculés), lithologie, structure (pendage et fracturation), morphologie, valeur des pentes (VILLAIN, BOBILLON -1979).

A la lecture de la carte on se rend évidemment compte que les facteurs les plus couramment utilisés sont les formes de glissements présentes sur le terrain, la lithologie et la valeur des pentes, mais on ignore comment ces paramètres ont été appréciés et quel poids on leur a attribué lorsqu'on les a combinés entre eux.

D'autres tentatives de cartographie de risques prenant en compte les causes du déclenchement des glissements ont été effectuées depuis longtemps en Italie, une des dernières en date ayant été réalisée dans l'Appenin de Pavie par Cerro et Tansini (1979). L'approche consiste à prendre en compte pour l'individualisation de zones de risques homogènes la lithologie, la pente et la couverture végétale. L'étude détaillée sur photographies aériennes de la superficie affectée par les formes de glissement -avec toutes les difficultés que cela représente (28)-

(27) ZERMOS : Zones Exposées à des Risques liés aux Mouvements du Sol et du sous-sol.

(28) On voit mal en particulier comment reconnaître le caractère actuel ou fossile d'un versant bosselé par une solifluxion pelliculaire !

pour tel type de roche, tel type de pente ou tel type d'occupation du sol, permet la confection d'indices lithologie, d'indices pente, d'indices couverture végétale qui, additionnés entre eux, aboutissent à l'élaboration de classes homogènes de risques de glissement. Dans l'Appenin de Pavie, il est ainsi précisé que 31 % de la superficie des roches incohérentes (marnes et sables) est intéressée par les glissements, 17 % des roches alternativement dures et tendres, 10 % des roches peu cohérentes avec conglomérats et 3 % des roches cohérentes. En ce qui concerne les pentes, ce sont celles de 10 à 40 % qui sont les plus affectées par les glissements (18 % de la superficie) alors que les pentes supérieures le sont moins (10 % des surfaces). Les pentes faibles sont peu propices aux glissements (7 % de la superficie).

Trois classes de couverture végétale ont été seulement distinguées. Les terrains boisés sont peu atteints par les glissements (4 % de leur superficie). Il en va tout autrement pour les terrains cultivés (essentiellement en vigne) dont 16 % des surfaces présentent des phénomènes de solifluxion. Le chiffre concernant les jachères ou les terrains incultes (17%) doit être considéré avec prudence car il est possible que ces terrains aient été abandonnés du fait des mouvements de masse.

La tentative de Cerro et Tansini aboutit finalement à l'élaboration d'une carte des risques dans laquelle sont distinguées des surfaces stables ("aree stabili, prive di dissesti"), des surfaces prédisposées aux glissements ("aree predisposte al dissesto"), des surfaces fortement prédisposées aux glissements ("aree fortemente predisposte al dissesto"), et des surfaces affectées par les glissements ("aree dissestate, frane"). Les risques dus à l'érosion ravinante ne sont pas pris en compte dans une zone pourtant formée en majorité de roches tendres ou peu cohérentes et dont les pentes sont souvent très fortes.

Pour l'élaboration de notre carte, nous nous sommes inspiré des démarches mentionnées ci-dessus en tenant compte autant que possible du double risque provoqué soit par le ravinement comme moteur relatif de la solifluxion mais aussi comme agent érosif, soit par les mouvements de masse.

Nous avons logiquement tenu compte des facteurs traditionnels influençant l'érosion en considérant de façon un peu artificielle que les conditions climatiques étaient identiques sur toute la zone étudiée (29). Ces facteurs sont la lithologie, la pente et l'occupation du sol.

En ce qui concerne la lithologie et les formations superficielles reposant sur les roches en place, nous avons établi l'échelle de susceptibilité croissante aux mouvements de masse et à l'érosion hydrique suivante :

- 1 - Grès compact;
- 2 - Roches siliceuses du synclinal de Babouch (données pour mémoire car représentant des surfaces très faibles);
- 3 - Alternances de grès et d'argile;
- 4 - Colluvions sur grès;
- 5 - Alluvions de la plaine;
- 6 - Colluvions sur alternance de grès et d'argile;
- 7 - Argiles gypseuses;
- 8 - Argiles;
- 9 - Colluvions sur argiles.

Cette échelle tient évidemment compte des observations de terrain qui ont permis de préciser, de façon il est vrai subjective, la fréquence des glissements pour les différentes roches ou formations superficielles.

