

ROYAUME DU MAROC
INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

-:-:-

SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE
DES SOLS

SECTION EROSION

LA CARTOGRAPHIE
DE
L'EROSION ACTUELLE DANS LE
BASSIN DU SEBOU
(MAROC).

par

J. M. AVENARD Géomorphologue

RABAT - AVRIL 1965

Dans le cadre des études du milieu naturel entreprises par l'Institut National de la Recherche Agronomique du Maroc, il nous a été demandé d'entreprendre une étude de l'érosion dans le bassin du SEBU.

Ce travail qui doit avoir un but pratique, à savoir la lutte contre l'érosion et la protection des terres agricoles, ne peut être mené à bien en une seule étape, par suite de l'ampleur du bassin-versant et des problèmes pratiques qui se posent. Aussi, dans un premier stade, s'agit-il essentiellement de mettre en lumière les processus qui commandent l'évolution actuelle des versants.

Cette première approche du problème n'est donc pas une synthèse, mais un survol des problèmes généraux, entrant dans le cadre d'un avant-projet.

Cette étude sera par ailleurs une contribution du MAOC au projet général d'aménagement du bassin entrepris par la F.A.O. (Mission SEBU) Elle permettra de passer plus rationnellement à l'étude de détail en fonction des impératifs d'aménagements qui découleront de l'ensemble des études sur le bassin.

Il nous a semblé dans ces conditions, qu'une cartographie systématique des phénomènes (mode et type d'érosion) est la meilleure solution pour aborder ce problème de l'érosion dans le bassin du SEBU; c'est cette méthode de cartographie que nous exposerons ici, après un bref aperçu des conditions générales de l'érosion dans le bassin.

I - LES CONDITIONS DE L'EROSION

A - Le problème posé : entrainement des sols et inondations

L'érosion dans le bassin du Sebou peut se réduire à deux phénomènes catastrophiques : l'ablation de la couverture meuble et des sols sur les versants dans la plus grande partie du bassin, et les inondations périodiques qui affectent la cuvette du Rharb.

Le bassin versant du Sebou s'étend sur 27 000 Km², avec des reliefs dépassant 2 400 m dans le Rif, et 3 100 m dans le Moyen - Atlas. Dans certains secteurs, des tranches d'eau atteignant 2 mètres caractérisent la ~~pluviosité~~, et le volume des eaux écoulées annuellement atteint 5 milliards de m³ en moyenne (10 milliards en années humides). Cet écoulement est très irrégulier, puisque le Sebou et l'Ouerrha qui ont des étiages de 10 à 20 m³/s, ont des crues de 2 000 à 4 000 m³/s à l'entrée de la cuvette du Rharb. En Janvier 1963, lors d'une crue exceptionnelle, l'Ouerrha seul avait un débit de 8 000 m³/s à Mjara.

Le Rharb ne peut évacuer rapidement une telle quantité d'eau, et les inondations sont catastrophiques (200 000 ha submergés).

Le Sebou et ses affluents ont déposé depuis une longue période une partie de leur charge qui a constitué des levées alluviales sur leurs berges. Lors des inondations l'eau s'étale dans la plaine, par débordement et s'accumule dans la cuvette par ailleurs mal drainée (les merjas).

Mais la grande quantité d'eau tombant sur les versants entraîne une ablation considérable et provoque des phénomènes variés, détruisant les terres agricoles. Le problème de l'érosion est donc aussi un problème de protection des terres, et entre dans le cadre d'un plan d'aménagement agricole.

B - Données générales

1) la diversité des secteurs.

L'ampleur du bassin versant du Sebou entraîne une diversité dans les modes d'érosion et les problèmes ne se posent pas avec la même acuité selon les secteurs considérés. L'oued et ses affluents drainent en effet une partie plus ou moins importante de plusieurs unités géographiques telles que Le Rif, le Prérif, le Sillon Sud-Rifain, le Causse Moyen-Atlasique, le Moyen-Atlas, la Méseta Occidentale et la Mamora, avant d'entrer dans le Rharb.

Les conditions de climat, de site géomorphologique et de lithologie sont ainsi très variées. S'il est possible de dégager, en première approximation, un certain nombre de facteurs généraux qui se retrouvent dans tout

le bassin avec des nuances dans un même processus, de nombreux phénomènes sont au contraire très localisés et sous la dépendance de conditions particulières. Ces conditions obligent à passer très vite à un découpage régional.

Il s'agit ici essentiellement du façonnement des interfluves, où se manifestent les phénomènes d'ablation. Nous devons cependant envisager pour rendre compte de tous les phénomènes d'évolution, de l'ensemble du "trinôme morphogénétique" : ablation, transport, accumulation. Lorsqu'il y a érosion, il se produit forcément une accumulation, soit sur place soit après transport, et l'étude d'un bassin versant doit tenir compte de cet enchaînement : l'accumulation qui se produit dans le Rharb provient de l'ablation qui affecte le bassin plus en amont.

De manière générale, un versant est la résultante d'un équilibre en perpétuel réagencement entre les propriétés internes du matériau composant ce versant, et les conditions extérieures. Des facteurs complexes et variés interviennent ainsi dans son évolution. Examinons ces facteurs dans le bassin du Sebou.

2) Les conditions climatiques

Les conditions climatiques actuelles, dans le bassin du Sebou, sont caractérisées par la violence des contrastes, répétant localement ce qui se produit à l'échelle du Maroc. Ce bassin est en fait à une zone de contact climatique, allant du semi-aride à l'humide : variations de température (de la gelée à plus de 40° C) variations de pluviométrie et dans l'humidité de l'air sont choses courantes. Si l'on peut admettre en gros une saison sèche, chaude et une saison humide, assez fraîche, le rythme saisonnier est très nuancé selon les secteurs considérés, et en outre à une année sèche peut succéder une année pluvieuse. Ainsi, une grande irrégularité des conditions climatiques selon l'exposition aux influences océaniques, l'altitude, les conditions locales d'insolation ou d'exposition aux vents se répercutent sur l'intensité des précipitations et sur leur importance en tant que force érosive. Toutes ces conditions amènent un compartimentage et une variété d'association des divers types d'érosion

A pluviosité égale, les processus peuvent être différents dans le Rif et dans le Causse Moyen Atlasique par suite de la sécheresse de l'air dans ce dernier, empêchant notamment le développement des phénomènes de solifluxion : l'évaporation très importante et très rapide ne permet pas une quantité d'eau suffisante dans le sol. Or l'état hygrométrique du sol joue un rôle essentiel dans l'évolution d'un versant ; une des propriétés fondamentales d'une formation superficielle est son pouvoir de laisser filtrer l'eau arrivant à sa surface ou au contraire de refuser toute infiltration. Nous avons montré ailleurs que les ravinements, liés à un coefficient de ruissellement élevé, se développent dans la mesure où l'eau des averses ne s'infiltré pas et s'écoule presque toute à la surface du versant.

La zone méditerranéenne en général et le bassin du Sebou en particulier sont très favorables à ce mode d'érosion : pentes raides, faible entrave de la couverture végétale à la concentration des filets d'eau, averses intenses et faible perméabilité, formations lithologiques variées favorisent

le ruissellement.

Mais les conditions climatiques jouent aussi un rôle indirect par leur action sur la végétation. Or la couverture du sol a une importance toute particulière : elle retient une partie de l'eau qui n'arrive pas au sol, et régularise les averses, elle en absorbe une autre partie par ses racines, elle diminue l'impact des gouttes de pluie, elle évite la concentration du ruissellement. Nous verrons plus loin toute l'importance de la dégradation de la végétation par actions anthropiques, dans l'évolution actuelle du bassin du Sebou.

