

SERVICE DES RECHERCHES
ÉCOLOGIQUES



المعهد
الوطني
للبحث
الزراعي

L'ÉROSION ACTUELLE DANS LE
BASSIN DU SEBOU

par

J. M. AVENARD

Géomorphologue au Service de la Cartographie
des Sols

Institut
National
de la
Recherche
Agronomique

RABAT, Juillet 1965

L'EROSION ACTUELLE DANS LE
BASSIN DU SEBOU.

Partie I : PRINCIPES ET METHODES DE L'ETUDE .

A - Présentation et but de l'étude.

a) Le cadre de l'étude.

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 Sebou.

Bien que cette étude soit un travail spécifique de l'INRA, et entre ainsi dans le plan des recherches confiées à cet organisme pour l'amélioration de l'agriculture et une meilleure utilisation des terres, elle est par ailleurs et de façon plus générale, une contribution du Maroc au projet d'aménagement de ce bassin entrepris par la F.A.O. (Mission Sebou).

L'érosion est une des données naturelles importantes qui doit être prise en considération dans l'aménagement du bassin : sa connaissance est indispensable tant pour la sauvegarde des terres agricoles que pour la protection des ouvrages dont la construction est projetée. Tout aménageur doit tenir compte des réalités géomorphologiques et plus particulièrement de la dynamique actuelle de l'évolution des versants. Notre but n'est pas de nous substituer à l'agronome ou au forestier par exemple, mais de leur fournir des éléments relevant de la géomorphologie en vue de les aider à réaliser un aménagement rationnel de l'espace.

Ce travail qui doit déboucher sur 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. Aussi, nous ne prétendons pas, dans cette première approche, résoudre tous les problèmes que pose l'érosion dans un bassin aussi vaste. Il s'agit essentiellement de poser ces problèmes et de mettre en lumière les processus qui commandent l'évolution des versants. Notre seule ambition est ainsi de définir les caractéristiques principales de l'érosion dans le Bassin.

Il nous a semblé, dans ces conditions, qu'une cartographie systématique des phénomènes (mode et type d'érosion) était la meilleure solution pour aborder le problème.

Mais en quels termes peut-on définir l'érosion dans le Bassin du Sebou ?

)

b) Le problème posé : entrainement des sols et inondations.

L'érosion dans le bassin du Sebou peut se réduire à deux phénomènes : 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 environ 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 pluviométrie, 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 m cube seconde, 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 importantes (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).

Les inondations sont irrégulières, mais deviennent de plus en plus fréquentes depuis quelques années. Quoique sur ce point, il soit prudent de ne pas tirer de conclusions trop hâtives, car on ne dispose pas d'observations en nombre suffisant, il faut tout de même reconnaître que le rythme des inondations s'est accéléré. Des variations climatiques de légère importance ou tout simplement une série de conditions favorables répétées (fortes pluies tombant en quelques jours) peuvent être à la base de ce phénomène, mais il faut aussi considérer l'extension des défrichements sur des pentes de plus en plus fortes et les progrès que l'érosion enregistre. Les terres n'étant plus protégées, le coefficient de ruissellement s'élève et l'onde de crue est plus brutale.

Ainsi cette crise affectant le Rharb n'est qu'une conséquence indirecte de ce qui se passe dans le reste du Bassin. 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 avant-tout un problème de protection des terres, et entre ainsi dans le cadre d'un plan d'aménagement agricole.

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 Meseta 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.

Un aménagement du bassin ne tenant pas compte du problème de l'érosion serait certainement voué à l'échec. A quoi serviraient les barrages s'ils étaient engravés en quelques années ? Mais d'autre part, l'importance du problème a peut-être été exagéré ... il est donc indispensable de se baser sur une étude objective à partir de l'observation directe et systématique des conditions qui règnent dans l'ensemble du bassin, et de faire le point des formes actuelles prises par cette érosion et des dégâts qu'elle entraîne, mais aussi de voir les conséquences de son extension possible.

B - La place de l'érosion dans l'étude du milieu naturel.

L'aménagement d'un bassin-versant tel que celui du Sebou nécessite une série d'études faites par les spécialistes de nombreuses disciplines. Comme la nature est une entité qui n'est divisée qu'artificiellement par l'homme en un certain nombre de domaines, chacune des disciplines a une ou plusieurs frontières avec les autres spécialités. Où se place l'étude de l'érosion que nous avons entreprise par rapport à ce travail interdisciplinaire ? A quel moment passons nous le relai aux autres spécialistes ?

Dans tous les pays du monde, le sol est indispensable à l'homme, et représente un capital qu'il est criminel de dilapider. En zone méditerranéenne, le problème est plus grave encore que dans la zone tempérée, car les sols proviennent pour la plupart des stocks qui se sont constitués à des époques anciennes dans des conditions différentes, et qui ne se reconstituent plus actuellement, lorsqu'ils ont été entraînés. Le Maroc n'échappe pas à cette règle, et la protection ou la reconstitution de cette richesse doit être un des objectifs principaux de toute politique agricole. Les autres améliorations (engrais semences etc...) perdent beaucoup de leur intérêt s'il n'y avait plus de

sols pour planter dans quelques décades ...

De nombreux cris d'alarme sont lancés à intervalle régulier, mettant en garde contre la destruction des terres. Mais l'été vient et on n'y pense plus... les pluies suivantes entraînent plusieurs millions de mètres cubes de sols ...

Une politique générale de protection des terres doit donc être mise sur pied, et appliquée. L'étude de l'érosion a une place de choix dans la recherche des conditions qu'offre le milieu naturel, mais il ne faut pas que cette étude ne soit que la simple constatation d'un phénomène, le cri d'alarme est inutile s'il n'est pas suivi par une action. Deux étapes sont donc indispensables dans l'étude de l'érosion : la première doit rechercher les causes pour pouvoir par la suite agir efficacement sur le phénomène. Connaissant le mal, il est possible de guérir. Il ne s'agit pourtant pas d'appliquer des remèdes au hasard. Nous avons vu trop de travaux qui ont été réalisés sans connaissance suffisante des conditions naturelles. Ils n'ont fait qu'aggraver le mal contre lequel ils devaient lutter et ont manqué le but qui était le leur, tout en gaspillant énergie et crédits..

Le rôle d'un organisme de recherche, et par là-même le but de notre étude, est de considérer les processus qui entrent en jeu, d'en comprendre la genèse et ensuite d'en faire l'inventaire afin de connaître leur répartition et leur importance. C'est à ce stade qu'interviendront le praticien et le technicien, leur rôle étant alors de prendre le relai pour définir et exécuter les travaux en tenant compte des données fournies par l'étude préalable des conditions. Il est bien évident que le chercheur doit pouvoir suivre cette seconde étape afin de préciser certains points, et collaborer efficacement à l'oeuvre de lutte anti-érosive entreprise.

Les principes que nous avons adoptés pour cette étude découlent de ce qui précède, et peuvent se réduire à plusieurs points essentiels : la recherche des processus et de leur genèse, l'inventaire de ces processus dans le cadre d'une localisation spatiale. Il est ainsi nécessaire de recourir à une cartographie, et de rechercher une manière de représenter les phénomènes qui puisse à la fois poser les problèmes de l'érosion à l'aménageur, et orienter les travaux des techniciens.

Préalablement il nous semble utile cependant de rappeler brièvement la place de l'érosion dans l'ensemble de l'évolution morphogénétique.

On a trop souvent tendance en effet à ne considérer qu'un des aspects de la morphogenèse, à savoir l'ablation ou "érosion" et on oublie que les autres phénomènes sont liés, c'est à dire le transport et l'accumulation. Dans le trinôme morphogénétique, le phénomène moteur est certes l'ablation, mais le rôle du géomorphologue est

de montrer l'importance et les types de processus affectant les versants tout en tenant compte de l'enchaînement qui en découle.

Il est banal de dire que l'accumulation qui se produit dans le Rharb provient de l'ablation qui affecte le bassin plus en amont, mais il est nécessaire de garder présent à l'esprit que cette relation joue aussi un rôle à l'échelle plus réduite du versant : les dégâts se font sentir aussi bien dans les zones de départs (versants cultivés par exemple) que dans celle d'accumulation (colluvionnement de pieds de versants, épendage de matériel frais sur des sols évolués...)

Comment définir de façon théorique, l'érosion dans le bassin du Sebou par rapport au bilan morphogénétique ?

Cette notion de bilan morphogénétique est due au Polonais A. JAHN, (1954) et nous reproduisons ici l'explication qu'en a donné J. TRICART dans un article sur l'évolution des versants.

La résultante des actions morphogénétiques qui s'exercent sur un versant provient de deux forces composantes seulement :

" une composante perpendiculaire à la surface du sol, qui correspond à tous les processus de météorisation de la roche en place et de pédogénèse. Dans les roches, meubles ou cohérentes, elle inclut également les phénomènes chimiques et biochimiques : dissolution et corrosion, pénétration des racines. Cette composante perpendiculaire à la surface du sol tend à développer une pellicule altérée sur la roche en place (formation d'altération à la base, et sol au sommet). Plus les processus qui se groupent dans cette composante verticale jouent intensément et plus ils jouent longtemps, plus cette pellicule tend à devenir épaisse et à prendre des caractères différents de ceux de la roche-mère.

" une composante parallèle à la surface du sol qui déplace les matériaux superficiels sous l'effet de la pesanteur. Elle englobe des processus fort variés ; éboulis de gravité, glissements de terrain, ruissellement, solifluxion, reptation, etc...

.....

" Il y a donc interdépendance entre les deux composantes et l'évolution du versant dépend du rapport de leurs grandeurs respectives. C'est ce rapport qui constitue la notion de bilan morphogénétique du versant".

Différents cas peuvent se présenter selon que l'une ou l'autre composante est supérieure à l'autre. Dans une grande partie du Bassin du Sebou et en particulier dans le Rif et le Prérif, la composante parallèle à la surface du sol, c'est à dire l'érosion, est la plus active. Les sols ne se formant plus actuellement à la même vitesse qu'ils s'érodent, il y a liquidation du stock antérieur, comme nous le notions plus haut.

Cette situation ne peut durer indéfiniment, et dans de nombreux endroits, la roche à nu apparaît. S'il s'agit de roches meubles, il est encore possible de cultiver le substratum (marnes du Prérif par exemple) mais au préjudice des rendements. Si la roche est dure, ou les pentes trop fortes (schistes, calcaires), cette partie du territoire n'offre plus aucune possibilité de récolte.

Dans les conditions naturelles, un certain équilibre s'était installé, en particulier grâce à la végétation qui formait écran et protégeait le sol. Il y a toujours une certaine érosion contre laquelle il est difficile de lutter, sauf dans quelques cas précis, mais les bouleversements dus à l'homme (défrichements, mise en culture) ont rompu cet équilibre ; une érosion "accélérée" a été mise en marche. Sous l'effet de la pression démographique, les défrichements se sont faits de plus en plus nombreux, sur des pentes de plus en plus fortes, et les phénomènes d'érosion s'accroissent par réaction en chaîne. On peut dire que ce type d'évolution est du genre "boule de neige". La prise de conscience de ce problème n'est pourtant pas immédiate. Tant qu'il reste des terrains à défricher, le fellah ne pense pas à protéger sa terre... Comment mettre un terme à cette situation ?

C - Principes adoptés

1) La nécessité d'un inventaire

Si tout doit être mis en oeuvre pour sauvegarder le sol et s'il faut agir vite, il est indispensable cependant que l'action à entreprendre soit efficace et utile. Le problème posé est complexe, et comme nous l'avons déjà montré plus haut, notre intention n'est pas de le résoudre dans cette première étape, mais plutôt d'en situer les limites. Certains ne sont pas encore convaincus de la nécessité de pousser un cri d'alarme. Il est donc nécessaire de montrer l'importance des phénomènes et leur répartition en se basant sur une analyse objective de la situation.

D'autres raisons poussent à faire cet inventaire : l'érosion est souvent directement visible, mais elle peut aussi ne pas présenter de caractères visibles à première vue. Elle est en outre variable dans le temps et dans l'espace. Prenons quelques exemples.

Le voyageur qui traverse telle ou telle région du bassin peut être frappé par un secteur d'érosion particulièrement active et spectaculaire (grand glissement de terrain, ravinement généralisé en bad-lands...), mais ne pas retenir le décapage qui se produit autour de ces zones. Souvent les signes de l'érosion sont moins visibles ; l'enlèvement d'une mince pellicule de sol sur un champ

affecté de creep ou de ruissellement en nappe ne se remarque pas, mais lorsque ce phénomène se répète pendant plusieurs années, ce sont des quantités importantes de sols qui auront disparu.

L'érosion peut être continue ou discontinue dans le temps et dans l'espace. Généralement elle agit par à-coups. Lors d'une pluie violente des griffures apparaissent sur un versant, des glissements se produisent, ou des rigoles et ravineaux se creusent. Si le voyageur se trouve en cet endroit au moment où se produisent ces phénomènes, il n'aura pas la même idée de l'érosion que s'il passe à la fin du printemps, lorsque la végétation estompe les marques. Une coulée boueuse peut fonctionner une année et se stabiliser en attendant que des conditions favorables permettent à nouveau sa remise en marche. Elle peut être localisée, ou se trouver au milieu d'un secteur propice à ce genre de phénomène. Il est alors important de noter non seulement son existence, mais aussi la possibilité de sa répétition dans l'espace considéré (en fonction du site géomorphologique).

Ainsi cet inventaire doit reconnaître et différencier les facteurs morphogénétiques les plus actifs et qui conditionnent l'évolution actuelle, c'est à dire les modes d'érosion. Par exemple, certains versants du Prérif entre l'Ouerrha et le Sebou évoluent en dehors du réseau hydrographique principal, et bien que profondément touchés par la solifluxion, ou le ravinement, n'apportent pas de débris importants aux oueds principaux. D'autres au contraire, comme ceux de la vallée du Haut-Ouerrha vers TAHARSOUK, évoluent directement en fonction de l'entaille de l'oued, et libèrent une quantité importante de débris qui sont transportés par ce dernier.

De façon générale, et schématique, certains versants évoluent par ravinement, d'autres par solifluxion. Très souvent le passage de l'un à l'autre de ces processus est graduel, et tout deux peuvent apparaître sur un espace très restreint en fonction de facteurs complexes tels que la lithologie, la pente, la nature et l'importance du matériel recouvrant la roche en place... Or le mode de défense n'est pas le même dans l'un ou l'autre cas.

Notre rôle est de mettre en évidence les phénomènes et d'en comprendre les mécanismes afin de fournir ces données à l'aménageur ou au technicien, tant pour la planification que pour les types de travaux à entreprendre. La méthode la mieux adaptée à ce but nous semble être une cartographie analytique. Comment concevoir cette cartographie ?

2) La conception de la cartographie

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 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 dernières 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.

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

Pour concilier tous ces impératifs, nous avons donné une double orientation à notre travail cartographique, et réalisé deux types de cartes :

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 Fès, le Plateau de Meknès 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).

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 les grands secteurs (pour les opposer entre eux.)

b) La représentation des phénomènes

- Les cartes d'analyse au 1/50 000

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 aussi 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.

Ainsi conçues ces cartes qui pourraient être intitulées de "valeur de l'érosion actuelle", sont 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 ne 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.