Pour les pentes, nous avons de même distingué par ordre de susceptibilité à la solifluxion ou à l'érosion hydrique :

- 1 - les pentes de 0 à 15 %;
- 2 - les pentes de 15 à 30 %;
- 3 - les pentes de 30 à 50 %;
- 4 - les pentes de 50 à 100 %;
- 5 - les pentes supérieures à 100 %.

(29) Nous avons vu plus haut que les données pluviométriques de l'ensemble de la région, comparées à celles de régions plus sèches mais néanmoins affectées par les glissements, étaient partout favorables au déclenchement de la solifluxion.

Cette dernière catégorie, en fait non affectée par les mouvements de masse, représente les corniches rocheuses avec danger de chute de pierres ou de blocs.

L'occupation du sol est partagée en plusieurs rubriques fonction de la fréquence des formes de glissement qui peut leur être attribuée. Du moins au plus sensible, on peut mentionner :

- 1 - la forêt non dégradée et le maquis dense;
- 2 - la forêt et le maquis moyennement dégradés;
- 3 - la forêt et le maquis très dégradés;
- 4 - les pâturages maigres avec boisement irrégulier;
- 5 - les cultures en open-fields sur les versants;
- 6 - les cultures avec irrigation mal conduite.

Les trois séries de facteurs ci-dessus ont été affectées de coefficients puis cartographiées séparément après une photointerprétation et une prospection poussée sur le terrain (voir par exemple la carte des pentes), les cartes étant ensuite superposées. La combinaison cartographique des coefficients aboutit à la délimitation de zones regroupées ensuite par grandes catégories de valeurs, le pas de découpage étant calé sur les observations de terrain. On aboutit ainsi à une carte factorielle sur laquelle apparaît un zonage des risques de glissements de terrain et d'érosion ravinante en fonction des pentes, de la lithologie et de l'occupation du sol.

Un bref commentaire de cette carte permet de mettre en évidence plusieurs types de grandes zones de risque.

Les zones à risque nul ou faible sont toutes les superficies qui sont apparemment non soumises à des phénomènes dynamiques nets et qui n'y seront vraisemblablement jamais si les conditions naturelles ne se modifient pas trop rapidement. Elles sont généralement couvertes par la forêt, exceptées les terrasses alluviales de la basse vallée dans la région du "Pont de la Correspondance", avec des taux de recouvrement allant de 75 à 100 % (FOURNET, ROEDERER - op. cit.). Ce sont principalement les lignes de crête apla-

nies encadrant à l'Est, à l'Ouest et au Nord le système de vallées et les djebels Bonouela et Afn Fellous situés entre les deux talwegs principaux. Dans ces secteurs, les pentes sont faibles, seules quelques barres de grès pouvant sporadiquement libérer des blocs qui dévalent les versants. Ces zones à risque faible s'étendent sur 2401 ha. soit 39,2 % de la superficie totale.

Les zones à risque moyen sont affectées modérément par des phénomènes aux conséquences mal évaluables, un ou plusieurs facteurs considérés pouvant être cause de l'instabilité. Ce sont en général les régions bordières de zones qui présentent des risques plus forts, lorsque les pentes s'accroissent en limite des affleurements gréseux par exemple, ou sur les pentes faibles sur argile lorsque la topographie présente de nombreux bouleversements qui indiquent une solifluxion pelliculaire. Elles couvrent une surface de 1655 ha. soit 27,0 % du total.

Les zones à risque fort présentent des facteurs d'instabilité très accusés qui peuvent entraîner des phénomènes d'érosion importants. Elles englobent les surfaces qui sont menacées en bordure des zones déjà atteintes. Elles sont avant tout localisées aux versants des vallées jusqu'au contact avec les grès mais peuvent également affecter par recul les affleurements gréseux. Elles s'étendent sur 1230 ha. (20,1 % de la surface totale).

Les zones à risque fort sont celles qui sont affectées par des phénomènes d'érosion récents ou actuels importants et celles qui sont soumises à l'extension de ces phénomènes. Nous avons également inclus dans cette catégorie les phénomènes anciens avec forte possibilité de reprise du fait de l'occupation du sol et de la pente. Tous les grands effondrements et les grandes zones de coulées ou de solifluxion généralisée, ainsi qu'une grande partie des berges d'oueds sont dans ce cas. Ce sont cependant les zones les moins étendues puisqu'elles ne couvrent que 844 ha. soit 13,7 % de la superficie de la région.

Au total donc, 66,2 % des terres présentent peu de risques érosifs alors que 33,8 % peuvent être affectés ou sont affectés par les mouvements de masse et le ravinement des oueds.