3) La lithologie :

La nature lithologique des formations est essentielle par les propriétés physico-chimiques. L'eau se mélangeant aux argiles, modifie leurs propriétés mécaniques, les rendant successivement, au fur et à mesure que sa teneur s'accroît, plastiques puis fluides : les phénomènes de solifluxion se déclenchent sous l'effet de ces modifications. Or dans le bassin du Sebou, la grande extension de matériaux argileux (marnes etc...), la présence de matériaux triasiques salifères ou gypseux facilitent les phénomènes de glissement ou d'arrachement lorsque le matériel est altéré en surface. Ces formations favorisent au contraire les phénomènes de bad-lands et de ravinements lorsque la couverture d'altération a été décapée ou est très réduite.

Il est bien évident par ailleurs que les conditions structurales s'associent à la lithologie. La Causse Moyen-Atlasique avec des calcaires tabulaires ou subtabulaires est moins propice à l'érosion que les séries plissées, charriées, et fracturées du Rif. Ainsi la lithologie de certaines régions du Rif favorise la solifluxion : la superposition de couches argileuses ou de dépôts meubles sur des schistes ou flyschs forment de magnifiques plans de glissement.

4) Le site géomorphologique et rôle de la pente :

Les formations lithologiques du bassin du Sebou réagissent à une première série de conditions qui sont climatiques. Mais elles subissent une autre action qui est due au site géomorphologique. Celui-ci commande en effet la possibilité d'action des oueds par exemple, par entaille du pied de versant. Les versants à l'écart de l'entaille des vallées (interfluve entre Sebou et Ouerrha par exemple, plateau de Meknès ...) ne subissent pas le même degré d'érosion que les versants sapés par les oueds : l'encaissement des vallées produit une rupture d'équilibre qui se répercute sur les versants. Ce phénomène est particulièrement important partout où la reprise d'érosion quaternaire a joué.

La pente, facteur déterminant de l'équilibre, dépend des autres conditions : climat, site géomorphologique, et de certaines propriétés du matériau, mais réciproquement commande l'intensité des actions. De nombreux facteurs interviennent ainsi dans le façonnement qui aboutit à une pente donnée :

Il y a tout d'abord l'aptitude des couches superficielles à être entraînées par la sollicitation de la pesanteur, sous l'effet du franchissement des limites de liquidité ou de plasticité. Il y a aussi le décapage par ruissellement diffus ou en nappe etc...

Cette évolution est longue, saccadée suivant les conditions de teneur en eau du sol ou de ruissellement, mais continue à l'échelle géologique. Les vallonnements du Plateau de Fes-Meknès sont un exemple typique d'une évolution imperceptible par colluvionnement, mais qui aboutit à un décapage des sommets de croupes. Une pente d'équilibre s'établit.

Cette évolution peut se faire aussi suivant une autre propriété des formations lithologiques : leur résistance à la rupture. Il s'agit alors d'un réajustement brutal des conditions climatiques par rapport au site géomorphologique, c'est à dire en fonction de facteurs régionaux. Ce réajustement se répercute directement sur le façonnement de la pente. Les décollements par paquets qui affectent les bas versants du Rif et du Pré-rif en sont la conséquence.

C - Le rôle des paléoclimats

Le rôle des paléoclimats est sans conteste très important par l'héritage des débris meubles laissés sur les versants. De nombreuses formations superficielles issues de l'altération en place de la roche ou d'épandages par des processus divers (coulées boueuses, ruissellement, etc...) ont en effet été formées dans des conditions climatiques antérieures, très différentes de celles agissant actuellement. Dans les zones montagneuses, soumises aux conditions climatiques quaternaires plus froides, les processus de fragmentation physique et de désagrégation mécanique ont été beaucoup plus importants par suite de saisons à gel intense et d'une plus grande alternance de "gel-dégel". Il en est résulté une plus forte libération de matériel meuble étalé en terrasses ou sur les pentes. Il y a eu par ailleurs attaque et redistribution du matériel d'altération plus ancien, pliocène ou villafranchien. Le climat de ces deux époques, plus chaud et sans doute plus humide avait en effet permis une altération chimique plus importante, ayant recouvert de grandes superficies d'un manteau de débris.

Ce sont généralement des matériaux meubles et mobilisables, s'ils ne sont pas encroûtés et consolidés, qui sont le siège de l'érosion actuelle. Il se produit toujours des réajustements, mais bien souvent un équilibre s'était établi entre ce stock et les conditions naturelles externes. De nombreuses zones pouvaient être considérées comme stables dans l'équilibre naturel actuel ou subactuel. Mais l'homme rompt cet équilibre en agissant sur un de ces éléments, particulièrement en détruisant la couverture végétale : nous voudrions insister ici sur la rupture d'équilibre qui se produit depuis quelques décades et la reprise d'érosion qui en découle.

D - La rupture d'équilibre actuelle :

Le mode traditionnel d'utilisation du sol a de tout temps été néfaste à l'équilibre naturel. La dégradation et la disparition du couvert végétal, les labours le long de la plus grande pente, le piétinement des troupeaux ont entraîné une érosion des terrains stabilisés. L'équilibre précaire a souvent été rompu. L'homme a été la goutte d'eau qui fait déborder le vase, en jouant le rôle d'un véritable catalyseur. Un autre déséquilibre a été introduit par la colonisation des fonds de vallées et des bas de pentes par les Européens. Une culture plus ou moins spéculative s'est faite au détriment de la protection des terres. Cependant, ces cultures, établies sur des zones relativement planes, n'ont pas toujours été néfastes.

Les méfaits de la culture traditionnelle et de la colonisation restaient donc souvent limités. Il n'en est plus de même avec la poussée démographique de ces dernières années. On assiste actuellement, particulièrement sur les bas-versants, à une occupation humaine extrêmement rapide qui se traduit par des défrichements de grande ampleur, sans souci de sauvegarde du patrimoine. Le passage à une économie monétaire, l'obligation de récolte, si maigre soit-elle, ont accéléré les phénomènes d'érosions.(1) Il en résulte un développement de formes très diverses, telles que les arrachements de la couverture végétale à la fin de l'hiver ou les ravinements. Comme nous le notions plus haut, cette dilapidation du patrimoine est dangereuse car elle détruit le manteau d'altération formée à une époque ancienne et qui ne peut plus se reconstituer sous le climat actuel : La destruction du stock est ainsi irréversible et les terrains tendent vers la dénudation et la stérilité. Combien de zones cultivées il y a très peu de temps encore avons nous vu abandonnées actuellement par suite d'arrachements, de glissements de terrains ou de ravinements, qui s'élargissent un peu plus chaque année. Or cette destruction date de quelques décades et va en s'amplifiant ; cette évolution très caractéristique dans les vallées de l'OUERRHA et de ses affluents se retrouve dans de nombreux autres secteurs. Par exemple, la dépression d'AHERMCOUMOU, à la limite de CAUSSE, subit une grave crise d'érosion à la suite d'une colonisation récente, sans aucune précaution. Des ravins entaillent les terres de cultures, des arrachements se produisent un peu partout. C'est un des secteurs typiques où l'érosion anthropique est en train d'agir avec rapidité, et où l'évolution est irréversible. L'apparition de bad-lands le long de la piste permettant d'atteindre la dépression indique un décapage accéléré. Nous pourrions citer de nombreux autres exemples de cette reprise d'érosion. Ainsi dans le PRE-RIF, des bad-lands anciens, stabilisés par une végétation assez dense, subissent une **reprise** d'érosion actuelle qui se traduit par une réentaille des ravins, c'est à dire une pente plus forte. Il y a ainsi deux générations de bad-lands superposés : les plus anciens, au sommet, pas encore atteints à leur tête par la reprise d'érosion, **gardent** une légère couverture végétale indiquant qu'ils étaient stabilisés, les récents sont actifs et gagnent en extension d'année en année.