- 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. Une exploitation systématique de la couverture aérienne a en outre été à la base de la rédaction de cette carte. L'utilisation des photos aériennes en chambre a cependant toujours été précédée d'observations et de vérifications sur le terrain.

Bien que le principe soit le même que celui qui a présidé à l'élaboration des cartes au 1/50 000, un certain nombre de données nouvelles sont apparues.

Dans le Prérif nous étions en présence d'une zone relativement homogène, à dominante de roches marneuses. Lorsque nous passons à l'ensemble du bassin-versant du Sebou, les variétés lithologiques et climatiques s'accroissent. La légende devait donc être complétée.

(1) Le détail de ces documents et communications sera indiqué dans la seconde partie de ce document.

Mais d'autre part, cette échelle nous a contraint à une plus grande généralisation ; les phénomènes linéaires n'ont pu être représentés à leur vraie grandeur, et ne pouvaient apparaître que lorsqu'ils avaient 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 formes 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.

Pour nous résumer, cette carte contient donc :

- + une base analytique où sont schématisés les différentes associations de processus morphogénétiques : zones de solifluxion, de ravinements, de décapage. ...
- + 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 à poser des jalons et à indiquer les zones où les efforts les plus importants devront être portés.

B I B L I O G R A P H I E .

L'érosion a déjà fait l'objet de multiples études, comme en témoignent les publications nombreuses et variées se rapportant à ce sujet.

Beaucoup de problèmes abordés par les différents auteurs se retrouvent dans le bassin du SEBOU avec plus ou moins d'acuité.

Loïn d'être exhaustive, la liste que nous donnons ci-dessous pourra néanmoins servir de point de départ à une recherche bibliographique plus complète. Nous avons divisé cette liste en trois parties:

Les ouvrages généraux traitant de l'érosion et de la conservation des sols, quelques ouvrages et articles mettent l'accent sur un point particulier de l'érosion et susceptibles d'avoir un intérêt pour l'étude du Bassin du Sebou,

enfin les publications concernant plus spécialement l'érosion en Afrique du Nord (avec quelques références plus larges sur la zone méditerranéenne.

Nous n'avons pu mentionner ici les ouvrages ou thèses traitant incidemment de l'érosion, sauf cas particuliers.

La bibliographie concernant le Bassin du Sebou lui-même sera donnée dans la seconde partie de cette étude.

I - Ouvrages généraux.

- BENNETT E. " Soil Conservation " New-York 1939.
- DELCQ E. et REBOUE E. La conservation des sols . La Maison Rustique , Paris 1958
- FOURNIER F. Climat et érosion F.U.F. Paris 1960.
- FURCH R. L'érosion du sol Fayot, Paris 1947
- Institut Français de COOPERATION TECHNIQUE : Colloque sur la conservation et la restauration des sols, Unesco Tôléran Mai-Juin 1960
- KOHNKE E. AUSCH R. BERTRAND : "Soil Conservation " Mac. Graw-Hill publications in the agricultural sciences.
Mc. Graw-Hill-Book company inc. New-York -Toronto 1959
- Manuel de Conservation du Sol Soil Conservation Service, US department of Agriculture. Reprinted by International Cooperation Administration 1960
- POUQUET J. " L'érosion " Collection "que-sais-je " F.U.F. Paris 1951
- STALLINGS J.E. " Soil Conservation " Research specialist in the United States. Department of Agriculture New-York 1957

- TRICART J. L'évolution des versants , L'Information Géographique N° 3 , 1957
- TRICART J. L'épiderme de la Terre Collection Evolution des Sciences, Masson Paris 1962

II - Modalités particulières de l'érosion.

- AVERNARD J-M. La Solifluxion ou quelques méthodes de mécanique des sols appliquées au problème géomorphologique des versants . C.D.U 5 Place de la Sorbonne Paris 1961.
- BRUNET R. L'érosion accélérée dans le Terrefort Toulousain
Revue de Géomorphologie Dynamique , mars-avril 1957
N° 3-4
- CAILLIE L. L'érosion actuelle en Quercy
Revue de Géomorphologie Dynamique n° 2 1953
- CORBEL J. Vitesse de l'érosion. Zeitschr. für Geomorph.
III , 1959
- COUFFIN C. L'orage du 13 mai 1954 et l'érosion des sols dans le Terrefort Toulousain. REVUE de Géographie des Pyrénées et du Sud-Ouest , Tome XXV, 1954
- FOURNIER F. Formes et types d'érosion du sol par l'eau en Afrique Occ. Franç. C.R. Ac agronomique de France, t.42 n°4 séance du 29-2-1956 Paris.
- GEPLACH T. Les terrasses de culture comme indice des modifications des versants cultivés.
Nachrichten des Akademie der Wissenschaften in Göttingen. Janvier 1936, n° 13
- HEMIN S. Le mécanisme de l'érosion par l'eau. La conservation du sol, le problème français. Bulletin Technique d'INF. des Ingénieurs des Len. Agronomique n° 51 , 1950
- JIEN L. Balance de dénudation des versants
Czasopismo. Géogr. 1954, XLV
- FISSART et FIELET Bibliographie des ouvrages techniques de langue française intéressant l'évolution des versants
Zeitsch. für Geomorph. Supplément n° 1 , 1950
- ROUGERIE G. Méthodes d'étude expérimentale des phénomènes d'érosion en milieu naturel.
Revue de Géomorphologie Dynamique , n° 1954
- TONDEUR Erosion du sol, spécialement au Congo Belge.
Publ. des services de l'Agriculture du Ministère des

- Colonies et du Gouvernement Général au Congo Belge
- TRICART J. Erosion naturelle et érosion anthropogène à Madagascar. Revue de Géomorphologie Dynamique n° 5, 1953
- TRICART J. Géomorphologie Dynamique de la steppe russe. Revue de Géomorphologie Dynamique n° 1, 1953

III - L'érosion en Afrique du Nord.

- AUBERT G. et MONJAUZE A. Observations sur quelques sols de l'Orairie Nord-Orientale, influence du déboisement, de l'érosion sur leur évolution. C.R. Ac Sc. , C.R. somm séances Soc. Biogéogr. t. 28, n° 199, 1946
- BENCHETRIT M. L'érosion accélérée dans les chaînes telliennes d'Orairie. Revue de Géomorphologie Dynamique n°4, 1954.
- BERGE L'aspect humain des problèmes de restauration des sols en Afrique du Nord. L'Afrique et l'Asie , 1955
- CHALLOT JF. Quelques aspects marocains des problèmes de défense et de restauration des sols L'Afrique et l'Asie , 1955
- CHALLOT JF. Le problème de la défense et de la restauration des sols au Maroc. Revue Forest. Fr. n°3 , 1950
- COEHA L'érosion par les eaux en Tunisie Service du Génie Rural, RTC. TU 102
- DRESCH J. Systèmes d'érosion en Afrique du Nord. Revue de Géographie de LYON , 1953
- DRESCH J. et BIRCH F. La méditerranée , Collection Orbis , Paris.
- DUTIL Les glissements de terrain en Algérie. Publication du S.C.E. Alger 1956
- F.A.O. Projet de développement méditerranéen, Rome 1959
- GISCAED R. La revivification des terres désertifiées au Maroc. Bull. Econ. Soc. du Maroc, 3ème trimestre 1952.
- HEUSCH B. Observations sur l'érosion dans les sols dans l'Atlas de Beni-Mellal (ronéo) 1963.

- JOLY F. Erosion en surface et érosion linéaire dans le modèle prédésertique. Laboratoire de Géographie de Rennes, vol. jubilaire offert à EMIL DE MARTONNE, RENNES 1952.
- KAYSER B. Recherches sur les sols et l'érosion en Italie méridionale, Lucanie. S.D.E.S., Paris 1961
- LOWDERMILK WC. L'eau et la conservation du sol au Maroc, Alger, Juillet 1949.
- MALECHIE LU. Sur la déforestation des Jebilet. C.R. Soc. Sc. Naturelles et Physique du Maroc, 1953
- MARTELLOT F. L'érosion dans la montagne Kroumir. Revue Géographie Alpine, XLV, 1957
- LACOURLY G. L'emploi des barrages en terre dans la correction des ravins actifs (note) Génie Rural, Tunis.
- LE FLOC'H. Essai de cartographie d'une carte de C.E.S. Secrétariat d'Etat à l'Agriculture, Service spécial d'étude de pédologie et d'hydrologie. Tunis, Avril 1961, public. 1962
- PLATEAU H. Au secours du sol marocain. Public. de l'enseignement public au Maroc, 1953
- PUJOS A. Etude des érosions dans le bassin de la Moulouya. Sogetim et Ministère de l'Agric., Administration des Eaux et Forêts et de la conservation du sol.
- RAYNAL R. L'érosion du sol au Maroc (Erosion in marocino) Annales scientifiques de l'Université de Halle 1957.
- SCGREAH. Essai de classification des facteurs de l'érosion en Tunisie. Service du Génie Rural, RTC TU 170 Tunis 1960
- SOLE SABARIS. Rapport bibliographique pour l'étude de l'évolution des versants sous climat méditerranéen. Réunion de la commission pour l'étude des versants, Rio 1953.
- TIERCOT J. Conditions historiques de l'érosion en Tunisie. U. Géo. Géoph. Intern. Ass. Intern. Hydrol. Bruxelles, t. II; 1951.
- TIERCOT et BERKALOFF. Méthodes d'études et d'évaluation de l'érosion en Tunisie. Edition de la direction des T.F. Tunis 1954
- VIALDI-COMIA A. Un exemple d'utilisation du milieu pour une étude sur l'érosion et ses conséquences dans une zone aride. Inf. Géograph. 1953

INSTITUT NATIONAL
de la
RECHERCHE AGRONOMIQUE

Service de la Cartographie
des Sols
" Section EROSION "

L' E R O S I O N A C T U E L L E D A N S L E
B A S S I N D U S E B O U

-:-:-:-:-

Partie II : Vue globale des phénomènes :
une cartographie au 1/500 000.

J.M. A V E N A R D

A - Présentation générale du Bassin (1)

1) L'oued Sebou et ses affluents.

L'oued Sebou, qui prend sa source dans le Moyen-Atlas et se jette dans l'Atlantique à Kénitra, reçoit les eaux de trois unités morphologiques importantes : le Rif, le Moyen-Atlas, et la Meseta. Long de 458 km, il draine la vaste zone de plaines, plateaux et collines enfermée dans l'arc de cercle montagneux que constituent la Chaîne Rifaine et le Moyen-Atlas. Il reçoit de nombreux affluents, tout au long de son cours, mais le Bas Sebou est constitué par la confluence du Sebou lui-même et de l'Ouerrha, à l'entrée du Rharb, tandis que le Beth lui apporte ses eaux dans la cuvette du Rharb. Le réseau hydrographique peut donc se subdiviser en trois branches principales.

Au Nord, l'Ouerrha peut être comparé à une "gouttière" orientée Est-Ouest, longeant le pied méridional du Rif, qui rassemble toutes les eaux du versant Sud du Rif. Ces eaux proviennent d'affluents de la rive droite orientés Nord-Sud, descendant directement de la montagne ; ce sont de véritables torrents qui débouchent dans cette gouttière. Les affluents de la rive gauche sont inexistantes et se réduisent à quelques oueds très courts.

Au centre, le Sebou lui-même reçoit des affluents du Moyen-Atlas, les oueds GUIGOU, ZLOUL, FES, et MIKKES, qui lui apportent des débits réguliers et abondants grâce à leur alimentation par de nombreuses sources ; il collecte aussi les eaux des oueds pré-rifains tels que le LEBENE, et l'INAOUENE (au contact du Prérif et du Moyen-Atlas) qui ont des régimes plus irréguliers et perturbent la régularité des débits.

Au Sud enfin, l'oued BETH rassemble les eaux de la bordure septentrionale du Moyen-Atlas et de la Meseta. Essentiellement établi sur des roches imperméables, cet oued a un coefficient d'écoulement relativement élevé, mais la construction du barrage d'EL KANSERA réduit considérablement l'effet de ses débits sur la plaine du Rharb.

-
- (1) Nous ne donnons ici qu'un cadre très général, que le lecteur pourra compléter par deux ouvrages :
- Géographie du Maroc, Hatier, Paris et Librairie Nationale, Casablanca 1964.
 - Le Rharb (fellahs et colons) par J. LE COZ, Tome I : les cadres de la nature et de l'histoire, 1964 (ce dernier ouvrage traite en particulier de la climatologie et de l'hydrologie dans l'ensemble du Bassin du Sebou).

S'étendant sur 27 000 Km², le Bassin du Sebou est à cheval sur un certain nombre d'unités géographiques très différentes. Certains caractères généraux peuvent facilement être dégagés comme la pluviosité importante due à la situation septentrionale et à l'importance des montagnes qui encadrent ce bassin. Mais cette diversité des secteurs oblige très vite à passer à un découpage régional, en fonction des unités géographiques ; le bassin-versant du Sebou recoupe ainsi une partie plus ou moins importante du Rif et du Prérif, du Sillon Sud-Rifain (Pays Zemmour, plateau de Fes-Meknès couloir de Taza), du Rharb et de la Mamora, du Causse Moyen-Atlasique, du Moyen-Atlas plissé et du Nord de la Meseta Occidentale (ou Plateau Central).

- 2) Description sommaire du relief des différentes unités.
(voir en particulier la carte de présentation du relief).

Cette description sommaire est empruntée dans sa plus grande partie à l'ouvrage "Géographie du Maroc" (op. cité). Nous avons repris les éléments principaux de chacune des régions naturelles traitées pour en faire une synthèse dans le cadre du Bassin du Sebou.

-- RIF :

L'Querrha, affluent du Sebou, draine le versant méridional du Rif. Cette chaîne de montagnes d'altitude relativement basse puisqu'elle ne dépasse 2 000 m. qu'en quelques endroits, donne cependant une impression de haut relief ; ce caractère est dû en particulier au très fort encaissement des vallées.

Le Jbel TIDIRHINE (2 452 m) marque le sommet de la chaîne et se trouve dans le Bassin du Sebou, mais les altitudes s'abaissent progressivement à l'Est et à l'Ouest. La structure en nappes de charriage superposées s'apparente à celle des montagnes alpines, et donne à cette zone une absence d'homogénéité dans la nature des roches et ne manque pas d'engendrer un grand morcellement du relief. Si le bassin-versant du Sebou n'atteint qu'une petite partie de la Dorsale calcaire (Lias et Jurassique), sa limite Nord est cependant marquée par la série des hautes crêtes de grès, et de quartzites, orientées Est-Ouest, qui constituent l'alignement majeur du relief du Rif. Le reste du pays est constitué par une zone schisteuse (crétacé, début du Tertiaire) plus confuse. A l'Ouest les pays JBALA se caractérisent par un relief de fortes collines schisteuses, surmontées au Nord-Est par des crêtes allongées de grès (Jbel Rhesana, 1700 m). Cette zone est une des plus arrosées du Maroc, les hauteurs de pluies atteignant 1 m sur les collines les plus basses, 1,5 m vers 1 500 m.

Cette montagne rifaine est très peuplée, avec des densités qui, même dans les régions élevées, atteignent 40 habitants au km carré.

- Les COLLINES PRERIFAINES

La zone prériefaine, essentiellement marneuse, avec des pointements de trias salifère, est constituée d'une série confuse de collines peu élevées ; elle s'allonge d'Ouest en Est sur la bordure Sud du Rif.