VI - CONCLUSIONS.

Nous venons de voir que le tiers des terres de la vallée des Atatfa et de la vallée de l'Oued Kébir est affecté ou menacé par les mouvements de masse ou le ravinement. Les dégâts actuels et ceux qui se produiront inexorablement sont localisés à la partie argileuse des versants, sur la bordure des replats sur lesquels est implanté l'habitat et le long des oueds, toutes zones qui sont le plus fortement exploitées par une agriculture pourtant peu rentable.

On voit mal comment lutter par des moyens physiques contre des phénomènes qui intéressent des masses énormes de matériau et qui s'étendent en catena depuis les cours d'eau au fond de la vallée jusqu'aux premières barres de grès situées quelques centaines de mètres plus haut. Car en matière de lutte contre les mouvements de masse, tout combat n'est qu'un combat d'arrière-garde qui, au mieux, permet de retarder quelque peu la retraite (DUFFAUT, op. cit.). On doit donc se montrer extrêmement réservé face à toute tentative d'intervention directe au niveau des formes de glissement elles-mêmes, car les sommes investies risquent de l'être à pure perte.

Dans un tel milieu, toute forme d'action doit donc être indirecte et se placer non pas dans le cadre unique des aménagements classiques de C.E.S. mais plutôt dans celui d'une action intégrée où travaux de lutte contre l'érosion, lutte biologique, action économique et sociale doivent être étroitement associés.

1 - Dans la mesure où ils ne reviennent pas trop cher, les travaux de conservation des eaux et des sols peuvent être envisagés le long de toutes les ravines. Nous avons vu plus haut que le ravinement était en partie responsable de la reprise des phénomènes de glissement. Il convient donc de le stopper ou du moins de le ralentir par l'édification

systematique de seuils en pierres sèches, perméables à l'eau mais retenant les alluvions, de façon à briser la vitesse de l'écoulement. Les techniques d'édification de ce type d'ouvrages sont bien connues des ingénieurs de la C.E.S. Faciles à mettre en oeuvre, elles sont peu coûteuses ici car les pierres sont disponibles partout à proximité des oueds. Cependant, dans les oueds principaux, il est possible que ces seuils ne suffisent plus et qu'il faille envisager la construction de gabions, plus résistants aux écoulements. Les seuils le long des ravins ou des oueds restent cependant vulnérables et demandent des réfections partielles après chaque saison pluvieuse si l'on veut qu'ils restent efficaces. C'est pourquoi nous insistons sur l'importance du suivi de ces ouvrages et donc sur la constitution d'équipes spécialement chargées de ces tâches.

La construction et l'entretien de ces petits barrages doit également s'accompagner de tentatives pour la stabilisation des berges. Il semble, d'après les expériences entreprises par l'Arrondissement des Forêts d'Aïn Draham dans plusieurs ravins de la zone des Atatfa ou à Aïn-Draham même, que la plantation d'espèces arbustives ou buissonnantes comme les eucalyptus ou le saule donne de bons résultats. La croissance rapide est assurée par une fourniture en eau régulière si bien qu'il n'est pas nécessaire d'aider les jeunes plants par un arrosage d'été. Il est probable que l'aulne, présent à Aïn-Draham durant le dernier millénaire serait susceptible de reprendre le long des oueds à partir du moment où les transferts d'eau seraient ralentis par les seuils.

2 - Région forestière très arrosée relativement fraîche, à courte saison d'été, la zone d'Aïn-Draham se prête de façon adéquate à la réalisation d'expériences de lutte biologique contre l'érosion. Nous entendons par là l'augmentation du couvert végétal pour lutter contre le ruissellement mais également contre les mouvements de masse par densification des réseaux racinaires.

De telles expériences ont été entreprises également par l'Arrondissement des Forêts d'Aïn-Draham et montrent qu'une mise en défens efficace aboutit rapidement au réemboisement de terres qui, à l'origine, étaient affectées par le ravinement et les mouvements de masse. A proximité de l'école primaire du douar Ech Chida, une parcelle densément embuissonnée,

dominée par quelques pins, fouilli inextricable de ronces et de jeunes chênes-lièges, témoigne d'une mise en défens d'une dizaine d'années. Là non seulement les phénomènes d'érosion n'apparaissent plus, mais la vie sauvage a également repris son cours, témoignant de la reconstitution d'un écosystème de transition entre les zones de culture et la forêt de chênes-lièges.