(1) Voir en Particulier R. RAYNAL : L'érosion des Sols au Maroc
Annales Scientifiques de l'Université de HALLE, 1957

Telles sont les conditions générales qui sont à la base de l'érosion des interfluves dans le bassin du SEBOU. Nous devons cependant replacer les phénomènes d'érosion dans leur contexte général : une partie des débris arrachés aux versants arrivent dans le fond des oueds. Ces derniers les évacuent puis les redéposent ; mais cette augmentation de la charge augmente la force érosive de l'oued qui sape les versants. De nombreux phénomènes de substitution de charge se produisent.

Une étude de l'érosion doit donc englober tous les termes de cette évolution. Tout aménagement régional, comme l'implantation d'un barrage ou la protection de terres inondables doit tenir compte des phénomènes d'érosion sur les versants, mais aussi, de la façon dont migrent les alluvions, ou dont sont sapées les berges.

Ils est banal de dire que la protection du RHARB dépendra de la lutte menée en amont, mais cette lutte doit commencer sur les hauts versants du moindre des affluents des artères principales comme l'OUERRHA et le SEBOU. C'est dans la mesure où l'on stabilisera les versants et où l'on permettra à l'eau de s'infiltrer que l'on agira efficacement sur l'érosion linéaire et sur l'accumulation dans les fonds de vallées et le RHARB.

Ces considérations générales doivent cependant être précisées, aussi une cartographie systématique du phénomène s'impose tant pour permettre une localisation spatiale que pour donner les éléments qui déboucheront sur la lutte anti-érosive.

II - LES PRINCIPES CARTOGRAPHIQUES ADOPTES.

A - Le Problème de l'échelle

Le point de départ de notre programme a été le choix de l'échelle. La rédaction d'une carte de l'érosion dans le bassin du SEBOU se heurte en effet à différentes exigences souvent antinomiques : grande surface à couvrir, laps de temps relativement court pour tenir compte du fait que cette étude est un avant projet...

Nous ne devons pas perdre de vue que ce travail devait avoir un but pratique, c'est-à-dire qu'il devait donner une vue d'ensemble sans pour autant sacrifier les détails. Il nous avait été suggéré d'entreprendre cette cartographie au 1/100 000 ou au 1/200 000. Mais à ces échelles beaucoup de formes d'érosion, de petite taille mais de grande importance pour le façonnement des versants n'auraient pu être représentées, leur localisation exacte n'étant pas possible. Un ravin par exemple ne peut être utilement représenté s'il n'a pas au moins 200 m de long. Que dire des traces de ruissellement concentré sur un versant évoluant essentiellement par creep.. Or ces rigoles sont très importantes car elles marquent le début d'une évolution entraînant la dégradation rapide et actuelle du versant. La lutte contre l'érosion doit commencer par la lutte contre les processus élémentaires : il était donc indispensable d'adopter une échelle permettant de montrer ces processus élémentaires, afin de faire l'analyse des phénomènes d'érosion. L'érosion étant essentiellement un mode de façonnement linéaire, il faut recourir à une échelle permettant l'emploi de signes linéaires. Une carte analytique de l'érosion doit éviter le plus possible l'abstraction qui reste cependant l'apanage de toute étude cartographique.

Le **seul** argument autorisant l'emploi de ces échelles était que ces derniers pouvaient permettre de cartographier l'ensemble du bassin. Or même au 1/200 000, il n'était pas possible de couvrir toute l'étendue de ce bassin-versant, du moins dans une première étape.

Il fallait donc recourir à une carte à plus **grande** échelle pour cartographier valablement et dans un but pratique.

Cependant il semblait souhaitable, malgré tout, d'ouvrir une carte générale faisant le point des différents processus affectant l'ensemble du bassin.

Pour concilier tous ces impératifs, nous avons donné à notre travail cartographique une double orientation, et nous sommes en train de réaliser :

1) - Une série de cartes au 1/50 000 d'une région du bassin (Le Prérif). Le choix de cette zone nous a été dicté d'une part par des raisons de travail en équipe, d'autre part de mise en valeur agricole. Les Plaines telles que le Rharb ou le Saïs de Fes, le Plateau de Meknes etc.. subissent **certes** une érosion, mais il était plus intéressant de réaliser d'abord des cartes pédologiques de ces zones, alors que les régions montagneuses (Rif) étaient le domaine des Forestiers. Par ailleurs **d'** excellentes études régionales sont en cours dans ces zones, comme celle du Rif par G. MAURER pour ne citer que celle-là.

Notre rôle, en tant que membre d'un Institut de Recherche Agronomique était ainsi de prospecter en premier lieu une zone où l'érosion est importante, mais dont l'intérêt agricole n'est pas **exclu**.

2) - Une carte générale de l'érosion dans l'ensemble du bassin versant, à l'échelle du 1/500 000, dont le but est de faire apparaître (pour les opposer entre eux) les grands secteurs.

B - La représentation des phénomènes.

1 - Les cartes d'analyse au 1/50 000.

Ces cartes qui pourraient être intitulées de "valeur de l'érosion actuelle", devraient être le document essentiel. Elles définissent les grands secteurs et les types d'érosion, et permettent de donner une idée de l'évolution actuelle des interfluves, et de l'activité des oueds. Orientées vers les phénomènes d'érosion actuelle elles **remplacent certes** pas la carte géomorphologique générale et fondamentale qu'il faudrait lever. Elles doivent cependant rendre d'appréciables services à tous ceux qui ont à oeuvrer pour la protection du sol.

Examinons rapidement leur principe et leur intégration dans l'étude générale de l'érosion. Devant représenter l'état actuel de l'érosion de manière à obtenir un bilan, nous avons cartographier :

+ les processus morphogénétiques affectant les versants.

Les observations de terrain, et l'exploitation systématique de photos aériennes en chambre et sur le terrain, **permettent** de mettre en évidence un certain nombre de processus simples ou complexes que nous pouvons représenter sur la carte. Les processus simples sont

caractérisés par un seul mode de façonnement qui agit presque exclusivement sur une portion ou tout un versant : soit creep, soit ruissellement soit solifluxion, soit ravinement, par exemple. Mais les interactions sont nombreuses dans la nature, et nous sommes bien souvent en présence de processus complexes : la cartographie doit alors tenir compte de cet enchevêtrement. Il est évident que les moyens de lutte contre l'érosion ne sont pas les mêmes dans l'un ou l'autre cas : un processus élémentaire peut être contrarié par un aménagement unique, car il est fonction d'un seul type d'érosion ; le traitement d'un secteur affecté d'actions complexes est beaucoup plus délicat car il faut agir sur plusieurs types souvent antinomiques.

+ la dynamique des fonds de vallées.

Nous avons traité d'une manière légèrement différente les fonds de vallées car les problèmes d'érosion ne se présentent pas de la même façon que sur les versants. Deux aspects sont en effet à envisager : la protection contre les crues de zones inondables et pouvant servir de terrain de culture, et les zones de sapements. Il est essentiel ici de montrer les secteurs où les berges reculent par sapement, entraînant le départ du matériel, car elles indiquent les secteurs de prise en charge : en agissant sur eux on entrave la destruction des terres et on réduit la fourniture des alluvions allant se déposer plus loin.

2 - La carte générale au 1/500 000

Beaucoup plus schématique, cette carte résulte de la consultation de documents, de communications orales (1) et de nos propres observations de terrain.