De relief moyennement accidenté, cette zone se rétrécit vers l'Est jusqu'à la trouée de Taza, tandis qu'elle s'élargit à l'Ouest sur la plaine du Rharb. Si l'altitude est encore basse à l'Ouest (300-400 m), elle s'élève vers l'Est (1 000 m au Nord de Taza). Des *saï's* (rocher ou petit massif de calcaire qui émergent d'une massé de terrain plus tendre) constituent les sommets.

Au Sud, les rides prériefaines des Jbel TSELRATE, ZERHOUM et ZALARH surplombent le couloir Sud-Rifain.

- Le COULOIR SUD-RIFAIN

Marquant l'axe du Bassin du Sebou, cette zone allongée, qui se rétrécit vers Taza, est constituée par une série de hautes plaines et de plateaux qui se relèvent d'Ouest en Est.

A l'Ouest, le Nord des Pays ZEMMOUR, dont l'altitude est de 200-300 m, s'abaisse régulièrement vers le Rharb, mais l'encaissement des oueds est important. Les terrains primaires qui constituent le substratum de cette zone, sont, dans la partie drainée par les affluents du Sebou, recouverts par des marnes et des sables continentaux. Ces sables portent au Nord, la grande forêt de la MAMORA (chênes lièges). A l'Ouest, des dunes anciennes bordent le rivage sur 10 à 20 km de profondeur.

Au Centre, le "plateau" de Fes-Meknès, dont le substratum est constitué par des calcaires lacustres recouverts d'une pellicule plus ou moins importante d'argile, forme une zone plane séparée en son milieu par une flexure qui dénivelle la plaine de Fès ou Saïs, par rapport au plateau de Meknès. Atteignant 800 m au Sud, au pied du Moyent-Atlas, ces plateaux s'inclinent jusqu'à 400-500 m au Nord, contre les rides prériefaines. Le relief est peu accidenté.

A l'Est enfin, le plateau de BIR TAM. TAM domine la vallée du Sebou (à l'Ouest) et la vallée de l'Inaouene (à l'Est), cette dernière constituant l'extrémité orientale du couloir Sud-Rifain.

- Le MOYEN-ATLAS

Le Moyen-Atlas tabulaire ou Causse Moyen-Atlasique est formé de plateaux calcaires étagés vers 1 100, 1 500 et 2 000 m. (Causse d'EL HAJEB et d'IMMOUZER). De larges étalements de laves basaltiques quaternaires ont parfois recouvert cette zone, dominée par des petits volcans (Jbel Hébrî par exemple). Au Nord-Est, ces plateaux entourent une boutonnière du socle primaire, dont le point culminant est le Jbel TAZZEKA (1 796 m). Dans le détail, ces plateaux ne sont pas simples, et quelques alignements de hauteurs en rompent la monotonie.

= le Moyen-Atlas plissé qui s'oriente du Sud-Ouest vers le Nord-Est ne fait que border le coin Sud-Est du Bassin du Sebou, un des massifs principaux qui constituent la partie la plus élevée et la plus accidentée de cette montagne étant cependant en grande partie dans le bassin (Jbel Bou Iblane, 3 190 m), de même que le Tichchoukt (2 800 m), dans la partie centrale.

- La MESETA OCCIDENTALE ou Plateau Central.

Bien que cette unité géographique n'entre que pour une faible part dans le Bassin-versant du Sebou, un des affluents, le Beth, en traverse néanmoins la partie Nord-Est. Largement dominé par la Causse Moyen-Atlasique, cette zone du Plateau Central se présente en une série de crêtes appalachiennes de roches primaires (Quartzites, grès et calcaires). Le Beth et ses affluents ont déblayé de larges cuvettes, souvent ennoyées par des basaltes quaternaires. Le paysage très disséqué donne une impression de montagne, alors que l'altitude est moyenne (1 000 m).

- Le RHARB

Le Rharb enfin où viennent se rassembler toutes les eaux du bassin se présente comme une cuvette. Basse plaine alluviale du Sebou, l'oued et ses affluents perdent de leur puissance à l'entrée dans la cuvette et déposent leurs alluvions, les apports les plus grossiers restant sur les bordures tandis que les parties les plus fines recouvrent la partie centrale. (limons et argiles).

L'écoulement des eaux est rendu difficile pour plusieurs raisons :

- la pente générale est faible
- la plaine est séparée de l'océan par une série de dunes (60 m d'altitude environ) ; les seuls exutoirs sont l'embouchure du Sebou et le goulet de la Zerga.
- Les oueds principaux ont constitué des levées alluviales, qui forment les points hauts ; lors des crues, ils débordent et se déversent vers les parties basses en s'étalant dans la plaine, formant des marais temporaires appelés "merjas".
- l'onde de crue du Sebou et de l'Ouerrha peut survenir en même temps et la quantité d'eau à évacuer est considérable.

Ces quelques éléments du relief montrent que le Bassin du Sebou ne se présente pas comme une zone homogène, et laisse supposer que les conditions de l'érosion vont subir l'influence de cette absence d'homogénéité.

B - Les conditions de l'érosion.

1) Les facteurs qui interviennent.

Nous avons défini l'érosion dans notre première partie. Un certain nombre de conditions sont à la base de son déclenchement, dont les principales sont le climat, la pente et la lithologie. Une quatrième cause est due aux actions anthropiques. Les facteurs suivants ont ainsi une importance considérable :

- le régime défavorable des pluies (pluies abondantes et concentrées sur de faibles périodes, tombant sous forme d'averses).
- la prédominance de terrains en forte pente sur une grande partie du bassin.
- l'importance des sols schisteux favorisant le ruissellement tandis que les zones marneuses et argileuses facilitent la solifluxion.
- l'insuffisance de la couverture végétale. Les zones montagneuses qui ne sont pas sous forêts sont nombreuses, alors que celles qui sont cultivées le sont sans mesures anti-érosives. Très souvent aussi, on désigne sous le terme de forêt des zones de maquis très dégradés.

- de manière générale, les versants cultivés ne possèdent plus de couche humifère suffisante.

A ces données générales s'ajoutent des causes anthropiques :

- le défrichement inconsidéré et la coupe à blanc du bois (usage domestique).
- le pâturage intensif et le piétinement des bêtes.
- les cultures sur pentes très fortes.
- les labours suivant la ligne de plus grande pente.

Examinons plus en détail chacun de ces facteurs.

- a) les conditions climatiques. (voir carte des précipitations).

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 qui s'étend de l'océan Atlantique jusqu'à l'Est de la trouée de Taza est en fait une zone de contact climatique, allant de l'humide au semi-aride. L'importance de ses reliefs entraîne en outre un étagement. Les variations de températures (de la gelée à plus de 40° C), les variations dans la pluviométrie et dans l'humidité de l'air sont importantes. 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 à une année sèche peut succéder une année pluvieuse. Le nombre total des jours de pluie est partout faible, et ne dépasse 100 que sur les plateaux du Causse Moyen-Atlasique ; les régions bien arrosées (70 jours par an) sont le Rif Occidental, le Tazzeke, la Moyen-Atlas et les plaines atlantiques aux environs de Rabat.

Ce sont évidemment les précipitations annuelles qui nous intéressent le plus dans le cadre de cette étude. Nous empruntons la majeure partie de notre description à la note explicative de l'Atlas du Maroc "précipitations annuelles (H. GAUSSEN, J. DEBRACH et F. JOLY)".

- les régions rifaines

Les parties centrales et occidentales sont les régions les plus arrosées du Maroc. L'orientation Est-Ouest du massif fait que l'influence de la latitude est réduite, et la répartition des pluies dépend essentiellement des lois du gradient vertical, de l'exposition et de l'abri.

Le relief accidenté du pied de la haute montagne influence les totaux annuels de précipitations dans ces zones, en les

augmentant. Ce phénomène déjà sensible sur les rides Prérifaines, s'accroît sur les contreforts du pays Jbala (Rhafsaï et Taounate). Les vallées par contre ont des totaux plus modestes, par suite de leur encaissement et de l'effet d'abri.

Le régime annuel des pluies suit celui de l'ensemble du Maroc (pluviométrie maximum en décembre, minimum en juillet et très faible entre juin et septembre, maximum secondaire en Février-mars, avec un "trou" en janvier), mais des variations importantes peuvent se produire d'une année à l'autre.

Il est important de noter la répartition et l'intensité des averses pour l'étude de l'érosion. Nous reprenons ici une étude faite par Chapond (ronéo, climatologie du bassin de l'Ouerrha) pour en citer un passage :

CHAPOND donne le relevé de plusieurs averses assez typiques, comme par exemple celle du 24 décembre 1960.

Il tombe	26,4 mm à Mjara de 2 h à 20 h
	19,5 mm à Tafrannt de 12 h 30 à 23 h
	24,2 mm à Ourtzagh de 12 h à 21 h
	23,5 mm à Rhafsaï de 14 h 30 à 24 h
	19,9 mm à Pont des Sker de 19 h à 23 h
	7,3 mm à Bab Ouender de 16 h à 23 h.

L'auteur conclut, et nous partageons entièrement ses idées :

" on pourrait citer encore d'autres exemples qui permettent d'affirmer avec peu de chance d'erreur que :

- la pluie commence à tomber en général à Mjara puis à Rafsaï et enfin à Bab Ouender ce qui confirme les apports océaniques.
- les pluies tombent dans la même journée sur tout le bassin versant et quelquefois en quelques heures seulement.
- l'intensité d'une pluie est sensiblement de la même grandeur sur tout le bassin versant.

En conclusion les pluies sont réparties dans l'espace et en intensité, mais non dans le temps ce qui permet de prévoir des crues très graves, car les oueds se mettent tous en crue dans la même journée. Les chances de déphasage des crues sont donc faibles".

- Le Moyen-Atlas

Nous adjoindrons à cette unité la partie du Plateau Central entrant dans le bassin du Sebou.

Ce massif qui s'allonge du Nord-Est au Sud-Ouest est placé obliquement par rapport aux vents humides de l'Ouest et du Sud Ouest, et sa situation est plus méridionale que celle du Rif. Cependant son altitude moyenne plus élevée compense en partie cette disposition et les zones de fortes pluviosités sont importantes, tandis que la neige d'hiver est abondante au-dessus de 1 200 m. Les maxima se trouvent sur les massifs du Tazzeka et du Bou Iblane, bien que ce dernier soit protégé par une série d'avant crêtes. Une zone de sécheresse longe le Haut Sebou, reliant la région de Fès à la Haute Moulouya avec moins de 500 mm. La région d'Ifrane reçoit des maxima de l'ordre de 1 100 mm, et une dépression relativement plus sèche la sépare des massifs du Tichchoukt.

Une relative sécheresse (500 à 700 mm) caractérise la partie du Plateau Central qui se trouve dans le bassin du Sebou. Dans le détail, il y a cependant une opposition très marquée entre les hautes terres et les vallées très encaissées (Beth...)

- Rharb, Couloir Sud-Rifain

Ces zones font partie du domaine atlantique, largement ouvert sur l'océan (Rharb en particulier). Ce caractère va en diminuant dans le domaine atlantique septentrional, au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la mer. Traversée par les dépressions du front polaire, cette zone se caractérise par des précipitations comprises entre 400 et 800 mm. Il y a lieu de distinguer cependant deux domaines : le centre du Rharb, les plateaux Zemmour, le plateau de Meknès et le Saïs de Fès qui se tiennent entre 400 et 600 mm d'une part, et le Nord du Rharb et le sud des collines pré-rifaines d'autre part avec des maxima atteignant 900 mm. Ces dernières données sont importantes pour l'érosion dans la mesure où cette pluviométrie est répartie sur 50 à 60 jours seulement.

Le couloir de Taza enfin est marqué par une étroite bande de pluviométrie relativement faible (500 à 600 mm).

Mais les conditions climatiques jouent aussi un rôle indirect par leur action sur la végétation (1). 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.

b) La lithologie. (voir "esquisse lithologique").

La nature lithologique des formations joue un rôle considérable dans l'érosion, en particulier à cause des modifications possibles des propriétés physico-chimiques de ces formations.

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), 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.

La mécanique des sols permet de fructueuses observations dans ce domaine (voir J.M. AVENARD, la solifluxion ou quelques méthodes de mécanique des sols appliquées au problème géomorphologique des versants, C.D.U. 5 place de la Sorbonne - Paris Ve).

Il est bien évident par ailleurs que les conditions structurales s'associent à la lithologie. Le Causse Moyen-Atlantique avec ses calcaires tabulaires ou subtabulaires est moins propice à l'érosion que les séries plissées, charriées, et fracturées du Rif.

(1) Voir à ce sujet :

- IONESCO : Considérations générales concernant les relations entre l'érosion et la végétation au Maroc. Revue de géographie du Maroc, n° 6, - 1964 -
- CAILLEUX et TRICART : Introduction à la Géomorphologie climatique. C.D.U. - PARIS -

Bien que très schématique et imparfaite, nous avons estimé qu'une esquisse lithologique du bassin était utile pour montrer le support sur lequel agit l'érosion. La carte géologique est insuffisante car elle renseigne surtout sur les étages, alors que ce sont les faciès qui commandent l'érosion. En outre, cette carte ne donne généralement pas la couverture meuble qui recouvre les roches (formations quaternaires et manteau d'altération).

La consistance ou résistance de la roche est le point le plus important à considérer, car il est indispensable d'opposer une roche résistante (éléments liés les uns aux autres à l'état naturel) et une roche meuble (éléments mobiles les uns par rapport aux autres). Il est évident que l'érosion pourra agir plus facilement sur les roches meubles, car le travail préalable de désagrégation n'est plus indispensable. Il est certain aussi que cette notion de résistance est très relative, car elle varie en fonction des domaines climatiques (voir TRICART, l'évolution des versants, Information Géographique n° 3, 1957). L'échelle de résistance que nous avons adoptée ne saurait donc être extrapolée à d'autres régions sans modifications.

Entre les deux extrêmes que constituent les roches très résistantes ou dures et les formations meubles, existent une série de transitions que nous avons différenciées dans notre légende. Cette légende n'appelle pas de grands commentaires, et nous semble suffisamment parlante par elle-même, mais nous voudrions insister sur les grands domaines qui apparaissent sur la carte, et qui conditionnent les modes d'érosion, à la lumière d'autres facteurs tels que la structure, la disposition des unités lithologiques les unes par rapport aux autres (superpositions par exemple) et l'importance de la couverture meuble.

- Le domaine des calcaires et dolomies. (Moyen-Atlas, rides de la bordure sud du Pré-rif.)

Les calcaires et dolomies du Moyen-Atlas (lias et lias inf.) forment la majeure partie des affleurements, avec les coulées basaltiques. Tabulaires dans le Causse, plissées dans le Moyen-Atlas proprement dit, ces roches sont très dures, et les principaux phénomènes d'érosion sont dus à la dissolution (évolution essentiellement karstique). Dans la partie sud du bassin, et en quelques autres endroits plus localisés, les calcaires se présentent en bancs minces avec des interstratifications de marnes (Type Boulemane), et permettent une érosion, de même que les calcaires tendres et les marnes des cuvettes crétacé et éocène.