Plus au Nord, dans la zone du douar Es Saïda, une mise en défens plus récente (3 à 4 années) d'une grande loupe de glissement, accompagnée de la plantation d'eucalyptus et de saules le long des ravines, se traduit par une reprise progressive d'espèces buissonnantes comme les bruyères et par la densification spectaculaire du tapis herbacé annuel, si bien que l'on peut y envisager une fauche pour le fourrage.

On assiste donc, dès qu'il y a mise en défens des terres les plus dégradées même sans véritable sol, à un embuisonnement accéléré et à une reconstitution d'un équilibre naturel qui n'est cependant pas celui du milieu originel et à une diminution des phénomènes de ravinement et de glissement de terrain.

3 - Il est malheureusement impossible d'envisager une mise en défens totale des deux vallées, puisque plusieurs milliers d'habitants y vivent. Il s'agit donc de concilier les impératifs de la lutte contre l'érosion pour le mieux-être des habitants avec le désir, réellement affirmé par une bonne partie de la population de "vivre au pays". Il convient de ce fait d'intervenir au niveau de la C.E.S. et de la mise en défens, mais également dans le domaine économique en généralisant quelques actions en la matière.

Dans le domaine de la lutte contre l'érosion, il est bien évident que les travaux d'édification de seuils contre l'érosion doivent être effectués par les habitants eux-mêmes, sous la direction des services compétents, comme cela se fait d'ailleurs actuellement pour l'entretien des pistes forestières, la récolte du liège, la lutte contre les chenilles processionnaires dans les plantations de résineux, etc...

En matière de mise en défens, il semble nécessaire de généraliser la règle selon laquelle toute mise en défens correspond à une privation de jouissance pour les habitants et doit donc s'accompagner de compensations. Celles-ci peuvent être de type divers, mais doivent représenter un intérêt pour l'aménageur comme pour le bénéficiaire. Si l'on veut lutter contre l'érosion, il vaut mieux donner aux habitants des indemnités sous forme de graines de légumineuses ou de plants de noyers par exemple, que des rations alimentaires. Dans le même ordre d'idées, l'autorisation d'une fauche réglementée sur les parcelles nouvellement mises en défens pourra également faire admettre plus facilement ce type d'interventions.

Une des grandes questions en suspens, question controversée également, reste la réglementation concernant le bétail. On a vu plus haut que les quelques 2500 bovins, 5000 caprins et 2800 ovins représentant une charge à l'ha. de 2,2 têtes, éprouaient de grandes difficultés à trouver leur nourriture durant la saison sèche. La charge ne semble cependant pas excessive si on la rapporte à la densité du couvert végétal et aux possibilités de fourniture en unités fourragères. Elle le devient uniquement en été (environ 4 têtes à l'ha.), lorsque les bêtes sont concentrées dans la forêt et la maquis, mutilant gravement la végétation arbustive, provoquant des destructions irréversibles (VON MAYDELL, SPATS -op. cit.). Il semble donc, si l'on veut que les forêts ne subissent pas des atteintes irrémédiables et puissent avoir la possibilité de se régénérer normalement (30), qu'il faille généraliser les cultures fourragères sur les versants argileux des vallées.

Actuellement, les parcelles plantées en sulla (Hedysarum coronarium) donnent des rendements satisfaisants. Elles sont malheureusement utilisées au jour le jour du fait de la faiblesse des superficies cultivées. Il faut donc envisager d'étendre cette culture en fournissant les semences nécessaires et de vulgariser des techniques simples de conservation comme le séchage.

(30) On a vu plus haut qu'actuellement, la forêt de chênes zeen ne se régénère plus du fait de la consommation systématique des glands.

Mais peut être pourrait-on tenter également la plantation d'autres espèces de la famille des trèfles et des luzernes (MIEGE -1976). L'utilisation générale et plus systématique des plantes fourragères permettrait certainement une diminution des prélèvements effectués sur la végétation naturelle.

Cependant, il est illusoire de croire qu'une action de limitation du pâturage en forêt et de vulgarisation des cultures fourragères puisse être efficace si elle n'est pas accompagnée par une recherche systématique d'amélioration de la production du lait. Il est en effet évident que le surcroît d'efforts et de dépenses occasionné par la production de fourrage doit être compensé par une augmentation des ressources qui ne peut être dégagée que par la production des troupeaux eux-mêmes. En ce qui concerne les chèvres, on pourra utilement s'inspirer d'une expérience de production artisanale de fromage de chèvres, menée dans la région par un jeune Tunisien (31).