La légende plus générale adoptée sera exposée plus loin. Le principe est cependant le même que pour le 1/50 000 à savoir :

+ une base analytique, où sont schématisés les différents processus morphogénétiques : zones de solifluxion, de ravinements etc..

+ une base synthétique, plus importante, prise dans un sens très large et devant permettre d'opposer les différents secteurs d'érosion, dans le cadre d'un aménagement régional. Ces éléments serviront en fait à poser des jalons et à indiquer les zones où les efforts les plus importants devront être portés.

(1) - RIF

G. MAURER: Carte morphologique en 1/300 000 et communications orales

- PRERIF

G. PAJOT : Minutes pédologiques au 1/50 000 et nos cartes d'érosion au 1/50 000

- CAUSSE MOYEN ATLANTIQUE

J. MARTIN : Communications orales

G. MISSANTE : Minutes pédologiques au 1/100 000

M. ICOLE : Minutes pédologiques au 1/200 000

- MESSINA

G. BEAUDET : Communications orales

R. WATTEUW : Minutes pédologiques au 1/50 000 et 1/100 000 et Communications orales

- RHARB

J. LECOZ : Thèse Fellahs et Colons (1ère partie)

Rabat, 1964

III - LA CARTOGRAPHIE DE L'ÉROSION DANS LE PRÉRIF (1/50 000)

A - Elaboration de la méthode

Une première période d'observations sur le terrain nous a permis de noter les processus de l'érosion qui se rencontrent dans le PRÉRIF. Un certain nombre de types et de degrés sont ainsi apparus. En particulier nous avons recherché les associations possibles. La mise au point d'une légende adaptée à l'échelle retenue et au but recherché a été une étape importante dans la réalisation de ces cartes. Après expérimentation et aménagements de détails, nous avons adopté une légende générale en trois parties:

- Phénomènes d'érosion affectant les versants et interfluves .
- Phénomènes liés à l'écoulement concentré.
- Données complémentaires.

1) Phénomènes d'érosion affectant les versants et interfluves ..

Les observations de terrain nous ont permis de dégager un certain nombre de types d'érosion qui résultent de processus variés s'associant entre eux et agissant à des intensités diverses.

Mais certains types d'érosion peuvent avoir la même importance. Les processus qui entrent en jeu peuvent être très différents mais aboutir à une même intensité d'érosion, le résultat étant le même (destruction du sol) seuls les moyens de lutte seront différents. C'est la raison pour laquelle nous avons examiné l'érosion sous deux aspects :

Un aspect qualitatif qui juge des types d'érosion et un aspect quantitatif qui estime son importance.

a) les types d'érosion.

- absence d'érosion

Les premières surfaces que l'on est tenté de dégager sont évidemment celles où l'on ne rencontre pas d'érosion. Elles sont malheureusement peu importantes dans le Prérif. Ce sont évidemment des zones qui doivent faire l'objet d'une prospection pédologique pour reconnaître la valeur agricole des sols car l'absence d'érosion n'a pas la même signification selon que l'on se trouve sur une couverture meuble (avec son sol) ou sur des dépôts de pentes caillouteux , stabilisés.

Un second type cartographiable est une érosion complexe mais peu intense, qui se présente dans deux cas :

Sur les pentes de certains massifs montagneux, correspondant aux "rides" (Le Zerhoun au Nord de Meknes par exemple). Les pentes à

dépôts stabilisés, très caillouteux, sont parfois couvertes d'olivettes et aménagés localement en terrasses. Le ruissellement est faible, tout au plus y a-t-il un léger lavage de pierraille, et lors de fortes averses un entraînement de sable à faible distance.

Sous végétation permanente (matoral, forêt, palmier nain..) Si cette végétation est suffisamment dense, elle forme écran et lorsque les pentes sont faibles, les seules traces d'érosion sont un ruissellement diffus.

- les mouvements superficiels

A l'échelle de notre cartographie, et au stade de l'aménagement, les phénomènes qui affectent la couche superficielle du sol peuvent être regroupés. Ce type d'érosion peut être appelé "décapage" .

Ce **décapage** plus ou moins intense est dû au creep, à la reptation visqueuse et au ruissellement embryonnaire diffus. Il se traduit sur un versant par un amincissement du sol sur le sommet des croupes et un colluvionnement dans le bas. Il est très souvent marqué par des différences de couleur sur le versant (apparition de taches blanchâtres de l'encroutement sous-jacent par exemple). Ce décapage peut devenir très important lorsque les pentes s'accroissent, et il est généralisé sur les collines marneuses du Prérif (marnes miocènes du Tortonien). Il peut passer à la solifluxion pelliculaire, mais surtout, est souvent associé à de petits ravineaux rectilignes, qui strient le versant. Les ravineaux débutent brusquement aux trois quarts supérieurs du versant, et disparaissent au bas de la pente; ce sont les rills.

- les mouvements dans la masse

Certains versants prennent une allure bosselée, très irrégulière, ou présentent de fortes ondulations. Ces phénomènes indiquent évidemment la solifluxion. Les marnes du Prérif sont propices à ce type d'érosion, surtout lorsqu'elles sont imprégnées de gypse ou de sel. De **vastes** secteurs peuvent être affectés. Les problèmes posés à l'exploitation agricole de ces terrains sont naturellement très importants, surtout lorsque des **griffures** apparaissent au milieu de ces zones (coups de cuiller, coulées boueuses, arrachements, glissement en planche etc ...).

Ce type d'érosion limite en particulier l'emploi d'engins **mécanisés** (tracteurs ...).

- ruissellement et ravinement

Si le ruissellement diffus embryonnaire ne représente pas à lui seul un type d'érosion différenciable au 1/50 000, le ruissellement intense au contraire caractérise une forme d'érosion originale.

Il se rencontre généralement, dans le Prérif, sur les marnes de l'éocène. Le sol est entraîné par ce ruissellement en "nappe décapante". Les secteurs ainsi affectés doivent être cartographiés car d'une part ces terres subissent une ablation considérable, tandis que le coefficient de ruissellement est très élevé, et d'autre part les matériaux enlevés fournissent une charge considérable aux oueds.

Le ruissellement intense peut aussi, sur de fortes pentes, mettre les touffes de végétation en relief ; une véritable entaille se produit autour des touffes, et certaines sont même "déchaussées".

Lorsque le ruissellement se concentre, des ravineaux et ravins apparaissent sur les versants. Encore localisé, ce type d'érosion prend une grande importance lorsque les ravins sont rapprochés les uns des autres ; nous avons distingué deux stades :

x Le ravinement concentré avec début de rencontre des versants de deux ravins (ce phénomène n'étant pas généralisé). Il reste encore des espaces non affectés entre les ravins. Ce sont les bad-lands incipients.

x Bad-lands typiques : les versants des ravins sont côte à côte, laissant à leur sommet une arête vive. Aucune portion de l'ensemble du secteur n'évolue plus en dehors de l'entaille des ravins, c'est à dire que toute partie du secteur constitue le flanc d'un ravin. Il y a en outre dissection des flancs des ravins principaux par des ravins secondaires plus ou moins perpendiculaires à l'axe du ravin principal.

- l'érosion généralisée

L'échelle à laquelle nous cartographions devient trop petite pour représenter tous les phénomènes, de nature variée, lorsque ceux-ci se côtoient sur de petits espaces. Nous avons ainsi réservé un type "d'érosion généralisée" qui représente l'association de solifluxion généralement accompagnée de griffures de ravinement plus ou moins concentrés, de décollements de pied de versants etc...

b) L'importance de l'érosion.