La bordure mérite cependant une mention, par suite de la disposition structurale : les calcaires et dolomies liasiques surmontent les argiles triasiques. Ces dernières subissent des phénomènes de solifluxion et de ravinement en rapport avec cette superposition roche dure-roche tendre.

Les rides calcaires de la bordure sud du Prérif se caractérisent elles aussi par des phénomènes karstiques.

- Le domaine des schistes anciens. (Plateau Central, Tazzeka).

Dans ce second domaine, l'érosion agit essentiellement sur la roche en place. Les schistes de cette zone sont résistants, mais ne supportent pratiquement pas de manteau d'altération sur une grande partie de leur affleurement. Le coefficient de ruissellement est très élevé, mais les débris emportés ne sont relativement pas importants. Dès qu'une couverture meuble apparaît cependant (cas du Tazzeka en particulier) et dès que l'on touche à la couverture végétale, l'érosion devient très active.

Ces schistes primaires sont armés par des bancs de quartzites (Gothlandien) ou de calcaires (viséen).

- Le domaine des plaines et plateaux à couverture meuble. (Rharb, plateau de Meknès, plaine de Fès).

Le substratum couvert par d'abondantes formations détritiques et des sols n'a plus ici qu'une importance secondaire. La carte lithologique devient une carte de formations superficielles. L'érosion est ainsi sous l'étroite dépendance des conditions locales de pente (entailles linéaires, colluvionnement, décapage....) et les conditions lithologiques sont relayées au second plan.

- Le domaine des sables. (Mamora, pays Zemmour).

La Mamora et une partie du pays Zemmour ont une couverture sableuse généralement épaisse, reposant sur des argiles rouges. Il est possible de rattacher à ce type le faciès sahélien du Plateau de Meknès. Formation meuble par excellence, ces sables commandent un type d'érosion particulier, mais là encore, ce sont d'autres facteurs tels que la pente ou l'importance de la couverture végétale qui sont les éléments déterminants.

- Le domaine marneux et marno-calcaire (Prérif).

Nous aurons l'occasion de revenir plus en détail sur ce domaine dans notre partie III, mais cette unité lithologique a une grande importance dans le bassin du Sebou. En dehors du Prérif, de nombreux bassins miocènes ont été comblés par ces marnes qui déterminent un type d'érosion important.

Ces marnes appartiennent en fait à deux grandes périodes géologiques : les marnes bleues sont miocènes (tortonien) tandis que les marno-calcaires et marnes blanches sont généralement éocène et oligocène. Une seconde particularité intervient : les passées gréseuses et sableuses deviennent de plus en plus nombreuses en allant de l'Ouest vers l'Est (comme le montre la carte).

Les marnes bleues, d'apparence compacte, se comportent cependant comme une formation très tendre, facilement attaquée par l'érosion. Leurs propriétés physico-chimiques jouent en effet un grand rôle, car elles se fendillent lors des fortes chaleurs estivales, et les premières pluies s'infiltrent dans ces fentes et les inbibent en les transformant en "savon". Elles ne possèdent pratiquement ni sol, ni régolite, car la pellicule superficielle est continuellement enlevée par décapage et solifluxion.

Les marnes blanches, marno-calcaires et marno-grès se comportent généralement de façon différente, car plus compactes, elles sont par là-même plus imperméables, et favorisent le ruissellement. Par contre lorsque des conditions locales d'infiltration sont possibles, la solifluxion agit à son tour mais avec une ampleur plus grande que dans les marnes bleues (griffures, boursoufflures...).

- Le domaine schisto-marneux à éléments quartzitiques et gréseux (Rif).

Il est en fait très difficile de définir cette zone d'un point de vue lithologique, car c'est un domaine très hétérogène, où l'on peut, au maximum, dire que les schistes tendres et les marnoschistes dominent, mais où la disposition structurale relaie les caractères purement lithologiques pour donner une importance considérable à l'érosion. Les formations superficielles ne sont pas négligeables non plus. La lithologie de certaines parties 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. Mais d'autre part, par suite de la structure fortement glissée (nappes de charriage) des bancs sédimentaires ont été redressés à la verticale, contre des roches dures : cette disposition entraîne évidemment des glissements;

La structure a ainsi une grande importance, en particulier par suite de la superposition d'une roche dure sur une roche tendre, ou inversement. Les grès numidiens, résistants, reposant sur des marnes vont favoriser les foirages par pression et la solifluxion bien que leur rôle ne soit que passif. Par contre des marnes reposant sur des schistes plus résistants vont au contraire permettre à des ravins très incisés de remonter jusqu'à la crête.

Ce domaine où la tectonique est complexe est ainsi une zone où se côtoient des roches hétérogènes, et de résistance très différente à l'érosion. Des unités secondaires apparaissent néanmoins, facilement repérables sur l'esquisse lithologique.

Un dernier point mérite d'être noté : la plupart de ces roches sont imperméables. Ces conditions géologiques défavorables font que le Rif, région la mieux arrosée du Maroc, est assez mal pourvu en eaux souterraines. Le coefficient de ruissellement est donc très élevé, ce qui ne manque pas de donner une importance considérable aux phénomènes d'érosion.

c) 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 Prérif en sont la conséquence.

d) 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 fournies 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.

e) 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 entraînés 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'érosion (1).

Prenons l'exemple du Rif. Il y a là un véritable cercle vicieux. Au départ, cette région de montagne, grâce à sa pluviosité, avait une végétation dense qui a attiré la population. L'accroissement rapide de cette population a entraîné des défrichements. Ces défrichements ont provoqué l'érosion accélérée. Cette dernière à son tour a obligé à des défrichements de plus en plus importants. Actuellement les problèmes généraux qui se posent dans cette région sont outre l'érosion accélérée, l'exiguïté des exploitations agricoles, les techniques archaïques de cultures, et la pression démographique toujours croissante. Il en résulte des revenus très bas et qui baissent chaque année. Une des solutions serait l'émigration d'une partie de cette population, mais le reste du Maroc qui a lui aussi ses problèmes,

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

ne peut guère en absorber qu'un très faible nombre. Il faut donc trouver des solutions sur place, mais tant que ces solutions n'auront pas été appliquées, l'érosion gagnera de proche en proche. Les techniciens du projet de développement du Rif Occidental (Derro, voir bibliographie) l'ont très bien senti, encore faut-il que cette étude ne reste pas un projet...

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'AHERMOUMOU, 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 PRERIF, 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.

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.

Ce problème que nous n'avons pu aborder dans ce premier aperçu doit donc être l'étape suivante, qui devrait déboucher sur une estimation quantitative. En particulier, des stations expérimentales seront nécessaires. Ces études ultérieures seront exposées plus loin.

2) Les types d'érosion

Les conditions définies ci-dessus déterminent un certain nombre de types d'érosion. La première étape devait donc être la recherche et l'analyse de ces phénomènes. Ceci nous a conduit à faire un inventaire qui nous a permis de classer les phénomènes rencontrés, sans en chercher la répartition ou l'importance relative. Cette classification qualitative prend d'ailleurs une valeur générale, tant pour l'ensemble du bassin que pour les régions voisines. Nous avons seulement donné une zone type pour chacun des phénomènes, sans que cette localisation soit restrictive. Cet inventaire enfin a permis d'élaborer une légende pour le second stade de l'étude, c'est à dire la cartographie.

a) Inventaire et classification

+) Erosion par actions chimiques

Les roches solubles couvrent une surface importante du bassin du Sebou : dolomies, calcaires domiriens, calcaires de l'Aquitainien marin, calcaires lacustres... On n'y observe cependant pas un karst très important, bien ^{celui-ci} que puisse être très évolué, et localement bien développé. Le CAUSSE MOYEN-ATLASIQUE possède un karst de plateau lié à des conditions structurales et climatiques particulières. Par contre, en surface, les lapiés sont très importants. Ils diffèrent de forme selon les roches.

La dissolution est très efficace aussi dans le sel (région de l'oued MIKKES, oued MELAH par exemple). Elle se révèle par des tassements ou de fines ciselures en lapiés.

Ce type d'érosion reste très lent, et joue un rôle très effacé dans l'évolution actuelle, sauf dans certaines roches salifères.

+) Erosion par action des eaux courantes :

- ruissellement

Le ruissellement se rencontre sur l'ensemble du bassin, dès que les averses atteignent une certaine intensité. Son importance est cependant très inégale, et ses modalités assez différentes

selon les endroits considérés. Il est possible de considérer plusieurs sous-types :

= Ruissellement diffus, ou en nappe.

Il se produit à l'étalement, lors d'une averse, d'une pellicule d'eau à la surface du sol ; cette pellicule, qui reste mince, n'est pas capable d'un gros transport : ce sont les particules fines qui sont entraînées (éléments argilo-limoneux, brindilles, parfois un peu de sable). Ce processus affecte l'ensemble du versant, et ne creuse pas de talwegs.

La manifestation de ce phénomène sur le terrain se traduit par des petits ruissellements d'eau trouble lors des averses, et entraîne un décapage très superficiel des sols, une concentration superficielle d'éléments grossiers sous forme de pavage, et quelques traces de ces ruisselets.

Localisation type : les vallonnements du Plateau de Meknès.

Si les conditions s'y prêtent (forte averse, lithologie particulière, pente assez forte) ce phénomène peut passer à un :

= ruissellement diffus très intense, avec concentration embryonnaire.

= ruissellement élémentaire ou en nappe ravinante.

Il se produit un ruissellement intense avec apparition de ravineaux ou rigoles soumis à un écoulement sporadique, en particulier lors des fortes averses. La lame d'eau, devenant importante, se concentre à certains endroits et entaille le sol. Ces entailles sont très souvent fonction du rapport entre la lithologie et l'intensité des averses. Sur le terrain, ce phénomène marque l'apparition de petits ravineaux sur un versant qui semble stable, évoluant par ruissellement diffus ou creep. Ces rigoles très rectilignes "strient" le versant.

Très souvent elles débutent brusquement au trois quart ou à la moitié du versant, et disparaissent au bas de la pente. Il est possible de rencontrer une seule de ces rigoles sur un versant, mais elles peuvent aussi être concentrées. Dans ce cas, elles restent parallèles entre elles, et ne se rejoignent pas au pied du versant. Certains auteurs appellent ce phénomène les RILLS.

Localisation type : région d'Aïn Lorma, extrémité Ouest du Plateau de Meknès.

= ruissellement en nappe colmatante

Localisation type : partie Est du Bassin, au delà de Taza.

Ce type de ruissellement est dû à des conditions climatiques particulières puisqu'il s'agit de la partie du bassin qui se trouve sous climat semi-aride (voir PUJOS, Etude des érosions dans le bassin de la Moulouya et JCLY, cité par PUJOS, Quelques phénomènes d'écoulement sur la bordure du Sahara, dans les confins algéro-marocains et leurs conséquences morphologiques).

Il y a étalement du matériel (limoneux) par suite d'un ruissellement en nappe. Les crévasses se bouchent par gonflement de l'argile et du limon, et toute la surface devient imperméable et se "glace". Ce glaçage superficiel persiste entre les phases où le ruissellement fonctionne. Les conditions topographiques qui facilitent ce phénomène sont les glacis à pente faible, ou les plaines alluviales.

= ruissellement concentré :

Les ravins et rigoles forment un chevelu dense, hiérarchisé, découpant le versant avec amorce de talweg. Le ruissellement, s'écoulant par gravité sur un sol compact, utilise au maximum les inégalités préexistantes : fentes de dessiccation, ravineaux antérieurs, sillons de labours... Les rigoles ne sont plus parallèles mais se rejoignent ; des collecteurs plus importants s'amorcent et ce phénomène marque le début d'un écoulement concentré. Ce processus se rencontre très souvent dans le creux entre deux vallonnements, le chevelu de rigoles se déployant en éventail. Ce sont les GULLIES de la dénomination américaine.

La concentration, à la base, peut provoquer la formation d'un ravin.

Localisation type : région de Taza (route n° 1).

- Ravinement

= Ravinement simple :

Il s'agit d'une importante entaille linéaire, du versant, faisant suite à un ruissellement concentré, ou apparaissant brusquement dans un talweg préexistant. C'est un véritable chenal à écoulement sporadique et concentré, ayant une pente forte. La vitesse des eaux permet une entaille rapide du matériel meuble. Les ravins peuvent donc atteindre très vite le substratum ; si ce dernier est en roche dure, les ravins peuvent s'élargir par sapements latéraux. La rencontre de deux de ces ravins peut alors provoquer un décapage complet.

Localisation type : descente Est du Sol de ZEGOTTA.

= Ravinement concentré :

Lorsqu'un ravin possède des ramifications, et forme un véritable système hiérarchisé affectant l'ensemble ou une partie d'un versant il est possible de parler de ravinement concentré. Deux cas sont cependant à envisager.

+) Ravinement concentré linéaire : Hiérarchisation de ravins qui débouchent dans un ravin plus important, mais l'incision reste linéaire, et est due à la seule action des eaux de ruissellement. Les ravins sont suffisamment espacés pour laisser entre eux des portions de versants qui continuent d'évoluer par ruissellement diffus ou creep. Ce processus peut passer aux bad-lands incipients si un découpage important rapproche l'entaille des ravins.

Localisation type : RIF, région du Haut OUERRHA.

+) Ravinement concentré avec élargissement des ravins : Le processus est le même que dans le cas précédent, mais il n'y a plus seulement action directe des eaux courantes. Les bords des ravins subissent en effet des phénomènes annexes tels que des décollements simples ou par paquets (voir plus loin).

Le résultat est que les ravins s'élargissent, que les têtes de ravin reculent, et que le matériel ainsi libéré encombre le fond de l'entaille. L'écoulement devient alors boueux et chargé. Ce phénomène est très bien développé à l'Est de FES, entre EL GAADA et SIDI HARAZEM.

= Bad-lands :

Stade très évolué de l'action des eaux courantes qui cisèlent tout un versant, par rencontre des flancs de ravin. On peut là encore distinguer deux étapes :

+) Bad-lands incipients : Ravinement très concentré avec début de rencontre des versants de deux ravins, mais ce phénomène n'est pas généralisé. Des espèces intermédiaires entre les ravins ne sont pas encore atteints, mais sont étroits.

Localisation type : rive droite de l'oued Kell (Aït Hassine) en association avec Bad-lands.

+) Bad-lands typiques : Les versants des ravins sont côte à côte, laissant à leur sommet une arête vive. Le versant est complètement atteint, aucune portion de ce versant n'évolue plus en dehors des ravins. Toute partie du versant constitue un flanc de 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 (versants de l'INAOUENE, du SEBOU etc...).

- Ecoulement concentré :

Comme nous l'avons indiqué plus haut, les oueds ont plus un rôle de transport qu'un rôle érosif. Cependant les sapements de berges sont importants sur certains tronçons de leur cours. L'OUERHA par exemple, "ronge" très souvent ses terrasses anciennes ou attaque certains pieds de versants. Parfois aussi l'entaille verticale crée une rupture d'équilibre qui se répercute sur les versants.

+) Erosion par solifluxion ou mouvements de masse.

Les formes prises par la solifluxion dans le bassin du Sebou, sont nombreuses et variées : que l'on adopte en effet la définition d'ANDERSON " la solifluxion désigne tous les mouvements de la couche superficielle du sol" ou celle plus récente proposée dans notre thèse "la solifluxion désigne tous les mouvements du sol en relation directe avec le franchissement des limites de liquidité ou de plasticité

ou en relation indirecte avec le franchissement de ces limites, par leur action sur la cohésion "ce processus de façonnement des versants n'en est pas moins très complexe.