4 - Quoiqu'il en soit, avec la meilleure volonté du monde, il est impossible de concevoir un développement équilibré de cette zone montagneuse à vocation essentiellement forestière, sans envisager un déplacement important des populations. Il est en effet inconcevable de maintenir dans ces vallées des densités à la surface agricole utile voisines de 240 habitants au km². Mais plutôt que de continuer à pratiquer des déplacements autoritaires ou fortement incités de quelques kilomètres vers des lignes de crêtes peu propices à l'installation des populations, il faudrait, dans le cadre d'un plan régional de développement tenant compte des complémentarités entre zones forestières montagneuses et plaines agricoles voisines

(31) La chèvrerie, située sur les derniers contreforts montagneux avant la plaine de Tabarka, le long de la route Aïn-Draham - Tabarka, abrite une trentaine de chèvres laitières d'origine alpine, actuellement plus ou moins croisées avec la race locale. La production de fromages est vendue soit aux touristes de passage, soit au hôtels de Tabarka et de Tunis. De l'aveu même du propriétaire, de nombreux conflits éclatent avec les habitants du voisinage à propos de l'utilisation des terres de parcours, ces derniers lui reprochant de consommer beaucoup trop de végétation du fait du format plus grand des bêtes.

(vallée de la Medjerda, plaine de Tabarka, ...), imaginer une politique de départ progressif qui tienne compte des risques objectifs de glissement de terrain et des dangers qu'ils représentent, mais aussi du désir sincère d'une partie des habitants de quitter la région pour des zones plus attractives alors que d'autres veulent continuer à y vivre. C'est pourquoi nous proposons un certain nombre d'actions immédiates pour parer au plus pressé.

La tâche la plus urgente consiste à identifier, à l'aide de la carte des risques jointe à ce rapport, les habitants les plus menacés. Par une enquête serrée auprès des personnes concernées, on évaluera leur capacité au déplacement et les motivations les poussant à accepter ou au contraire à refuser celui-ci. On pourra ainsi déterminer le total des personnes à déplacer et envisager alors les mesures à prendre pour échelonner ce déplacement.

Dans les zones présentant des risques faibles ou moyens, la restauration des points d'eau, l'amélioration de l'habitat à l'image de ce qui a été pratiqué au douar Sidi M'Hamed, permettrait alors d'asseoir des actions à plus long terme concernant la régulation du troupeau. L'amélioration de la production fourragère et l'édification des réseaux anti-érosifs le long des oueds.

- ANTOINE (P.) - 1978 - Glissements de terrains et aménagement de la montagne.
Bull. Soc. Vaudoise Sci. Nat., 74 (353) : I - 14.
- AVENARD (J.M.) - 1982 - La solifluxion ou quelques méthodes de mécanique des sols appliquées au problème géomorphologique des versants. Paris, SEDES, 164 p.
- AVENARD (J.M.) - 1965 - L'érosion actuelle dans le bassin du Sebou.
Inst. Nat.Rech.Agron. Rabat, multigr.114 p.,14 cartes.
- BEAUDET (G.) - 1962 - Types d'évolution des versants dans le Rif occidental.
Rev. de Géogr. du Maroc, I - 2: 41 - 47.
- BELAID (R.) - 1965 - Le bassin versant du Moyen Miliane entre Pont du Fahs et le Djebel Oust. Etude géomorphologique.
Thèse 3° cycle Strasbourg, 2 t. multigr., Univ. Strasbourg - DRES Tunis, 210 p.
- BEN TIBA (B.) - 1980 - Contribution pollenanalytique à l'histoire holocène de la végétation de Kroumirie (Tunisie septentrionale).
Thèse Doc. Ing. Univ. Aix-Marseille III, multigr.
76 p. + annexes.
- BOCK (L.), CALEMBERT (J.), MATHIEU (L.) - 1981 - Réflexions sur les aptitudes des terres en milieu méditerranéen.
Pédologie, XXXI : 47 - 64.
- BONVALLOT (J.) - 1979 - Comportement des ouvrages de petite hydraulique dans la région de Médenine (Tunisie du Sud) au cours des pluies exceptionnelles de Mars 1979.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Sci. Hum., XVI (3) :233 - 249.