L'énoncé des différents types d'érosion cartographié laisse entrevoir que l'importance n'est pas la même pour chacun des types. Nous avons donc regroupé les phénomènes de même intensité pour donner une importance schématique de l'érosion. Ce sont ces critères qui déterminent dans le figuré cartographique la couleur avec laquelle est représenté le type. Nous ne donnons pas ici de remèdes, sinon des indications générales qui ont servi de base à l'élaboration de la légende. Les types d'aménagements souhaitables feront l'objet d'une étude dans le rapport général sur l'érosion.

- Erosion faible ou nulle.

Si dans le cas d'un sol sur pente faible ou nulle sans érosion visible, on peut envisager une exploitation sans grandes précautions

préalables il ne faut néanmoins pas penser que toutes ces zones sont à l'abri de toute érosion. Certaines se trouvent actuellement dans un équilibre satisfaisant, mais il faut protéger cet état de chose pour ne pas rompre cet équilibre. S'il s'agit par exemple d'un secteur stable actuellement ~~soans~~ ~~végétation~~, il faudra prendre des précautions avant de détruire cette végétation.

- Erosion lente.

Les secteurs qui subissent cette forme d'érosion possèdent une relative stabilité, mais les cultures ne doivent pas être pratiquées de manière anarchique. La première précaution à prendre sera de cultiver le long des courbes de niveau.

- Erosion insidieuse.

Cette érosion, très fréquente, est d'autant plus menaçante qu'elle est peu visible : les labours en effacent les traces, mais chaque année une pellicule plus ou moins importante de sol est enlevée. L'équilibre y est très précaire. Il n'est pratiquement pas possible de lutter contre l'entraînement d'une petite partie de ce sol, mais il suffit bien souvent de légères précautions pour stopper l'érosion lorsqu'elle se déclenche = cultiver en courbe de niveau, refermer les rills à la fin de l'hiver... Si on laisse cette érosion se développer, ces secteurs se dégraderont très vite ; la fragilité des sols en zone méditerranéenne prend ici toute son importance.

- Erosion importante.

Il ne s'agit plus dans ces zones de sauvegarder un patrimoine, il faut aménager d'urgence car ces terrains se dégradent de façon irréversible, et très rapidement. Ce sont d'autre part bien souvent des secteurs où l'érosion gagne de proche en proche, rendant inutilisable des surfaces de plus en plus vastes.

L'intervention se justifie donc :

- x soit pour tenter d'améliorer le **secteur** considéré
- x soit pour sauvegarder les secteurs voisins
- x soit pour protéger les secteurs plus en amont.

- Erosion grave.

Certains secteurs enfin subissent une très grave crise d'érosion qui détruit ou a déjà détruit le stock de matériau meuble et a dégradé le sol au point de les rendre inutilisables dans leur état actuel. Toute lutte contre l'érosion est devenue aléatoire car l'équilibre rompu ne peut être ramené à ce qu'il était précédemment. ~~Ces zones ne doivent cependant pas être ramené à ce qu'il était précédemment.~~ Ces zones ne doivent cependant pas être laissées à l'abandon. Il ne s'agit pas tellement de les

rendre à nouveau utilisables dans un avenir proche, mais plutôt d'éviter qu'elles ne s'agrandissent (recul des têtes de bad-lands, solifluxion par paquet remontant le long du versant par exemple). Le problème est de protéger les secteurs environants.

Si la "mise en défens" doit être une des conditions premières de l'aménagement, il faudra très souvent entreprendre des travaux dont la rentabilité se justifiera par la protection qui en résultera pour l'ensemble du bassin. Les travaux ne devront donc pas être négligés dans un programme d'ensemble de l'aménagement du bassin-versant.

DONNES COMPLEMENTAIRES.

- Roches dures affleurantes.

L'ensemble des phénomènes d'érosion affectant les versants a pu être représenté de la façon exposée ci-dessus. Il a pourtant semblé utile de mentionner les zones où affleurent des roches dures, à nu. Ces secteurs ne sont certes pas le siège d'une érosion à proprement parlé, car il n'y a plus rien à éroder, mais ils subissent un ruissellement quasi intégral et fournissent une quantité importante d'eau peu chargée, c'est à dire prête à éroder en aval.

Une mention particulière a été faite des secteurs où la roche (calcaire) lapiazée, est pratiquement à nu. Les cavités de la roche, colmatées par des résidus argileux peuvent permettre une exploitation forestière de ces zones. Le ruissellement y est moins grave que dans les cas précédents car la roche fissurée permet une certaine infiltration. L'eau réapparaît en sources, mais avec un certain retard par rapport aux averses.

- banquettes

L'emploi de la banquette (fruitière de DRS, forestière...), très répandu en Afrique du Nord, n'a pas toujours donné les résultats escomptés. Bien souvent l'utilisation inconsidérée de cette technique a même déclenché l'érosion au lieu de la combattre. Sans entrer dans les discussions (parfois polémiques) qui tournent autour de l'emploi de cette technique, nous avons seulement jugé utile de cartographier (simple constatation) les secteurs de banquettes stables et ceux où elles sont dégradées.

Chaque fois que cela a été possible enfin, nous avons indiqué par une surcharge la présence de chlorure de sodium ou de gypse. Leur action dispersante sur les argiles est une cause d'érosion indéniable dont il faut tenir compte dans les aménagements.

3) Phénomènes liés à l'écoulement concentré.

L'établissement de la légende n'a pas posé de gros problèmes pour ces phénomènes, et n'appelle guère de commentaires.

L'oued est un agent de transport, mais aussi un agent érosif : il sape, transporte et redépose le matériau enlevé. Dans le cadre de notre cartographie, nous avons surtout mis l'accent sur l'activité de l'érosion actuelle

de l'oued : importance de l'incision, des sapements. A L'échelle adoptée, il n'était guère possible d'entrer plus avant dans les détails.

Une forme d'érosion particulière a cependant été notée : celle affectant les bas de versants et liéé à l'encaissement actuel de l'oued cet encaissement produit une augmentation de la pente. Deux cas apparaissent. Ou bien le bas du versant est profondément raviné (type rencontré sur la feuille Bataille) ou bien, plus généralement, il est le siège d'une série de décollements.

Pour l'aménagement, ces phénomènes revêtent ^{une} certaine importance.

Il nous a paru souhaitable, enfin de cartographier les zones inondées, lorsque celles-ci peuvent être représentées à cette échelle.

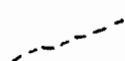
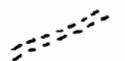
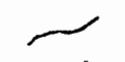
B - Présentation de la légende générale des cartes d'érosion actuelle au 1/50 000.

Ainsi la légende définitive se présente de la façon suivante:

I - VERSANTS et INTERFLUVES.

Importance schématique de l'érosion.	Types d'érosion	Figuré
Erosion faible ou nulle.	- pas d'érosion visible sur couverture meuble - érosion complexe mais peu intense a) sur dépôts de pente stabilisés. b) sous végétation permanente	A PLAT BLANC. Tramé gris (léger)
Erosion lente	- Lent décapage : creep, ruissellement embryonnaire diffus, calluvionnement des bas de pente, aminçissement des sommets de croupes.	A plat jaune
Erosion insidieuse	- décapage intense ou solifluxion pelliculaire - décapage intense avec apparition de rills	A plat orange f f f dans à plat orange.
Erosion importante	- solifluxion par boursouffures ou fortes ondulations - solifluxion par boursouffures avec griffures - ruissellement intense a) en nappe décapante, b) mettant les touffes de végétation en relief	A plat rouge o o o dans à plat rouge Traits rouges
Erosion grave a) localisée	- Ravineux et ravins incisant les versants - coulées boueuses importantes - éboulements	 (noir) VIOLET
Erosion grave b) généralisée	- ravinements concentrés (bad-lands incipients) - bad-lands - érosion généralisée: association de solifluxion avec griffures, ravinement concentré, décollement de pied de versant etc..	 en violet A PLAT VIOLET.