- creep, reptation.

Localisation type : région de Fès-Meknès.

Ce processus appelé indistinctement creep ou reptation selon les auteurs désigne le mouvement lent qui entraîne les particules vers le bas. Il s'agit d'un réajustement grain à grain de ces particules les unes par rapport aux autres. On peut distinguer des nuances telles que :

1^o) Reptation visqueuse : Reptation qui passe à un écoulement boueux en nappe, lorsque croît l'humidité, et à un stade ultérieur marque la transition avec le ruissellement en nappe. En fait, une légère infiltration de surface, sur terrain imperméable, permet le franchissement de la limite de liquidité sur une pellicule très superficielle, ceci se traduit par un mouvement visqueux des particules.

2^o) Reptation pâteuse, ou creep : remaniement continu des particules les unes par rapport aux autres sous l'effet du franchissement de la limite de plasticité.

Colluvionnement :

Localisation type : collines marneuses du Prérif.

Bien que ce phénomène ne soit pas exclusivement dû à la solifluxion, il est cependant utile de le définir, c'est la résultante d'actions diverses telles que le creep, la reptation visqueuse, les ruissellement diffus ou élémentaires, la solifluxion pelliculaire (voir plus loin). Ces processus agissent généralement ensemble, et peuvent difficilement être dissociés. Les matériaux enlevés sur le versant viennent s'accumuler au bas de la pente et remplissent plus ou moins la dépression. Le colluvionnement représente donc le résultat d'actions lentes de décapage des croupes : le matériel qui s'accumule est fin (jusqu'aux sables) et plus ou moins pelliculaire.

Lorsque le processus ayant permis sa mise en place peut être mis en évidence, par suite d'une action dominante, on pourra parler de colluvionnement pâteux, (action exclusive du creep), de colluvionnement par ruissellement diffus etc...

b) Solifluxion

Solifluxion pelliculaire :

Localisation type : Route Sidi Kacem - col de Zegotta

Amplés ondulations. Lorsque l'eau s'infiltré suffisamment pour permettre le franchissement de la limite de plasticité, sans que la limite de liquidité puisse être atteinte, soit par suite d'un trop faible pourcentage des vides du sol, soit à cause d'une arrivée insuffisante d'eau, un mouvement peut se produire dans la masse, cette déformation plastique entraîne un remaniement à l'état pâteux des éléments. En surface d'amplés ondulations se manifestent, dues à la pression de la masse qui se trouve plus haut sur le versant. Plus généralement des étirements et des tassements se produisent. Une pellicule plus ou moins profonde est affectée. Les TERRASSETTES participent pour une grande part de ce phénomène.

Foirages : essentiellement RIF :

Nous proposons d'appeler "Foirage" la solifluxion par ondulations dans un terrain surmonté d'une roche dure et où cette corniche agit par pression.

1^o) Foirage par pression : La formation affectée par les déformations se trouve à l'état plastique et se déforme sous le poids de la roche dure qui repose sur elle.

2^o) Foirage par pression et rotation : Le processus est le même que dans le foirage par pression, mais des paquets de la corniche s'éboule et subissent un mouvement de rotation.

Loupes de solifluxion ou boursouflures :

Localisation type : Prérif, région de Moulay Yacoub.

Il arrive que le versant prenne une allure bosselée très irrégulière. Ces bombements sont convexes, de taille diverse, avec un talus en pente assez forte en avant et une partie presque plane, très humide et portant une végétation hygrophile en arrière. Ces loupes sont vraisemblablement dûes au franchissement local et limité de la limite de liquidité dans un matériel très plastique, puis à une évolution par action de plasticité.

Arrachements :

Ce sont des griffures qui affectent un versant de façon souvent très irrégulière.

1^o) Coups de cuiller : Sur le terrain ce phénomène se présente comme une déchirure dont la partie supérieure est généralement en arc de cercle, et d'où s'échappe par le bas un matériel épandu en boue liquide qui s'étale en trainée. Les parois de la déchirure sont abruptes, tandis que le fond est assez plat ; on peut parler de Niche d'Arrachement.

Genèse : franchissement de la limite de liquidité, très localement, avec formation d'une poche qui crève.

Localisation type : Rif, région de l'oued Aoudour.

2^o) Coulées boueuses : faisant suite aux coups de cuiller, les coulées boueuses se présentent comme une griffure avec une langue qui s'en échappe. Le matériau arraché dans la niche d'arrachement se répand et s'égoutte à la sortie de la poche qui a crevé. L'importance de la langue est fonction du matériel pris en charge, et en définitive de la quantité d'eau qui s'était accumulée.

Localisation type : Rif, Jbel Outka, région de Bab Taza...

c) Glissements dans un plan :

Glissement en planche : schistes et Flysch du RIF (BOURED).

- A première vue, les glissements en planche ressemblent aux coups de cuiller. Ils s'en distinguent cependant par de nombreux points.

- Le matériel n'est pas remanié, il glisse simplement sur la roche du dessous mise à nu, et se retrouve pratiquement intact, quelques mètres plus bas. Ultérieurement, il peut subir des remaniements.

- Les bords de la griffure ne sont pas forcément en arc de cercle, mais peuvent prendre une forme irrégulière. Les flancs de cette griffure auraient par ailleurs tendance à s'élargir vers le bas, alors qu'ils se rapprochent dans les coups de cuiller.

- Enfin le plancher de la griffure n'est pas plat, mais garde une pente sensiblement égale à celle du versant.

On peut parler pour cette griffure d'une Niche de Glissement.

Genèse : franchissement de la limite de liquidité dans un plan de contact entre deux formations de perméabilité différentes. Simple glissement de la formation superficielle sur le plan lubrifié.

On constate que ce processus se développe essentiellement sur des terrains où la couverture d'altération est peu épaisse.

Glissement profond et rotation :

Ce sont des glissements dans un plan, mais à une assez grande profondeur. En surface, ce processus de façonnement ne se traduit pas forcément par des griffures ou déchirures généralisées, mais par un profond bouleversement de la topographie préexistante.

Localisation type : Rif, route de l'Unité (P.K. 10).

Genèse : franchissement de la limite de liquidation ou peut-être de la limite de plasticité dans un plan en profondeur, avec en surface un matériau peu plastique qui est brassé à la suite du glissement sur le plan lubrifié. Il se produit par ailleurs un foisonnement.

d) Décollements : Vallée de l'OUERRHA, route de l'Unité par exemple

Les décollements sont toujours très localisés sur un versant ; ils apparaissent presque exclusivement au pied des versants. Ils sont consécutifs au sapement d'une rivière ou à une entaille anthropique : talus de route etc...

Décollement par simple arrachement :

Se rencontre toujours sur une partie du versant en pente plus forte que l'ensemble. C'est une sorte de griffure avec arrachement en une seule fois du matériel qui s'éboule. On peut parler aussi d'une niche de décollement.

Genèse : partie de versant en équilibre instable par suite d'un angle de frottement interne inférieur à la pente du talus. Le mécanisme agit par suite de la réduction de la cohésion qui maintenait l'équilibre, et qui fait s'écrouler la partie instable.

Décollement avec affaissement :

Même topographie que dans le cas précédent, mais la zone de décollement est marquée par le matériau.

Genèse : Le véritable décollement qui aurait dû se produire est perturbé par la forte plasticité du matériau qui ne fait que s'affaisser, sans se rompre.

Décollement par paquets :

Même localisation et forme topographique, mais le décollement est encombré par une série de paquets de la formation superficielle, en gradins ou marche d'escalier.

Genèse : Même processus mais réajustement progressif avec décollements de petits talus, successifs et remontant le long du versant.

Eboulements :

Localement enfin, et surtout dans le RIF, peuvent se produire des éboulements "à sec" d'un pan de montagne ou de versant. Il s'agit d'une rupture d'équilibre, par action essentiellement mécanique, entre les conditions structurales et lithologiques et le site géomorphologique. Très brutal, ce phénomène prend généralement une forme catastrophique.

+) Erosion par actions éoliennes

Les actions éoliennes sont relativement localisées dans le bassin du Sebou. La déflation joue cependant un rôle dans certains secteurs du plateau de Meknès, notamment lorsqu'affleurent les sables fauves, ou encore en Mamora. En période estivale, les tourbillons peuvent avoir une certaine importance, bien que leur action érosive soit très réduite.

= Déflation (type Mamora)

La déflation est le balayage par le vent des débris meubles et fins. Les sables de la Mamora, lorsqu'ils sont mis en cultures, c'est à dire à nu, sont affectés par ce mode d'érosion. Il ne faut cependant pas en exagérer l'importance, car si les nuages de poussières sont spectaculaires, la déflation reste peu importante, et les éléments déplacés sont redistribués sur place, après transport sur de faibles distances.

Des conditions climatiques particulières sont à la base de cette action éolienne, à savoir la très grande sécheresse estivale (notamment sur le Plateau de Meknès).

= actions éoliennes sur le littoral.

Il s'agit ici d'une accumulation sous forme de dunes, le long de la côte atlantique. Les dunes vives, c'est à dire qui sont en marche ou en cours de formation actuellement ne sont pas très étendues, et se réduisent à un liseré discontinu (de part et d'autre de l'embouchure du Sebou et vers Moulay Bou Selham).

b) Importance relative des modes d'érosion.

Les différents aspects de l'érosion dans le bassin du Sebou, que nous venons d'esquisser, n'ont pas tous la même importance pour ce qui est de l'évolution générale des versants et des interfluves, et de leurs méfaits dans la dégradation des sols. Il suffit de quelques précautions élémentaires pour utiliser un versant évoluant par creep ou ruissellement diffus, alors que les zones de bad-lands sont perdues pour l'agriculture ...

Il ne pouvait être question, dans le cadre d'une cartographie au 1/500 000 de représenter tous les types que nous venons de définir. Il était indispensable par contre de regrouper certains éléments afin de montrer par une vue synthétique, les différents secteurs où tel type d'érosion domine, et d'opposer les secteurs entre eux. C'est le but vers lequel nous avons orienté la légende de la carte, en nous plaçant dans l'optique générale suivante :

1°) Les secteurs de faible érosion : Lorsque nous parlons de secteurs stables, il ne faut pas entendre des zones où tout peut être tenté sans risques. Si certains secteurs se trouvent dans un équilibre satisfaisant, il faut évidemment protéger cet état de choses afin de préserver un patrimoine et ne pas rompre cet équilibre. Sur un versant stable, en pente, il faudra par exemple cultiver selon les courbes de niveau.

La fragilité des sols en zone méditerranéenne demande ici plus qu'ailleurs un très grand discernement dans l'utilisation des terres.

2^o) Les secteurs d'érosion insidieuse : Ce sont des secteurs où l'érosion semble peu importante, mais où l'équilibre est très précaire, et qui sont à surveiller. De légères améliorations et de petits aménagements de détail, peu onéreux, sont souhaitables pour permettre à ces zones de garder leur équilibre, faute de quoi, ils se dégraderont très vite.

3^o) Les secteurs d'érosion importante : Certaines zones où agissent tel ou tel mode d'érosion, montrent des traces déjà importantes de son action. Un aménagement urgent s'impose, 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 inutilisables des portions de plus en plus vastes de terrains.

4^o) Les secteurs d'érosion catastrophique : Certains secteurs enfin subissent une très grave crise d'érosion qui détruit le stock de matériel meuble et qui dégrade le sol au point de le rendre complètement inutilisable. Toute lutte contre l'érosion est devenue aléatoire car l'équilibre rompu ne peut être ramené à ce qu'il était précédemment. Ces zones doivent cependant être l'objet d'une attention toute particulière : par des travaux adéquats, fonction du type d'érosion, il faut tenter de retrouver un autre équilibre, non pas tellement pour les rendre à nouveau utilisables dans un proche avenir, mais plutôt pour éviter qu'elles ne s'agrandissent et qu'elles ne gagnent en extension au détriment des terrains qui les bordent (recul des têtes de bad-lands par exemple).

C - La représentation des phénomènes.

1^o) Elaboration de la légende.

Nous avons donné, chemin faisant, les critères qui ont présidé à l'élaboration de la légende. Résumons les brièvement :

- Une première période d'observation sur le terrain nous a permis de noter les processus et les types d'érosion qui se rencontrent dans le bassin.

- Dans une seconde étape, nous avons recherché les associations possibles et les caractères qui pouvaient être regroupés (ruissellement diffus et creep, décapage et rills par exemple).

- Nous avons enfin classé les modes d'érosion en estimant leur importance. Certains phénomènes peuvent en effet avoir la même importance, bien que les processus qui entrent en jeu soient très différents : L'érosion aura la même intensité, le résultat étant le même (destruction du sol). Par contre les méthodes de lutte seront différentes.

Ces considérations nous ont conduit à examiner l'érosion sous deux aspects : un aspect qualitatif qui juge des types d'érosion, et un aspect semi-quantitatif qui estime son intensité.

Cette légende se présente donc de façon synthétique, avec une double entrée. Nous avons réservé, dans l'édition définitive prévue, la couleur pour l'intensité, car cela permet de dégager au premier coup d'oeil les différents secteurs. Les signes dans la couleur représentent les types.

2^o) Présentation de la légende.

Ainsi conçue, la légende se présente de la façon suivante :

I - EROSION FAIBLE OU NULLE

Les premières surfaces que l'on est tenté de dégager sont évidemment celles où l'on ne rencontre pas d'érosion. Cependant 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 zones où les dépôts sont rares et les sols squelettiques. Il n'est certes pas dans

nos attributions de juger de la valeur agricole des sols puisque c'est le rôle de la carte pédologique, aussi avons-nous seulement distingué trois aspects qui sont fonction de la potentialité de l'érosion. L'absence d'érosion actuelle ne signifie pas en effet que ces zones ne puissent pas être affectées...

- Absence d'érosion sur couverture meuble, plane.

Ce sont des zones, généralement planes ou subhorizontales, où il n'y a pas de traces d'érosion visible (plaines, terrasses non submergées par les inondations). Leur mise en valeur ne nécessite aucune précaution spéciale vis à vis de l'érosion ; il faut reconnaître qu'elles sont rares dans le bassin du Sebou...

- Erosion insignifiante sur roche dure, fissurée, et sol squelettique.

Nous avons cartographié sous cette dénomination toute la zone du Causse Moyen-Atlantique et une partie du Moyen-Atlas. Ce sont donc essentiellement les affleurements de calcaires et dolomies, lapiazés, qui constituent cet ensemble (les basaltes étant exclus). L'eau s'infiltré très rapidement en profondeur, dans les fissures de la roche et ne provoque pas d'érosion, mais il est évident que ces zones n'ont pas d'intérêt agricole (quasi-absence de sol), si l'on excepte les cuvettes et dépressions (voir décapage).

- Erosion complexe mais peu intense sur dépôts de pente stabilisés ou sous végétation permanente.

Ce type d'érosion se rencontre sur certains massifs montagneux correspondant aux "rides" pré-rifaines par exemple pour ce qui est des dépôts de pente. Les pentes de ces massifs, à dépôts quaternaires ou subactuels stabilisés, très caillouteux, sont parfois couvertes d'olivettes et aménagées localement en terrasses. Le ruissellement est faible, tout au plus y a-t-il un léger lavage de pierraille, et lors des fortes averses, un entrainement de sable à faible distance.