- BORTOLI (L.) - 1966 - Carton bioclimatique de la carte phyto-écologique de la Tunisie septentrionale. Feuille III : Tabarka - Souk el Arba.
Secrétariat d'Etat au Plan et à l'Economie Nationale Tunis, C.E.P.E. Montpellier C.N.R.S. Paris.
- BOURBOUZE (A.) - 1980 - Utilisation d'un parcours forestier pâturé par des caprins. Fourrages, 82 : 121- 144.
- BOURBOUZE (A.), GUESSOUS (F.) - 1979 - La chèvre et l'utilisation des ressources dans les milieux difficiles.
Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 32 (2) : 191- 198.
- BUNZA (G.) - 1978 - Bewegungsablauf und Sanierungsmöglichkeiten von Erdströmen.
Geol. Paläontol. Mitt., 8 : 209- 225.
- BYSTRITSKY (O.), IBIZA (D.) - 1966 - Dossier pluviométrique. Afn-Draham. B.I.R.H. Tunis, 11 p. multigr. + annexes.
- CADIOT (B.) - 1979 - Les mouvements de terrain en Ardèche : approche historique et essai de zonage régional du risque.
Bull. B.R.G.M., 3 (1) : 51 - 60.
- CAILLEUX (A.), TRICART (J.) - 1950 - Un type de solifluxion : les coulées boueuses.
Rev. Géomorphol. Dyn., 1 : 4 - 46.
- CERRO (A.), TANSINI (T.) - 1979 - Individuazione di zone omogenee ai fini della stabilita' dei versanti (Bacino del T. Ghiaia Ghiaia di Montalto, Appenino Pavese).
Geol. Appl. Idrogeol., 14 (13) : 117 - 128.
- CLAUDE (J.), FRANCILLON (G.), LOYER (J.Y.) - 1977 - Les alluvions déposées par l'oued Medjerda lors des crues exceptionnelles de Mars 1973.
Cah. O.R.S.T.O.M., sér. hydrol., XIV (1) : 37 - 110.

- DAGHRIR (O.) - 1977 - Note technique sur les ressources en eau des localités de Sra Rabah, Ouled Helal, Afn el Beya et Sraya.
D.R.E. Tunis, 3 p. multigr. + annexes.
- DIMANCHE (P.), SCHOENENBERGER (A.) - 1970 - Description des milieux des Mogods et de Kroumirie.
I.N.R.F. Tunis, Variété scientifique, 4.
- DIRECTION DES FORETS - PROJET FAO - SIDA - 1978 - Etude qualitative et quantitative de l'érosion dans le Nord et le Centre de la Tunisie.
Direction des Forêts, Tunis, E.T. 83, multigr. + cartes H.T.
- DUFFAUT (P.) - 1980 - Le sous-sol urbain, ressource ou menace ?
Bull. B.R.G.M. (2° sér.), section III, 2 : 163 - 175.
- FLORET (C.), DAGET (P.) - 1971 - Phytoécologie et types de milieux en Tunisie septentrionale. Cartographie et mise en valeur.
Semaine d'Etude des problèmes méditerranéens. Bull. Rech. Agron. Gembloux, volume extraordinaire : 99 - 106.
- FLORET (C.), GUILLIERM (J.L.), JACQUINET (J.C.) et coll. - 1965 - Carte phyto-écologique de la Tunisie Septentrionale. Feuille III : Tabarka - Souk el Arba.
Secrétariat d'Etat au Plan et à l'Economie Nationale Tunis, C.E.F.E. Montpellier, C.N.R.S. Paris.
- FORMIGONI (G.) - 1979 - Considerazioni su caratteristiche e principali cause delle frane nell' Appennino settentrionale.
Geol. Appl. Idrogeol., 14 (3) : 53 - 59.
- FOURNET (A.), ROEDERER (P.) - 1961 - Etude de l'érosion de la vallée de l'oued Kébir ou vallée des Atatfas (Tabarka - Afn Draham).
H.A.R., S.S.E.P.H. Tunis, E.S. 38, 6 p. multigr. + cartes h.t.