II- REGLEAU HYDROGRAPHIQUE.

Queds à activité réduite	- Qued à lit faiblement incisé - Qued divaguant sur nappe alluviale ou fond plat, avec quelques sapements localisés.	 (noir)  (noir)
Queds à activité importante	- Qued à lit incisé, berges abruptes. - Qued divaguant sur nappe alluviale ou fond plat, avec sapements généralisés des berges - Qued encaissé entraînant une érosion des bas de versants	 (noir)  (noir)  (violet)
Queds principaux à crues périodiques	- O. à chenaux anastomosés - limites du lit majeur (correspondant aux limites de crues) - épandages	 -noir A plat bleu 

Réseau hydrographique (suite)

- Données diverses
- cônes de déjection actuels
 - secteurs en gorge
 - sapement local important.
 - marécage ,dayas.



III - DONNÉES COMPLÉMENTAIRES.

Roches dures affleurantes ou subaffleurantes

A plat brun

Champs de lapiez

" " " dans le plat brun

croûte affleurante

quadrillé brun

corniche



corniche avec éboulis vif



secteurs en banquettes

stables

dégradées

traits horizontaux bruns tiretés hor.

érosion liée à la présence de sel ou de gypse

surcharge noire
□ □ □ □

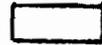
C- Exemples de cartes.

LEGENDE DES EXEMPLES N° 1 et 2.

VERSANTS et INTERFLUVES.

I -Erosion faible ou nulle.

-Pas d'érosion sur couverture meuble:



-er. complexe mais peu intense sur dépôts de pente stab. et (ou) sous végétation permanente



II-Erosion lente.

-Lent décapage

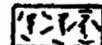


III- Erosion insidieuse.

- décapage intense



- décapage intense avec apparition des rills.



IV-Erosion importante.

- solifluxion par boursoufflures ou f. ondulations



- solifluxion avec griffures



- ruissellement en nappe décapante



V-Erosion grave généralisée.

- ravinements concentrés (bad-lands incipients)



- bad-lands



- érosion généralisée : solifluxion, ravinement etc..



ÉCOULEMENT CONCENTRÉ.

Oueds à activité réduite.

Lit faiblement incisé.



O. divaguant sur nappe alluviale avec quelques sapements localisés.



Oueds à activité importante.

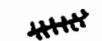
Lit incisé, berges abruptes, sapements.



O. divaguant sur nappe alluviale et sapements importants des berges



O; encaissé entraînant une érosion des bas de versants



Oueds principaux à crues périodiques.

(ici l'oued SEBOU ,dans l'exemple n° 1)

DONNÉES COMPLÉMENTAIRES.

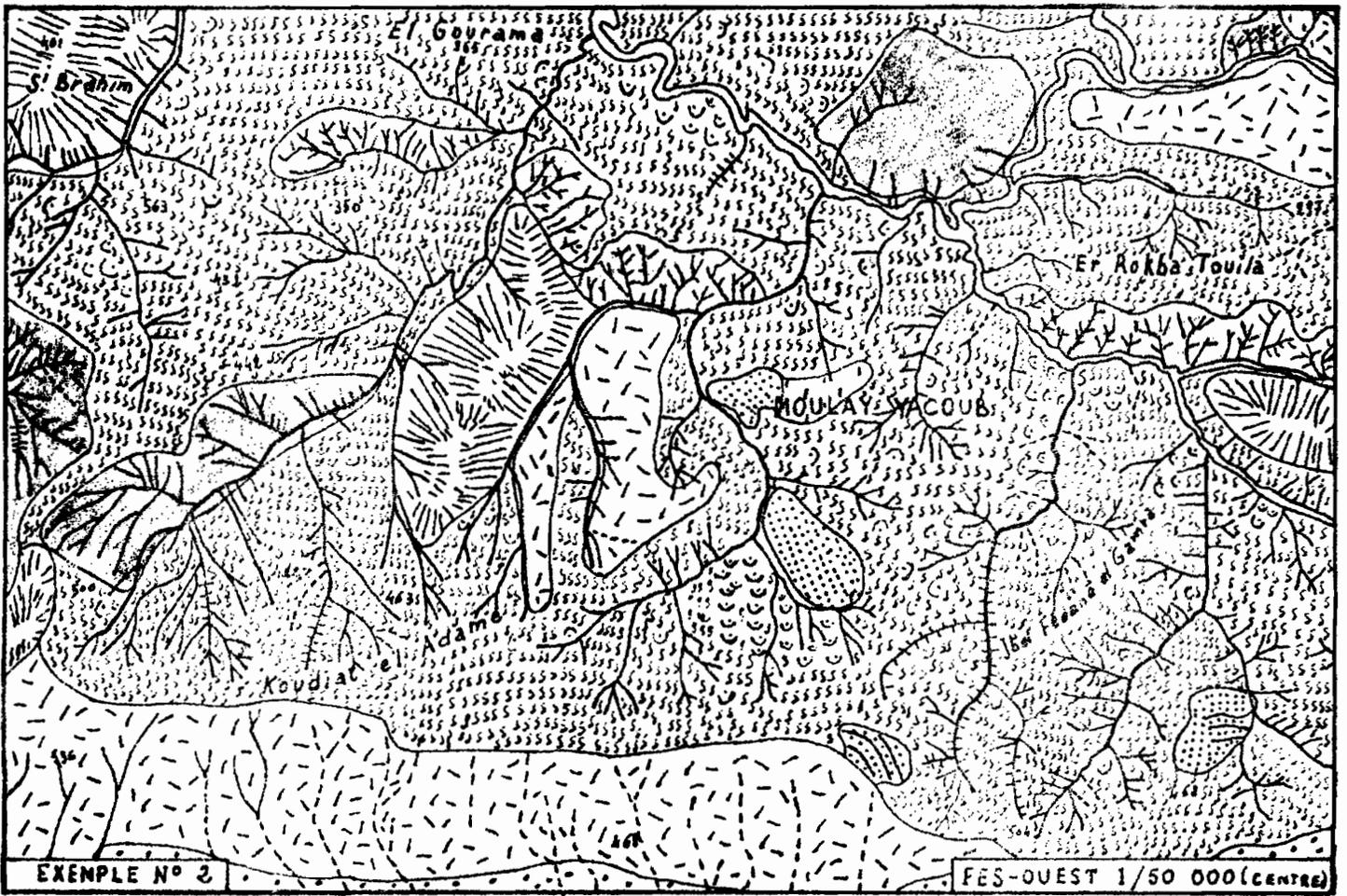
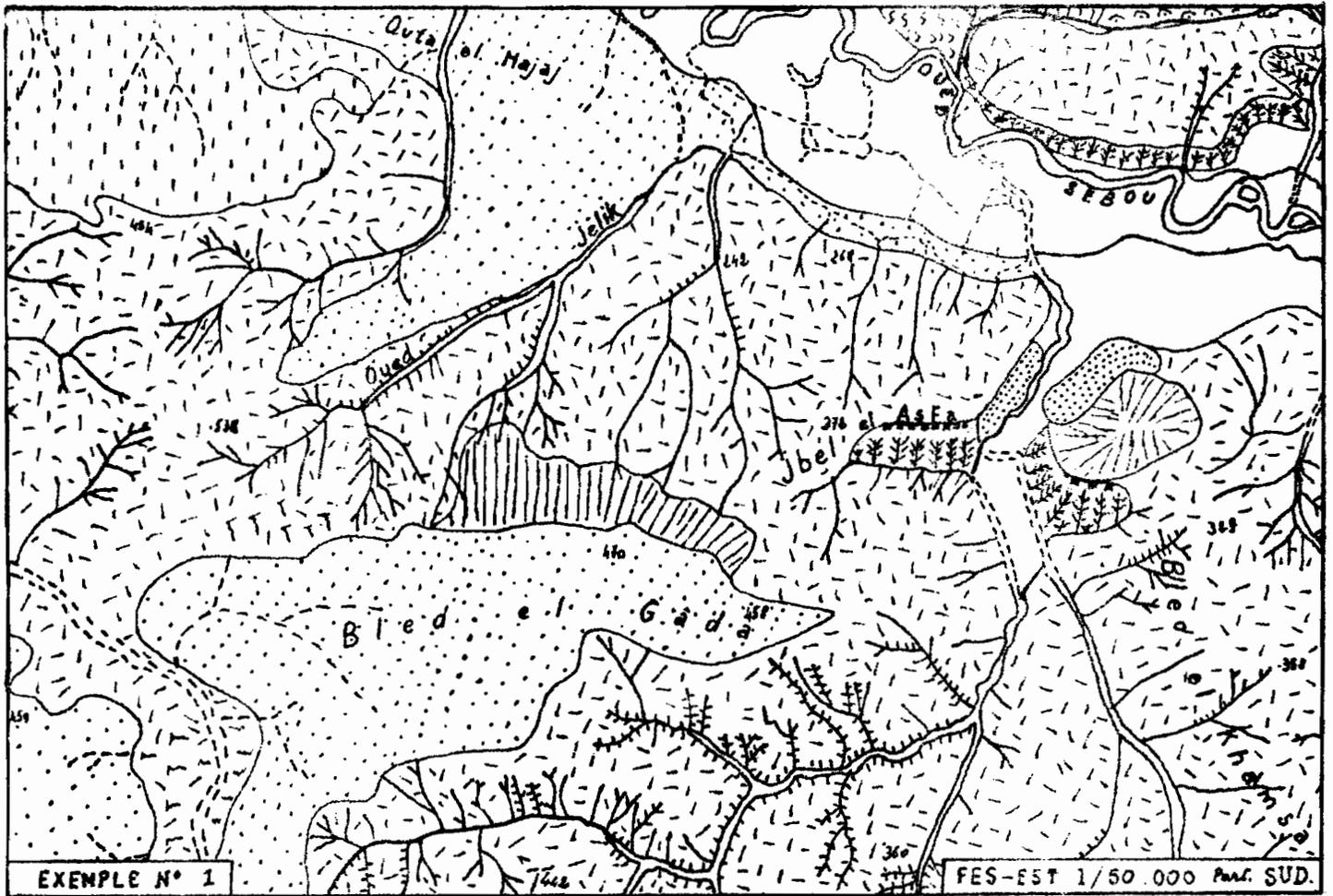
- Secteurs en banquettes