Mais de façon plus générale, il correspond à des secteurs sous végétation permanente (matoral, forêt, doum c'est à dire palmier nain). Si cette végétation est suffisamment dense, elle forme écran et lorsque les pentes sont faibles ou moyennes, les seules traces d'érosion sont un ruissellement diffus. Deux remarques importantes doivent cependant être faites :

= Les secteurs sous végétation, mais affectés par l'érosion n'ont pas été classés dans cette rubrique. Il ne s'agit donc pas des limites des zones sous végétation du bassin, mais uniquement de celles où il n'y a pas d'érosion importante.

= Il serait hasardeux de penser que toutes ces zones sont à l'abri de l'érosion. Elles sont actuellement dans un équilibre que la destruction de la végétation pourra rompre. Des précautions devront donc être prises si l'on touche à cette dernière.

Ce sont ainsi des zones où l'érosion "potentielle" est très menaçante.

II - EROSION PEU SPECTACULAIRE MAIS INSIDIEUSE

Certains aspects de l'érosion ne sont pas directement discernables. Très fréquents cependant, ils sont d'autant plus menaçants qu'ils sont peu visibles. Ces zones ne doivent pas être négligées dans le cadre d'un aménagement général, car on peut dire que leur stabilité dépend des précautions, même élémentaires, que l'on prendra.

Deux grands types d'érosion sont à considérer : les phénomènes qui affectent la couche superficielle du sol, que l'on peut regrouper sous le terme de "décapage", et certains modes de ruissellement.

- 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 différences de couleur sur le versant (apparition de taches blanchâtres de l'encroûtement 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.

Peu spectaculaire, ce complexe d'érosion a une grande importance dans l'évolution des versants cultivés. Certes, 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.

Les conditions lithologiques, mais surtout de pente permettent de subdiviser ce mode d'érosion:

+) Lent décapage

C'est ce que certains auteurs ont pu appeler "l'érosion géologique", mais la mise en culture de ces zones n'est pas étrangère à ce phénomène.

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.

+) Décapage intense

Le phénomène s'amplifie lorsque les pentes augmentent ou dans des conditions lithologiques favorables (marnes par exemple). Il prend alors l'aspect décrit plus haut, avec l'apparition de rills.

- Erosion dans les sables (type Mamora).

Le décapage est essentiellement dû à un ruissellement diffus plus ou moins intense. Le creep 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.

- Erosion dans la zone cotière (dunes anciennes).

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.

- Ruissellement assez important sur roche tendre ou assez résistante (généralement régosol schisteux).

Ce ruissellement sur roche assez résistante n'entraîne pas une quantité importante de matériel, mais le coefficient de ruissellement est très élevé. Il s'agit dans la plupart des cas du ruissellement élémentaire. C'est surtout par la quantité d'eau qu'il fournit instantanément aux oueds que ce type d'érosion mérite d'être noté.

- Ruissellement en nappe colmatante.

Ce ruissellement qui se situe à l'Est du Bassin, dans des conditions climatiques semi-arides est celui qui a été décrit dans les types d'érosion.

III - EROSION IMPORTANTE

Certaines zones subissent une érosion importante, bien visible, il ne s'agit plus de sauvegarder un patrimoine, mais d'aménager ou d'éviter l'extension des phénomènes. L'intervention se justifie en effet :

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

Deux modes d'érosion sont là aussi à considérer : la solifluxion et le ruissellement.

- Solifluxion par boursoufflures ou fortes ondulations.

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 même que les dépôts d'altération du Rif, en liaison avec les conditions climatiques.

- Solifluxion par boursoufflures avec griffures généralisées.

La distinction des modes de griffures n'est pas possible au 1/500 000. Nous avons été obligé en particulier de grouper les coups de cuiller, coulées boueuses, arrachements, glissements en plan.

Ces réserves mises à part, la légende ne fait que reprendre les modes d'érosion par solifluxion définis dans les types d'érosion.

Les problèmes posés à l'exploitation agricole de ces terrains sont naturellement très importants, surtout lorsque les griffures apparaissent au milieu de ces zones.

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

- Ruissellement en nappe décapante.

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 sur les marnes de l'éocène dans le Prérif et sur les schistes du Rif.

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".

IV - EROSION GRAVE ET GENERALISEE

Certains secteurs enfin sont le siège d'une érosion très importante, et complexe (dégradation qui les rend inutilisables pour l'agriculture, dans l'état actuel).

Le problème qu'ils posent n'est pas seulement de les rendre à l'agriculture, mais plutôt de protéger les secteurs environnants.

Aussi, 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. Ces travaux ne devront donc pas être négligés dans un programme d'ensemble de l'aménagement du bassin-versant.

+) Erosion complexe et 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 solifluction généralement accompagnée de griffures de ravinements plus ou moins concentrés, de décollements de pied de versants etc...

+) Bad-lands

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 et deviennent des Bad-lands.

Nous avons distingué deux stades dans notre présentation des types d'érosion, que nous ne pouvons différencier à l'échelle de la carte. (Bad-lands incipients et vrais bad-lands).

V - DONNES COMPLEMENTAIRES

L'ensemble des phénomènes d'érosion affectant les versants et interfluves a pu être représenté de la façon exposée ci-dessus. Un certain nombre de données complémentaires nous a cependant semblé utile .

- Roches dures affleurantes ou subaffleurantes.

Les zones où des roches dures sont affleurantes ou subaffleurantes ne sont certes pas le siège d'une érosion à proprement parlé, car il n'y a plus rien à éroder, soit parce que le sol a déjà été enlevé, soit parce qu'il s'agit d'une dalle structurale à nu, n'ayant jamais eu de sol.

Ces secteurs subissent cependant un ruissellement quasi-intégral et fournissent une quantité appréciable d'eau peu chargée, c'est à dire prête à éroder en aval.

Il ne faut pas confondre ces zones avec celles rangées dans la rubrique "érosion insignifiante sur roche dure, fissurée et sol squelettique". Dans ces dernières en effet, les cavités de la roche colmatées par des résidus argileux peuvent permettre une exploitation forestière ; le ruissellement y est moins grave car la roche fissurée permet une certaine infiltration. L'eau réapparaît en sources, mais avec un certain retard par rapport aux averses.

- Dunes vives.

Bien que très localisées, les dunes vives cotières ainsi qu'un petit secteur au Nord de Aïn Defali ont été représentés.

- Phénomènes liés à l'écoulement concentré

L'échelle de la carte ne permet pas de considérer l'activité érosive des oueds (importance de l'incision, zones de sapements..) La dynamique fluviale n'a donc pu être abordée, malgré tout l'intérêt que son étude aurait pour la construction de barrages ou de retenues. C'est donc une des voies vers laquelle devront s'orienter les études ultérieures.

Nous n'avons pu ici que mentionner les zones inondables avec une précision pour le Rharb :

En superposant des calques de différentes inondations importantes connues (inondations de décembre 1960- Janvier 1951, de Janvier 1960, de Janvier 1963) nous avons retenu :

- +) L'extension maximale des inondations connues, c'est à dire toutes les zones qui ont été inondées lors de l'une ou l'autre de ces inondations.
- +) La zone inondée à chacune de ces crues, c'est à dire submergée à chaque fois, et qui a ainsi le plus de chance de l'être lors des inondations futures.

3°) Documents et auteurs consultés.

Cette carte n'aurait pu être aussi complète sans l'aide d'un certain nombre de personnes et de documents. Nous donnerons plus loin une bibliographie sur le Bassin du Sebou, mais nous voudrions mentionner ici les éléments qui ont permis l'élaboration de cette carte, en dehors de nos propres observations.

- Rif
 - G. MAURER : Carte morphologique au 1/300 000, et communications orales.
- Prérif
 - G. PAJOT : Minutes pédologiques au 1/50 000 INRA. (+ nos cartes d'érosion au 1/50 000, voir partie III).
- Moyen-Atlas
 - J. MARTIN : Dépressions karstiques du Moyen-Atlas Central (carte au 1/200 000) et communications orales.
 - G. MISSANTE : Minutes pédologiques au 1/100 000, INRA
 - M. ICOLE : Minutes pédologiques au 1/100 000, INRA
- Meseta
 - G. BEAUDET : Communications orales
 - R. WATTEEUW : Minutes pédologiques au 1/50 000 et au 1/100 000, INRA.
- Rharb
 - J. LECOZ : Thèse Fellahs et Colons, Rabat , 1964 (Carte morphologique au 1/200 000).
- Rharb et Mamora
 - T. IONESCO, SELOD, STEFANESCO : Cartes des types de végétation et de l'utilisation des terres 1/50 000 et 1/100 000, INRA (station de phyto-écologie).

D - Apports et limites de la carte

La cartographie réalisée avec la légende décrite ci-dessus permet de dégager quelques grands secteurs, et montre la répartition des modes d'érosion. Elle n'est certes pas un but en soi, son premier objectif étant de poser les problèmes, en analysant les termes de l'érosion.

Les précautions à prendre, les travaux à envisager découlent de l'importance de cette érosion. C'est la raison pour laquelle cette carte permettra d'esquisser les problèmes généraux d'aménagement.

Nous devons cependant faire deux remarques :

- De manière générale, cette carte donne les processus d'érosion tels qu'ils se présentent au moment de leur activité. Ces processus n'agissent pas toute l'année, car ils sont liés aux précipitations (ou plus localement aux vents). Ils ne fonctionnent donc qu'à certaines périodes, avec des moments de relative stabilité à l'intérieur même de ces périodes.

- L'échelle retenue ne permet pas de figurer un caractère très important, à savoir les différences de processus en fonction de l'opposition des versants, en dehors de quelques secteurs où la généralisation était possible (Oueds à l'Ouest du Plateau de Meknès, par exemple). Or les versants exposés au Nord restent plus frais et plus humides en toutes saisons ; ils ont tendance à conserver l'eau et favorisent la solifluxion. Les versants exposés au Sud, par contre, plus secs, facilitent le ruissellement et le ravinement.

Comme nous le notions plus haut, cette carte indique avant tout le processus dominant de la zone considérée.

Nous aurions certes pu faire un commentaire détaillé de cette carte, en la confrontant en particulier avec la carte des précipitations et l'esquisse lithologique. Mais il nous a semblé que ce commentaire ne ferait que reprendre en fait les éléments que nous avons déjà donnés au cours de la présentation générale, et qu'il valait mieux, en définitive, laisser à chacun le soin de dégager les détails en fonction de ses objectifs. Nous nous bornerons donc ici à quelques constatations générales qui pourront être le point de départ de réflexions personnelles.

1^o) Les grands secteurs

Cette carte fait apparaître tout d'abord quelques grandes unités que l'on connaissait d'ailleurs déjà, mais souvent intuitivement, à la suite d'observations dispersées et fragmentaires ; elle permet ainsi de préciser ces connaissances et de les replacer dans un cadre spatial. On pourrait citer par exemple la répartition générale des processus qui marque l'opposition entre le Rif et le Moyen-Atlas, ou la complexité du Prérif et ses variations d'Ouest en Est.

Trois grands domaines peuvent ainsi être dégagés :

+) Un domaine comprenant le Rif et les collines pré-rifaines du Sud et du Sud-Ouest, où l'érosion est complexe et importante, les processus pouvant être le ruissellement en nappe décapante, le ravinement, la solifluxion ou une érosion généralisée.

+) Un domaine des plaines et plateaux comprenant également le Prérif de l'Ouest, où l'érosion est plus discrète, son intensité étant moins forte, ou même pratiquement nulle ; Cette érosion est pourtant parfois insidieuse et non négligeable.

+) Un domaine comprenant le Moyen-Atlas et le Plateau Central où les modes d'érosion sont localisés et mieux individualisés.

2^o) Quelques constatations

a - Cette carte montre, dans la zone rifaine, une opposition très nette entre l'Ouest et l'Est, qui correspond d'ailleurs assez exactement à une différence lithologique.

A l'Ouest, les phénomènes de solifluxion et d'érosion généralisée sont bien développés, alors qu'à l'Est, c'est le ruissellement en nappe décapante qui domine, si l'on excepte le secteur de Boured.

Cette constatation a une grande importance pour la fourniture de matériel aux oueds, dans la mesure où le ruissellement en nappe décapante entraîne une plus grande quantité de débris ; la solifluxion déforme le terrain et empêche la culture par exemple, mais fournit beaucoup moins de débris aux oueds. Les secteurs de solifluxion ne deviennent d'importants "fournisseurs" aux oueds que s'ils sont sapés à leur base.

Ainsi, dans le Bassin de l'Ouerrha, ce sont les secteurs amont, c'est à dire le Haut Ouerrha et ses affluents qui fournissent la charge la plus importante. Comme il s'agit de débris de schistes et de flyschs (en plaquettes) cette charge peut aller très loin, et dans le cadre de l'implantation d'un barrage c'est contre elle qu'il faudra lutter.

b - De manière générale, cette carte donne de façon qualitative l'importance de la charge fournie aux oueds :

+) Les secteurs qui sont le plus aptes à alimenter les transports solides sont ceux où l'érosion est généralisée. L'association de la solifluxion (avec glissements, griffures...) et du ravinement permet en effet un départ considérable de matériel. Ces secteurs ne sont généralement pas très étendus.

+) Puis ceux de solifluxion à égalité avec les zones de ruissellement sur schistes du Plateau Central. La solifluxion retient l'eau et ne donne pas beaucoup de matériel aux oueds, tandis que ce type de ruissellement donne instantanément une grande quantité d'eau mais ne paraît pas devoir alimenter le transport solide.

+) Viennent enfin les secteurs de décapage intense, surtout lorsqu'apparaissent les rills. Ces zones de collines marneuses, dénudées, ne sont cependant pas toujours sous la dépendance des oueds principaux, et le matériel est souvent redéposé dans les creux des vallons. C'est ce qui explique en particulier la faible proportion d'éléments fournis par le Prérif à l'Ouerrha ou au Sebou.

+) Les autres types d'érosion fournissent des charges diverses en fonction de la pente et du site géomorphologique. Certaines zones sableuses en bordure des oueds donnent des charges importantes (oued Kell, oued Tiflet..) tandis que les zones sous forêts retiennent beaucoup d'eau et perdent peu de matériaux.

c - La carte met en évidence la complexité du Prérif. Nous aurons l'occasion d'étudier plus en détail cette zone dans notre partie III, mais cette variété dans la gamme de l'érosion rend les problèmes de lutte anti-érosive extrêmement difficiles, en particulier lorsque sur un même versant, le sommet subit le ruissellement en nappe décapante, alors que la solifluxion occupe le bas de la pente (Partie Est du Prérif).

d - Les tâches de ruissellement en nappe décapante qui apparaissent au milieu de zones stables, sous végétation indiquent la fragilité de ces zones (Tazzeke, Sud de Khémisset). Tout défrichement amène une érosion importante.

e - Conclusions

Cette étude brosse un tableau général des conditions de l'érosion dans le Bassin du Sebou, et de la répartition des processus. Ce n'est qu'une première étape, certes indispensable, dans la connaissance de l'évolution des versants et interfluves de cette région. Des études plus détaillées doivent donc normalement être entreprises pour préciser ces données générales ; notre partie III s'efforcera de montrer une des manières d'aborder le problème. Mais surtout cette étude ne doit pas rester un travail académique ; elle a pour mission de préparer l'aménagement du Bassin, c'est à dire d'être le support et l'introduction à la réalisation pratique.