- FREGIEN (W.) - 1971 - Das Kroumir und Mogodbergland im Nordtunesischen
Küstentell.
Geographischen Gesellschaft Hannover, Sonderheft 5.
168 p.
- GINESTOUS (G.) - 1927 - Le chêne zéen d'Aïn-Draham.
Bull. Direct. de l'Agric. du Commerce et de la Colonisation,
3° trim. : 3 - 12.
- GOUJON (P.) - 1927 - Elevage et forêt dans le bassin méditerranéen occiden-
tal.
Colloque l'Elevage en Méditerranée occidentale. C.N.R.S. :
1 - 8.
- HENIA (L.) - 1977 - Les précipitations pluvieuses dans la Tunisie Tellienne.
Thèse 3° cycle Univ. de Tunis, Fac. Lettres et Sc. Hum.,
264 p. Multigr.
- HENTATI (A.) - 1978 - Conditions d'équilibre et de déséquilibre des divers
types de milieux dans le Jbel Semmama et sur son piedmont.
Thèse 3° cycle Strasbourg. Multigr. Univ. Strasbourg - D.R.E.S.
Tunis, 226 p. + Annexes.
- HENTATI (A.) - 1981 - Etude géomorphologique du bassin versant de l'Oued
Thibar.
Division des Sols, Tunis, n° 574, 17 p. multigr. + cartes h.t.
- HOENISCH (U.), MESTROVIC, SCHOENENBERGER (A.) et coll. - 1970 - Le chêne zeen
en Kroumirie.
Ministère de l'Agriculture, Tunis, 102 p., multigr.
- IBIZA (D.) - 1967 - Etude hydrologique de l'oued el Lil au barrage de Ben
hetir.
B.I.R.H. Tunis, 19 p. multigr. + Annexes.

- JOURNAL LA PRESSE - 1981 - La Kroumirie, mythes et faits. 1° février 1981.
- KHALFALLAH (S.), DELHUNEAU (M.) - 1980 - Etude pédologique des clairières de Jendouba retenues pour des plantations d'arbres fruitiers.
Division des Sols, Tunis, n° 556 bis, 18 p. multigr. + cartes h.t.
- KASSAB (A.) - 1976 - Agriculture et ressources en eau en Kroumirie.
IV° Colloque de Géographie maghrébine, Tunis.
Cah. du C.E.R.E.S., 4 : 207 - 220.
- KASSAB (A.) - 1979 - L'homme et le milieu naturel dans les régions de Sedjenane et de Tabarka.
Méditerranée, 3° sér., 35 (1-2) : 39 - 46.
- KILIAN (J.) - 1974 - Etude du milieu physique en vue de son aménagement.
Conceptions du travail. Méthodes cartographiques.
L'Agronomie Tropicale, 29 (2-3) : 141 - 153.
- LACOTTE (R.) - 1979 - Convois à blocs et fourniture de matériel hétérogène.
Bull. Centre Géomorphol. Caen, n° 24 : 15 - 21.
- LEYRAT (J.C.) - 1965 - Etude pédologique de l'U.R.D. de Tabarka. Secteur Montagne.
Division des Sols, Tunis, n°287 F, 63 p. multigr. + cartes h.t.
- LE HOUEROU (H.N.) - 1971 - Le rôle de l'écologie végétale dans les études de mise en valeur de la région méditerranéenne.
Semaine d'Etude des problèmes méditerranéens. Bull. de Recher. Agron. Gembloux, vol. extraord. : 68 - 87.
- MARTHELOT (J.) - 1957 - L'érosion dans la montagne Kroumir.
Rev. Géogr. Alpine : 273 - 287.

- MARTHELOT (P.) - 1960 - Note sur un décollement de versant dans la vallée des Atatfa (Kroumirie).
Actes du 84° congr. Nat. Soc. Sav., Dijon 1959.
Section de Géographie : 61 - 65.
- MATHIEU (L.), DELAUNOIS (A.), MORICEAU (J.) - 1976 - La dynamique actuelle et le comportement des travaux de lutte anti-érosive sur les versants marneux dans la province de Taza (Maroc).
Actes du Symposium sur les versants en pays méditerranéens, Aix-en-Provence.
C.E.G.E.R.M., Vol.V: 133 - 137.
- MAURER (G.) - 1976 - Les mouvements de masse dans l'évolution des versants des régions telliennes et rifaines d'Afrique du Nord.
Actes du Symposium sur les versants en pays méditerranéens. Aix-en-Provence.
C.E.G.E.R.M., Vol. V : 133 - 137.
- MAURER (G.) - 1979 - Les milieux naturels et leur aménagement dans les montagnes humides du domaine rifain et tellien d'Afrique du Nord.
Méditerranée, n°1-2 : 47 - 56.
- MIEGE (J.) - 1976 - Problèmes botaniques de l'éleveur méditerranéen.
Colloque l'Elevage en Méditerranée occidentale.
C.N.R.S. : 9 - 22.
- MIOSSEC (A.) - 1981 - Caractères originaux de la morphogénèse quaternaire en Tunisie.
1° congr. Nat. Sci. Terre, Tunis, p. 43.
- MORARIU (T.), GARBACEA (V.) - 1966 - Processus d'évolutions des versants en Roumanie.
Symposium International de Géomorphologie. Evolution des versants. Vol. I : 175 - 186.