stables



Dégradées





CONCLUSION : L'intérêt de ces cartes.

Telle est la méthode employée pour cartographier l'érosion au 1/50 000 dans le Prérif. Cette cartographie n'est certes pas un but en soi son premier objectif est de poser le problème de l'érosion. En analysant les termes de cette érosion elle permet de mieux connaître les éléments qui entrent en jeu, et susceptible ainsi de **guider** les interventions de l'homme. La connaissance du mal n'est-elle pas la première étape de la lutte contre la maladie ?

Les précautions à prendre, les travaux à envisager découlent de l'importance de cette érosion. C'est la raison pour laquelle ces cartes permettront d'esquisser les programmes généraux d'aménagement.

Sans entrer dans les détails nous voudrions en conclusion montrer les diverses possibilités d'utilisation de ces cartes, en nous basant sur les exemples N° 1 & N° 2 = Une explication pratique et un problème général

Exemple N° 1 = Considérons la région du Bled El Gâda, et le Sud de cette coupure.

L'érosion lente qui affecte le Bled El Gâda permet une culture **mécanisée**, à condition de conduire les labours en fonction des courbes de niveau. L'apparition de rills (Au Sud-Ouest sur la coupure) correspond à un vallonnement plus important et montre que cette région est cependant sensible à l'érosion dès que la pente s'accroît. Dans le cas particulier de ce vallon, il faudra ainsi prendre des précautions supplémentaires.

La zone au Sud de ce bled montre un décapage généralisé avec des oueds à activité importante et des actions sur leurs bords. Il s'agit ici de décollements des bords des ravins. Ces décollements remontent le long des versants des croupes. Le type d'aménagement devrait être :

- Une culture selon les courbes de niveau sur les croupes entre les ravins
- Une stabilisation des pentes des ravins par une mise en défens et une végétation (palmier nain par exemple)
- Un blocage de l'entaille par des murs en pierres **sèches** en travers des ravins, ou même par de **petits** barrages constitués de pieux et de palmier nain tressé.

Exemple N° 2 = Plaçons nous ici dans un **cadre** plus général, car notre cartographie pose un problème.

Des quatre secteurs de banquettes installés dans les zones de solifluxion, un seul est relativement stable (Encore est il à la limite d'une de ces zones). Faut-il alors continuer d'utiliser cette **technique** dans des zones de solifluxion ? Faut-il en revoir la conception ? Des études devront être entreprises.

IV - LA CARTE GENERALE au 1/500 000

A - Méthode cartographique et commentaire

Nous présentons plus brièvement la méthode cartographique utilisée pour l'élaboration de cette carte, car le principe reste le même que pour le 1/50 000.

Certes l'échelle nous a contraint à une plus grande généralisation ; les phénomènes linéaires n'ont pu être représentés que lorsqu'ils apparaissent avec une certaine densité (griffures généralisées dans les secteurs de solifluxion par exemple). Ainsi la légende, tout en gardant l'apparence de celle du 1/50 000, en diffère essentiellement par le contenu des rubriques retenues : il ne s'agit plus ici à proprement parler des types d'érosion, mais plutôt de secteurs où se rencontrent une certaine association de différents modes d'érosion, dont il est intéressant de montrer les oppositions à l'échelle du bassin-versant.

B.- Les phénomènes représentés.

Dans le cas du Prérif, nous étions en présence d'une zone relativement homogène, à forte dominante de roches marneuses. Lorsque nous passons à l'ensemble du bassin-versant du Sebou, les variétés lithologiques et climatiques s'accroissent. Un certain nombre de données nouvelles apparaissent donc.

1) - Le décapage

Si les zones de décapage (lent et intense, défini précédemment) peuvent être représentées au 1/500 000, deux variantes sont apparues dans des régions sableuses :

Sables de la Mamora : le décapage est essentiellement dû à un ruissellement diffus plus ou moins intense. Le créep n'agit que localement, lorsque des éléments argileux se mêlent aux sables. Ce type d'érosion se rencontre dès que les terrains sont mis en cultures, avec une intensité plus ou moins grande en fonction de la pente. Il est associé à une déflation éolienne qui se manifeste à certaines périodes de l'année.

- dunes côtières : dans la zone côtière, ce décapage peut être très intense sur les dunes anciennes mises en cultures. Le ruissellement peut aller jusqu'à la formation de rills. La couverture meuble du sommet des dunes est en général complètement décapée et la dune consolidée, lapiazée, apparaît. Les dépressions entre les dunes sont au contraire colmatées par une arrivée de matériaux argilo-sableux.

2) - La solifluxion.

Mêmes caractéristiques que pour le 1/50 000

3) - Le ruissellement.

A l'échelle du bassin-versant, il semble utile de différencier deux types de ruissellement en nappe.

Le ruissellement intense sur roche tendre ou matériel d'altération peut en effet avoir une importance variable selon qu'il entraîne ou non des éléments arrachés au versant. Cette différence se justifie pour

l'évaluation de la charge alluviale fournie aux oueds.