Notre rôle n'est pas de donner les techniques anti-érosives correspondant aux divers types décrits, car les divers spécialistes sont beaucoup plus compétents que nous ; par ailleurs tel ou tel mode d'intervention qui se justifierait d'un point de vue technique n'est pas forcément applicable sur le plan de la politique générale et gouvernementale. C'est donc ici que nous passons le relai aux autres spécialistes tels que l'agronome ou le forestier, bien qu'à l'échelle du 1/500 000, ce sera surtout le "planificateur" qui aura à se servir de notre carte.

Tout au plus pouvons-nous faire quelques suggestions concernant les principes généraux de la lutte contre l'érosion.

1^o) Les études ultérieures

Les modes d'érosion que nous avons pu dégager ne sont que qualitatifs ; il faudrait donc maintenant passer à l'étape suivante, c'est à dire la recherche quantitative. Une série de stations expérimentales pourraient être installées sur les versants (une par type d'érosion) afin d'obtenir des mesures sur la vitesse et l'importance de l'entraînement par décapage, ou le pouvoir de transport de ruissellement etc...

Ces laboratoires de terrain qui seraient les parcelles expérimentales ne sont cependant pas suffisants. Des études parallèles devraient être faites sur échantillons avec des techniques diverses (mécanique des sols, granulométrie). Il y a donc là tout un programme de recherches à mettre sur pied.

Dans le même temps, une cartographie plus détaillée devrait être entreprise. Celle que nous avons réalisée au 1/50 000 dans le Prérif n'est qu'une approche de ce qu'il faudrait faire : il serait très utile en particulier de faire des cartes détaillées de secteurs (1/10 000 ou 1/20 000) afin de préciser certains mécanismes et de montrer la part et la répartition de chaque processus sur un même versant. Ces cartes renseigneraient aussi les techniciens chargés de la réalisation des travaux anti-érosifs.

On ne peut raisonnablement songer à couvrir tout le bassin avec une telle cartographie aussi les cartes échantillons devraient être choisies avec soin et avoir une valeur générale, applicable à d'autres secteurs de même type. Il serait notamment indispensable d'entreprendre ces cartes autour des secteurs retenus comme parcelles expérimentales.

Mais il est un autre domaine où ces recherches devraient être poursuivies : la dynamique fluviale.

Dans l'hypothèse de l'implantation de barrages ou pour la protection contre les crues, il faudrait connaître les conditions de migration et de transport des alluvions ; cette étude permettrait de préciser les mesures et les estimations faites par les Ingénieurs et spécialistes de l'hydraulique, Elle devra être basée sur des cartes géomorphologiques des fonds de vallées, et sur toute une série d'études de la dynamique actuelle des oueds.

2^e) La lutte anti-érosive.

Cet aperçu général a permis de préciser certaines données du problème posé ; il a surtout montré l'importance de l'érosion, et l'urgence avec laquelle il faut lutter contre cette érosion.

a - Rappel des impératifs

La lutte contre l'érosion se justifie dans le Bassin du Sebou pour plusieurs raisons générales :

- Conserver les sols dans les zones où ceux-ci risquent d'être entraînés si l'on n'y prend garde. Il s'agit essentiellement de sauvegarder des terres agricoles. Une estimation du projet DERRÔ pour le Rif donne par exemple une perte d'un tiers des terrains agricoles en 25 ans, si on laisse les phénomènes se développer. Mais bien souvent c'est contre l'érosion insidieuse qu'il faudra lutter, dans les zones de collines et de plateaux vallonnés.

- ralentir l'érosion dans des zones où une production agricole est exclue, mais où des interventions sont nécessaires pour protéger les secteurs en aval de ces zones. La diminution du ruissellement réduira la violence des crues, et évitera une grande partie des inondations du Rharb.

- stabiliser les versants afin qu'ils fournissent moins de charge solide aux oueds ; ce problème se résume à garantir une longévité suffisante aux barrages ou ouvrages de retenues qui seront construits, mais aussi à réduire l'apport de limons ou argiles dans le Rharb.

- Dans un but plus lointain, redonner une vie "économique" à des terrains actuellement incultes (bads-lands, zones d'érosion généralisée).

b - Utilisation actuelle et lutte contre l'érosion.

Avant d'entreprendre des travaux plus ou moins coûteux, il serait bon de revoir le système d'utilisation actuelle des terrains. Un grand pas serait déjà franchi dans la lutte anti-érosive si un certain nombre de principes étaient respectés. Par ailleurs toute intervention technique ne donnera que de maigres résultats si ces règles élémentaires ne sont pas appliquées.

On a souvent dit, à juste titre, que le problème de la lutte contre l'érosion était avant tout un problème politique. Devant les défrichements inconsidérés, nous ne pouvons que partager cette opinion. Mais on ne s'est pas assez mis à la place du fellah qui doit défricher pour vivre... La lutte contre l'érosion ne doit donc être qu'un des aspects de l'aménagement général du pays. C'est à la cause du mal qu'il faudrait s'attaquer ; or cette cause est très grave, car elle provient d'une population qui s'est développée plus rapidement que les ressources des régions sur lesquelles elle vit. L'exemple du Rif est très démonstratif, mais il n'est pas unique (Région d'Ahermoumou, Prérif etc...).

Un certain nombre de modifications importantes dans les modes actuels d'occupation du sol devraient être à la base de la lutte anti-érosive ; il faudrait obtenir en particulier :

- +) L'arrêt des défrichements
- +) L'arrêt des surpâturages.
- +) La mise en défens temporaire de certains secteurs, et l'interdiction de pénétrer dans certaines zones à certaines périodes de l'année.
- +) L'interdiction des labours et cultures non couvrantes sur des pentes supérieures à 20° (sauf éventuellement quelques travaux à la bêche).

- +) La réglementation stricte de la coupe du bois à usage domestique.
- +) L'interdiction des labours dans le sens de la pente.
- +) L'aménagement des espaces autour des douars en régions accidentées (pour éviter les ravinements du type de ceux du Prérif- route Sidi-Kacem - col de Zegotta..)

c - Les principes des interventions

Les travaux de lutte anti-érosive doivent tenir compte des données économiques et psychologiques. Il serait aberrant par exemple de déplacer à grands frais de bulldozzers pour des petites interventions, alors qu'une main-d'oeuvre abondante et à la recherche de travail se trouve sur place. Ces travaux doivent être faits par le fellah et pour le fellah. Ils ne doivent pas être trop coûteux, sauf cas exceptionnels, pour certaines zones où des nécessités vitales sont en jeu (protection d'une route, d'une agglomération ..) La Promotion Nationale nous semble un cadre bien adapté à cette entreprise.

Mais il faut aussi que ces travaux soient compris et acceptés par la population. Tout un programme de vulgarisation doit être élaboré. Là encore, nous pensons que le projet DERRO a fait oeuvre utile dans la région de Taounate. Il est indispensable par exemple, que le fellah se rende compte de l'importance de protéger sa terre, tant pour lui que pour la communauté, et qu'il soit en mesure de faire de petits travaux dans son champ, soit seul, soit sous la conduite de mini-teurs. Ce sont ces petites interventions, qui répétées des milliers de fois à l'échelle du bassin, permettront, mieux que les grands projets, de vaincre l'érosion. Cette victoire ne sera définitive que si les travaux entrepris sont suivis. La lutte contre l'érosion est une oeuvre constante, de tous les jours.

Ces travaux ne doivent cependant pas être faits au hasard, et doivent être supervisés par un organisme national chargé de leur coordination. Un programme général, intégrant ces petits travaux, devrait être mis sur pied à l'échelle du bassin du Sebou.

d - Les grandes lignes des techniques anti-érosives.

La gamme des techniques anti-érosives mise à la disposition des divers spécialistes est très étendue, et nous n'avons pas de remèdes "miracle" à proposer. Si les principes de ces techniques ne sont pas à mettre en cause, leur application est souvent plus délicate, et un grand discernement doit présider à leur emploi. Telle ou telle technique qui a rendu de grands services dans un secteur, pourra se révéler inefficace et même dangereuse dans un autre. Il suffit de considérer les succès et les déboires des banquettes...

Au stade de la planification et des prévisions, comme à celui de la réalisation, des études doivent être faites pour l'utilisation rationnelle du sol : "la conservation du sol exige que chaque hectare de terrain soit utilisé conformément à ses besoins et à ses facultés d'adaptation" (Manuel de Conservation du sol - US Département of Agriculture). Un classement des terrains en vue de l'emploi et de la conservation du sol est donc indispensable. Ces méthodes n'ont pas à être explicitées ici (par exemple classification américaine en 8 catégories.. etc..).

Nous voudrions seulement pour terminer, donner les principes techniques qui devraient être à la base des travaux ou interventions dans chacune des catégories définies dans notre carte ; quelques détails sur les aménagements à prévoir seront donnés dans la partie III.

I - Erosion faible ou nulle

Pas d'aménagements spéciaux, ni précautions particulières, sauf dans les zones sous végétation. Le défrichement ne doit y être pratiqué qu'avec précautions, car il y a risque de rupture de l'équilibre, ce qui déclencherait une érosion importante.

II - Erosion peu spectaculaire mais insidieuse.

- Lent décapage : Labour en courbes de niveau.
- Erosion dans les sables :

Pas de travaux particuliers, mais il serait utile de planter quelques rideaux d'arbres ou arbustes (eucalyptus, figuiers de Barbarie...) afin de "couper" les grandes étendues sableuses mises en cultures.

- Erosion dans la zone côtière :

- +) Boisement des pentes les plus fortes (flancs des dunes).
- +) Fermeture des rills et ravins.

- Décapage intense :

- +) labours obligatoires en courbes de niveau.
- +) fermeture des rills dès qu'ils apparaissent (ne pas les laisser s'approfondir).
- +) stabilisation des entailles des ravins par revégétation et mise en défens temporaire (voir plus loin, Partie III).

+) installation de réseaux de banquettes d'écoulement ou d'infiltration dans certains cas bien précis.

- Ruissellement important sur roche assez dure (coefficient de ruissellement élevé) :

+) boisement et **revégétation** pour diminuer le coefficient de ruissellement et favoriser l'infiltration.

+) installation de petites retenues pour écrêter les effets du ruissellement lorsqu'il se concentre.

- Ruissellement de type semi-aride.

+) petits ouvrages de terrassements (éléments de banquettes, trous individuels) mais qui doivent être entretenus très soigneusement.

+) Eviter les grands travaux avec construction de bourrelets importants, comme ceux réalisés dans une partie de la zone à l'Est de Taza (Nord du Jbel TOUARIRT) et qui entraînent des ravinelements, des rigoles en tunnel, l'étalement rapide du matériel formant le bourrelet.. Les petits éléments installés à côté de ces grands travaux donnent de bien meilleurs résultats.

III - Erosion importante

- Solifluxion

Le grand principe est ici d'obtenir un bon drainage, c'est à dire une évacuation des eaux de pluies ou de sources, et non une infiltration qui imbibe la masse.

Les banquettes d'infiltration sont donc à proscrire :

+) drainage par rigoles gazonnées ou empierrées.

+) clayonnage par gabbions qui permettent l'écoulement de l'eau et retiennent le matériel.

+) boisement dans certains cas.

- Ruissellement en nappe décapante.

Le principe est de réduire le ruissellement tant pour retenir l'eau que la charge solide apportée aux oueds.

- +) boisement ou reboisement.
- +) végétation herbacée qui réduit la mise à nu du sol.
- +) travaux de correction des ravins, en escaliers (avec retenues pour le matériel et blocage de l'entaille linéaire).
- +) installation de murettes en pierres ou cordons de picrrailles en gradins, dans des sols peu profonds, caillouteux.
- +) banquettes d'infiltrations dans certains cas.

IV - Erosion grave et généralisée.

- Erosion généralisée

La lutte est ici très difficile par suite de l'association de solifluxion - ravinement. Il faudrait évacuer l'eau favorisant la solifluxion, tout en empêchant un écoulement trop important qui produit le ravinement.

- +) mise en défens
- +) blocage de l'entaille des ravins par des petits ouvrages légers en escaliers.
- +) ouvrage de retenues de matériel car ce sont les secteurs qui donnent le plus de charge solide aux oueds.
- +) boisement
- +) banquettes strictement exclues.

- Bad-lands

Il faut lutter contre le ruissellement.

- +) mise en défens
- +) pratique du mulching et clayonnage.
- Avec au début plantes herbacées nuisibles - chardon par exemple.
- puis mise en place de piquets et branchages pour retenir le matériel meuble et éviter les glissements.
- installation progressive d'un tapis végétal, puis de formations arbustives.
- passage progressif à un boisement complet.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE CONCERNANT
LE BASSIN DU SEBOU

Il est toujours difficile d'établir la bibliographie d'un bassin-versant, car celui-ci recoupe plusieurs unités géographiques. Il faut donc rechercher des renseignements dans des ouvrages dispersés, qui traitent ces unités géographiques.

Comme pour la bibliographie de la première partie, nous n'avons pas cherché à donner des listes exhaustives de tout ce qui a pu être publié sur ce bassin, mais seulement à orienter les recherches.

Dans chaque rubrique, nous avons d'abord placé les ouvrages généraux, puis les ouvrages et articles se rapportant aux différentes unités géographiques et qui traitent une partie du Bassin-versant du Sebou.

I - GENERALITES, MONOGRAPHIES REGIONALES.

- Ouvrages généraux

- J. MARTIN, H. JOVER, J. LE COZ, G. MAURER, D. NOIN :
Géographie du Maroc (5^{ème} année secondaire)
Hatier et Librairie Nationale, Casablanca.
- INRA
Bibliographie d'études et de recherches sur les
zones arides (en particulier au Maroc).
Cahier de la Recherche Agronomique n° 19, INRA,
Rabat 1965 (542 références).

On trouvera de nombreux renseignements concernant le Bassin du Sebou dans ces deux ouvrages.

- Rharb

- LE COZ J. Le Rharb, Fellahs et Colons Tome I et II, Thèse 1964 (avec 30 pages de bibliographie).

- Rif et Prérif

- MAURER G. Etude morphologique des montagnes rifaines centrales.
Thèse en préparation.
- XX
Numéro spécial des notes marocaines consacré à
la région Rifaine N° 9-10, 1957.

- MAURER G. : Présentation géographique des Pays Rifains.
Ronéo. inédit Derro, Fès.
- DE BOIXI de MERITENS : La vallée de l'Ouerrha, 1949.
- TROUVE M. : Le Rif agricole
Ministère de l'Agriculture, Div. de la mise en
valeur et du Génie Rural, Rabat 1960.