- PACHOUD (A.) - 1980 - Relation entre la stabilité de certains versants de montagne et l'activité agricole.
Congr. Géol. International, Paris 1980. B.R.G.M.,
3 : 1233.
- PUGLISI (S.) - 1979 - Il ruolo delle sistemazioni idraulico - forestali in aree soggette a processi erosivi e franosi.
Geol. Appli. Idrogeol. 14 (3) : 209 - 223.
- RAIS (M.) - 1979 - Les héritages quaternaires dans le bassin versant de l'oued el Abid (Cap Bon - Tunisie), leur évolution géochimique et leurs rapports avec la végétation.
Thèse 3° Cycle Strasbourg. Multigr. Univ. Strasbourg-D.R.E.S. Tunis, 210 p.
- LA RECHERCHE - 1978 - Alerte aux mouvements du sol.
La Recherche, 92 : 791 - 793.
- ROUVIER (H.) - 1977 - Géologie de l'extrême-Nord Tunisien : Tectoniques et paléogéographies superposées à l'extrémité de la chaîne nord-maghrébine.
Thèse de Doctorat es Sciences Naturelles, Univ. P. et M. Curie, Paris, 3 vol.
- SCHOENENBERGER (A.) - 1967 - Carte phyto-écologique de la Tunisie septentrionale. Echelle 1/200.000. Feuille II : Bizerte-Tunis. Feuille III : Tabarka-Souk el Arba. Extrait de la notice détaillée.
Annales de l'I.N.R.A.T., 40 (1) : 15 - 75.
- SECRETARIAT AU PLAN ET A L'ECONOMIE NATIONALE - 1968 - Journées d'études pour le développement de la délégation d'Aïn-Draham (7-8 septembre 1968). Rapport de synthèse.
Tunis, 8 p. multigr.
- SELMI (M.), TOUTAIN (F.), ESPIAU (P.) et coll. - 1981 - Ordonnance bioclimatique de quelques sols caractéristiques du grès

Numidien de Kroumirie.

1° Congr. Nat. Sci. Terre, Tunis, p. 114.

SERVICE DES FORETS - 1959 - Projet d'équipement. Restauration et reforestation du périmètre de l'oued Kébir (Aïn Draham-Tabarka). Note technique. Tunis, 18 p. + cartes h.t.

SETHOM (H.) , KASSAB (A.) - 1981 - Les régions géographiques de la Tunisie.

Public. de l'Univ. de Tunis, Fac. des Lettres et Sci. Hum., Géogr., Vol. XIII, 460 p.

SHARPE (S.) - 1960 - Landslides and related phenomena.
New-York.

SIGNOLES (P.) - 1981 - Mutations récentes des campagnes tunisiennes et intégration accrue à l'économie urbaine.

Fascicule de Recherche n°5, Urbanisation et nouvelle organisation des campagnes au Maghreb, Poitiers: 143-185.

SOUCHEZ (R.) - 1963 - Evolution des versants et théorie de la plasticité.
Rev. belg. de Géogr., 97 (1) : 9 - 24.

SOUCHEZ (R.) - Viscosité, plasticité et rupture de l'évolution des versants,
Ciel et Terre, LXXX (II - I2), 24 p.

TAZIEFF (H.) - 1961 - Signification tectonique des glissements de terrain.
C.R. Acad. Sc., Paris, CCL.

TIXERONT (J.) - 1959 - Note sur les crues en Kroumirie de Mars 1959.
Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, Tunis, 8 p.
multigr. + annexes.

VILLAIN (J.), BOBILLON (G.) - 1979 - Carte Zermos. Région de Pralognan-la Vanoise.

Notice explicative de la carte des zones exposées à des risques liés aux mouvements du sol et du sous-sol à 1/25.000.

B.R.G.M. Orléans, Notice 59 p. + carte h.t.

VON MAYDELL (H.J.), SPATZ (G.) - 1981 - Effects of goat husbandry
on the developement of the landscape.
Applied Geography and development, 18 : 30 - 44.

ZEBIDI (H.) - 1964 - Col du vent (A. Draham). Possibilités en eau.
B.I.R.H. Tunis, 3 p. multigr. + carte h.t.

VALLEE DES ATATFA RISQUES LIES A L'EROSION

MOUVEMENTS DE MASSES ET RAVINEMENT

ECHELLE : 1 : 25.000