Une mention spéciale a été faite du ruissellement de type semi-aride qui agit à l'extrémité Est du Bassin (Est de Taza).

4) - L'érosion généralisée.

Les caractéristiques sont les mêmes que pour le 1/50 000, mais la schématisation est plus grande encore. En particulier il n'a plus été possible de différencier les bad-lands incipients des vrais band-lands.

5) - Les secteurs inondés.

Cette carte se devait d'être complétée par les limites des inondations catastrophiques qui affectent le Rharb.

Nous avons différencié :

les zones inondées lors de l'une ou l'autre des inondations les plus importantes connues (crues de 1950-51, de Janvier 1960, de Janvier 1963..).

les zones submergées à chacune de ces grandes crues, et susceptibles de l'être fréquemment.

C - La représentation cartographique.

La légende de la carte au 1/ 500 000 se présente ainsi de la façon suivante:

I - Erosion faible ou nulle.

- A - Absence d'érosion sur couverture meuble
- B - Er. insignifiante sur roche dure, fissurée et sol squelet. (type Causse)
- C - Er. complexe mais peu intense sur dépôts de pentes stabilisés ou sous végétation permanente (matoral, forêt)

Figuré

- Laisser en blanc
- " " " (noir)
- Tramé noir très lâche

II - Erosion peu spectaculaire mais insidieuse.

- D - Lent décapage: creep, ruissellement embryonnaire diffus, colluvionnement
- E - Er. dans sables (type Namora): ruissellement diffus plus ou moins intense (fonction de la pente) et possibilités de déflation éolienne
- F - Er. dans la zone côtière: ruissellement dans les sables dunaires cultivés, peuvent aller jusqu'aux rills. Sommits décapés avec apparition de la dune consolidée, lapiazée.
- G - Décapage intense avec possibilités de rills ou sol. pell.
- H - Ruissellement assez important sur roche tendre (généralement régosol schisteux); coefficient de ruissellement élevé, mais sans entraînement important des particules.
- I - Etalonnage de matériel meuble par ruissellement de type semi-aride à la limite Est du Bassin (Est de Taza)

- A plat jaune
- Points jaunes
- {|{|{| oranges dans le plat jaune
- A plat orange
- ||| oranges
- Traits oranges

III - Erosion importante.

- J - Solifluxion par boursofflures ou fortes ondulations avec griffures généralisées.
- K - Ruissellement intense en nappe décapante, fort coefficient de ruissellement et entraînement d'une quantité importante de matériel.

- A plat rouge
- o o o dans le plat rouge
- Traits rouges

IV - Erosion grave et généralisée.

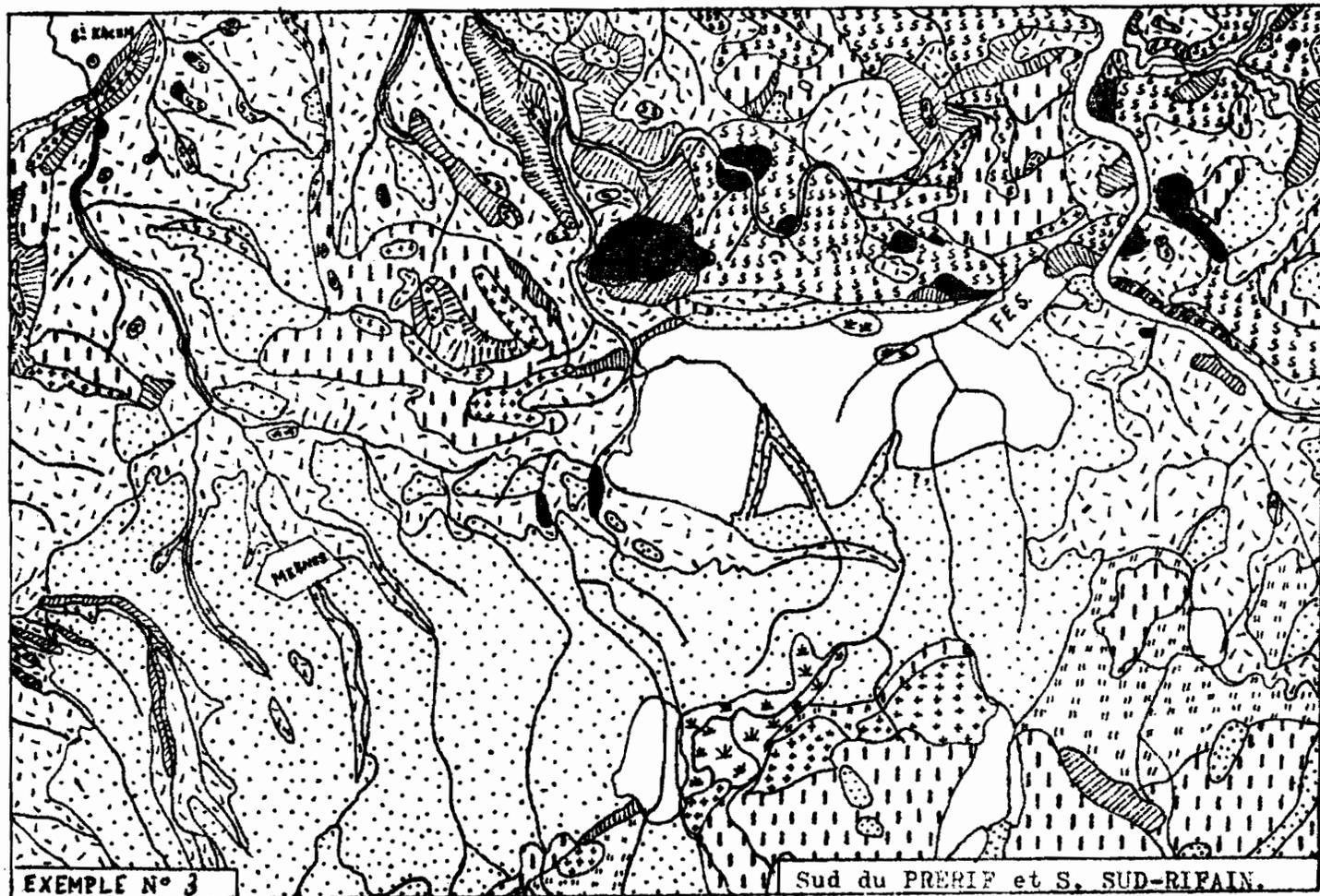
- L - Erosion généralisée par solifluxion ravinement etc..
- M - Bad-lands

- A plat violet
- Traits noirs dans le plat violet

V - Données complémentaires.

- N - Roches dures affleurantes ou subaffleurantes, ruissellement intégral
- O - Dunes vives de la zone côtière
- Zones inondables.
- P - Fonds de vallées à inondations périodiques
- Q - REARS : Zone inondée à chacune des grandes crues
- R - : Extension maximale des inondations connues
- Principaux points de débordements
- S - Zones marécageuses (merjas, dayas, marécages/...)
- Cueds principaux

- A plat brun
-),),) (noir)
- A plat bleu
- A plat bleu
- bandes bleues
- ↗ ↘
- ✖ ✖ ✖
- ~~~~~



LEGENDE DE L'EXEMPLE N° 3.

(Correspondance avec la légende générale de la page précédente.)

I- Erosion faible ou nulle.

A - 

B - 

C - 

II-Er. peu spectaculaire mais insidieuse.

D - 

G - 

III- Erosion importante.

J - 

K - 

IV -Erosion grave et généralisée.

L - 

M - 

V -Données complémentaires.

N - 

S - 

Oueds principaux: 

Oueds avec zone d'inon-
dation : 