- Moyen-Atlas

- MARTIN J. : Thèse en préparation (sur le karst)

II - EROSION

- Ouvrages généraux :

- AVENARD J.M. : A propos de l'étude de l'érosion dans un bassin-versant : le Bassin du Sebou (facteurs généraux et problèmes).
Doc. inédit, INRA, cartographie des sols, 1964.
- AVENARD J.M. : La cartographie de l'érosion dans le Bassin du Sebou (Maroc).
Communication présentée lors de la réunion de la Commission de géomorphologie Appliquée de l'U.G.I. (Tchécoslovaquie, BRNO et BRATISLAVA, Avril 1965).
- BEAUDET G. MARTIN J, MAURER G. :
Remarques sur quelques facteurs de l'érosion des sols.
Revue de Géographie du Maroc, n° 6, 1964.
- IONESCO T. : Considérations générales concernant les relations entre l'érosion et la végétation au Maroc.
(exemples pris essentiellement dans le Bassin du Sebou).
Revue de Géographie du Maroc n° 6 - 1964.
- WILBERT J. : L'érosion et la classification des sols
(exemples pris dans le Bassin du Sebou). Revue de Géographie du Maroc n° 6, 1964.
- XX : in Revue de géographie du Maroc n° 6, 1964.
L'érosion dans le Rif et le Prérif, première journée d'excursion.
Présentations de MM. MAURER G. MILLIES LACROIX A., LACOUR G. VELDMAN G. et ASK K.
L'érosion dans le Saïs, le Moyen-Atlas et le Plateau Central, deuxième journée d'excursion.

Présentations de MM. AVENARD J-M, MARTIN J.
BEAUDET G.

- Rif

- BEAUDET G: Types d'évolution actuelle des versants dans le Rif Occidental.
Revue de Géographie du Maroc n° 1-2, 1962.
- D.E.R.R.O: Le développement économique du Rif Occidental
Rapport final.
Fond Spécial des Nations Unies, F.A.O.
Ministère de l'Agriculture du Maroc (ONMR)
Maroc, Juillet 1964.
- D.E.R.R.O: Rapport sur la zone d'attaque Sahala/Sra.
Partie I : rapport préliminaire
Partie II: le développement Economique des communes rurales d'Abdel Ghia Souahel et de Taghzout.
Partie III-Le dév. Economique des Com. Rurales de Taouante et de Zrizer.
Maroc Juillet 1962.
- D.E.R.R.O: Projet de l'Oued Mellah
- D.E.R.R.O: Périmètre pilote de l'oued Timetghas, Commune rurale de Tahar Souk. Maroc, Mars 1964.
Périmètre pilote de l'Oued Sidi Abdallah, Mars 1964.

- Prérif

- MATHIEU L: Réflexions à propos de quelques observations sur l'érosion dans le Prérif et le couloir Sud-Rifain
Revue de Géographie du Maroc, n° 6, 1964.
- QUIQUEREZ F: Pratique des travaux de défense des sols dans la région de Fes (1949-1963).
Revue de Géographie du Maroc n°6, 1964.

- Prérif et Moyen-Atlas

- EK C. et MATHIEU L :
Quelques observations sur l'effet des pluies violentes de Janvier 1963 dans le Moyen-Atlas et le Prérif.
Bulletin de la Société Belge d'études Géographiques
Tomme XXXII - 1963, n° 2.

III - GEOMORPHOLOGIE

- Ouvrages généraux

- AVENARD J-M Projet d'étude géomorphologique du Bassin du Sebou. Programme de travail.
Doc, inédit INRA, cartographie des Sols; 1963

- Rif et Prérif

- MAURER G. Les pays Rifains et Prérifains
L'information Géographique Paris 1959 n° 4
Sept-Oct.
- MAURER G. L'évolution des versants dans le Rif Occidental, deux exemples de cartographie géomorphologique.
Revue de Géographie du Maroc n° 1-2, 1962.
- MAURER G. et SCHOEN U.
La méthode d'analyse des argiles appliquée à l'étude morphologique du Rif.
Al AWAMIA n°13, INRA, Rabat, Oct. 1964.

- Couloir Sud-Rifain

- MARGAT J., RAYNAL R., TALTASSE P. :
Deux séries d'observations nouvelles sur les croûtes au Maroc.
Notes et Mémoires du Service géologique, Maroc n° 122, Notes T. 10, 1952.

- Moyen-Atlas

- COUVREUR C. Essai sur l'évolution morphologique du piedmont du Moyen-Atlas aux environs d'El Hajeb.
Notes Marocaines Rabat n° 6 - 1955.
- EK C. et MATHIEU L.
La Daïa Chiker, Etude géomorphologique.
Annales de la Société Géologique de Belgique t. 87, 1963-64; Bull. n° 15, Janvier 1964.
- HEUSCH B. Etude du périmètre dominé de Skoura du Guigou.
Direction de la mise en valeur et du Génie Rural et SOGETIM, Rabat, 1958.

- MARTIN J. Le karst de la région des dayets (Causse moyen Atlasique) Maroc.
Revue de Géographie du Maroc n° 5, 1964.
- MARTIN J. Quelques types de dépressions karstiques du Moyen-Atlas Central.
Revue de Géographie du Maroc n° 7, 1965.

- Plateau Central

- BEAUDET G. Paysages et problèmes morphologiques du Plateau Central marocain.
Notes marocaines n° 11-12, 1959.
- BEAUDET G. et MATHEZ J. Observations sur l'évolution de quelques versants du Plateau Central marocain.
Revue de Géographie du Maroc n° 7, 1965.

IV - CLIMATOLOGIE

- Généralités

- GAUSSEN H. DEBRACH J. JOLY F :
Précipitations annuelles "notice explicative de la carte 4a de l'Atlas du Maroc".
Institut Scientifique Chérifien - Rabat 1958-
- ISNARD H. La répartition saisonnière des pluies au Maroc
Annales de Géographie Janvier-Février 1958
n° 359.
- STEGEL J. Analyse de variations de la pluviométrie annuelle au Maroc INRA, ronéo, Juillet 1964.

- Rif

- CHAPOND M. Climatologie de l'Ouerrha, ronéo, Fès 1962.
- CLAUDOT J. Le climat de la région rifaine occidentale.
Station de recherches forestières - Rabat - 1959.

V - HYDROGÉOLOGIE et HYDRAULIQUE

- Généralités

- XX in Hydrogéologie du Maroc,
Le Moyen-Atlas, le Bassin de Fes-Meknès, le
domaine Rifain.
Notes et Mémoires du Service Géologique n° 97,
1952.
- XX Travaux récapitulatif des principales crues
du Sebou de 1917 à 1955.
Direction des Travaux publics, Rabat 1956.
- S.E.H.M Régularisation des oueds Ouerrha et Sebou,
éléments d'études - Casablanca 1954.
- D.E.R.R.O Rapport sur les ressources hydrauliques du
Bassin de l'Oued Sebou et leur utilisation.
- O.N.I. Mesures des débits solides des cours d'eau
du Rif. Services hydrologiques, Rabat-Fès.

- Rif et Prérif et Rharb.

- O.N.I. Etude hydrologique du Bassin de l'Ouerrha :
tableau récapitulatif des précipitations, étude
des coefficients de ruissellement.
Direction des Etudes Générales - Rabat- 1962.
- XX La protection de la plaine du Rharb contre les
inondations. Direction de l'Hydraulique,
Travaux Publics, Rabat, 1955.
- TALTASSE et BOLELLI.
Hydrogéologie du Domaine Rifain.
C.E.H.M. - Rabat - 1952.

VI - GEOLOGIE

- Généralités

- XX Géologie du Maroc
Notes et Mémoires du Service Géologique n° 100.

- Rif

- DURAND DELGA M. et MATTAUER M :
Les unités structurales internes de la "zone
marno-schisteuse" du Rif Septentrional.

Les unités structurales externes de la "zone marno-schisteuse" du Rif Septentrional.
Comptes rendus des séances de l'académie des sciences, séances des 20 et 27 Avril 1959.
(voir aussi les travaux de P. FALLOT, livre jubilaire.).

- LACOSTE J Etudes géologiques dans le Rif Méridional
Notes et Mémoires du Service géologique du Maroc, n° 31, 1934.

- Prérif et Couloir Sud-Rifain

- DAGUIN F. Contribution à l'étude géologique de la région prérifaine (Maroc Occidental).
Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc n° 1, 1927.
- DUPONT G. BONICHON P. DAGUIN F.
Quelques observations sur les montagnes de sel du Prérif.
Notes et Mémoires du service géologique, n° 50 1939.
- GUBLER J. et LEVY R.
Le bord méridional des unités prérifaines entre Moulay-Yacoub et Fès.
Notes et mémoires du Service de la carte Géologique n° 52, 1940.
- TALMASSE P. Recherches géologiques et hydrogéologiques dans le bassin lacustre de Fes-Meknès.
Notes et Mémoires du Service de la carte géologique n° 115, 1953.
(avec 200 références bibliographiques).

- Moyen-Atlas et Plateau Central.

- COLO G. Contribution à l'étude du Jurassique du Moyen-Atlas Septentrional.
Notes et Mémoires du Service Géologique n° 139, 1961.
- GIGOUT M. Etude géologique sur la Meseta marocaine occidentale. Notes et Mémoires n° 86, 1951.
- MORIN Ph. Les ressources minérales du Massif du Tazzeka et de ses bordures.
Mines et géologie, Rabat n° 10, 1960.

- MORIN Ph. Le Maroc Central, aperçu structural et orogénique. Notes marocaines, n° 11-12, 1959.
- TERMIER H. Etudes géologiques sur le Maroc Central et le Moyen-Atlas Septentrional.
Notes et Mémoires du Service des mines et de la carte géologique du Maroc n° 36, 1936, T 11.

VII - PEDOLOGIE

- Rif

- QUAIX H. Les sols du Rif Central et Oriental
Station Centrale d'Ecologie, Direction de la recherche Agronomique et de l'Enseignement Agricole. Rabat 1960.
- GILBERT J.P. Les milieux et les sols du Nord-Ouest du Maroc
Ministère de l'Agriculture, S/Direction de la Recherche Agronomique et de l'Enseignement Agricole - Rabat-, 1960.

- Rharb et Plaine de Meknès - Fès.

- PUJOS A. et DIVOUX P.
Présentation de la carte des sols du Rharb.
Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc.
Travaux de la section de Pédologie, t. 13-14 1959.
- WILBERT J
Listes d'ouvrages et articles concernant l'étude des sols et ses divers aspects au Maroc et en Afrique du Nord.
(Bibliographie sur le Saïs et le Rharb, avec en particulier les nombreux travaux et G. BRYSSINE). Soc. Sc. Nat. et Phys. du Maroc, Travaux de la section de pédologie, t. 13-14 1959, Rabat.
- MISSANTE G., PAJOT G. WATTEEUW R.,
Etude de sols de la plaine de Meknès-Fès.
INRA, Ronéo, 3 cartes imprimées, et tableaux, 1964.
- G. BRYSSINE
Propriétés physiques des tirs du Rharb avec 99 références bibliographiques.
INRA - Cahier de la Recherche Agronomique n° 20, à paraître.

INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

SERVICE DE LA CARTOGRAPHIE
DES SOLS
Section " EROSION "

L ' E R O S I O N A C T U E L L E
D A N S L E
B A S S I N D U S E B O U

-:-:-:-

Partie III : L'étude semi-détaillée d'une zone :
cartographie du Sud du PRERIF au
1/50 000.

J-M. A V E N A R D

La description géographique et l'étude générale des conditions de l'érosion dans le Prérif ont déjà été faites dans la partie II. Nous ne reprendrons ici ces conditions que pour en donner un bref résumé et pour préciser quelques points de détail.

Le découpage géométrique des feuilles I.G.N. au 1/50 000 qui ont servi de cadre à notre prospection est par définition arbitraire, et ne tient pas compte des unités naturelles. Certaines cartes débordent ainsi sur des unités voisines (Saïs, Moyen-Atlas..). Nous avons néanmoins estimé qu'il valait mieux lever la coupure entière.

Les cartes qui ont été réalisées ont un certain nombre de points communs (légende, certains aménagements types..). Il nous a donc semblé plus logique, en particulier pour éviter les redites, de concevoir cette notice en deux parties :

- Une partie générale, commune à l'ensemble des cartes prospectés, présentant la légende et un certain nombre de problèmes d'aménagements.

- Une notice particulière à chaque feuille, donnant des précisions concernant exclusivement cette coupure.

A - Rappel des données générales.

Le Prérif est formé par un ensemble de collines peu élevées, marneuses, dont l'altitude augmente d'Ouest en Est et passe de 400 à 1 000 m ; quelques pointements plus importants émergent de ces collines et correspondent à des rides ou à des sofs calcaires. Cette lithologie à dominante de roches tendres, imperméables est cependant complexe dans le détail. Aux marnes et argiles s'associent des formations gypseuses et salifères. La structure est en outre influencée par les plissements rifains : "L'histoire géologique du Prérif est liée à celle des montagnes rifaines qu'elles bordent" (Géographie du Maroc, Hatier et Librairie Nationale, Casablanca).

Les précipitations qui varient entre 400 et 900 mm sont d'autant plus importantes qu'elles tombent sur une période relativement courte, tandis qu'une saison très sèche fendille le sol, et le durcit, préparant l'érosion des premières pluies...

La mise en valeur, basée sur la céréaliculture et l'élevage a pratiquement détruit toute couverture forestière : l'arboriculture n'existe que sur les rides. La densité de population est relativement forte et explique cette occupation intensive du sol.

Nous voudrions seulement compléter ce rappel des données générales par quelques éléments concernant la géologie et la lithologie.

1) Géologie

Nous reprenons les renseignements donnés par G. SUTER, et cités par G. PAJOT (Plan de notice pour une carte des sols - PRERIF, document ronéo I.N.R.A., cartographie des sols.) :

La structure du Prérif peut se schématiser ainsi :

" 1) Un substratum autochtone ou parautochtone antenappe,
composé de la succession suivante :

- Jurassique calcaire, apparaissant aux "fenêtres" (brèches et calcaires à oolithes) et aux rides pré-rifaine (calcaires, marnogrès et marnocalcaires).
- De nombreuses séries marneuses du Crétacé, très souvent injectées de trias salifère.
- Un Miocène inférieur et moyen, détritique, marneux ou marnogréseux, pouvant présenter des séries à conglomérat. Ce Miocène peut dans certains cas être absent, la nappe reposant alors directement sur le Crétacé. L'absence du Numulitique dans le Substratum s'explique par le fait qu'il a été entièrement remanié au Miocène."

" 2) Les synclinaux de la nappe pré-rifaine chariée au
cours du Miocène. Ces synclinaux se composent de la façon suivante :

- Eocène inférieur : Marne blanche à silex, reposant sur le Substratum (miocène ou crétacé).
- Miocène inférieur et moyen marneux ou marnogréseux, présentant au sommet des séries gréseuses ou à conglomérat relativement puissants : C'est le cas des synclinaux de Dj. Bou Helal à Ouezzane, d'Oulad Ameer (x = 459 km), du Dj. Sarsar (x = 461 km, y = 476 km).

Ces synclinaux ont des dimensions variables, leurs contours étant marqués par les marnes blanches à silex. Ils sont le plus souvent tronqués. Ils peuvent s'enchevêtrer les uns dans les autres.

Les axes anticlinaux, en règle générale, coïncident avec les talwegs, le paysage présentant ainsi un relief inversé par rapport à la structure de la nappe.

Signalons que l'on peut trouver localement l'Eocène de la nappe sans couverture Miocène."

" 3) Le Miocène supérieur post-nappe, Tortonien, est localisé essentiellement dans le sillon Rifain drainé par l'Ouerrha, ainsi qu'à sa périphérie occidentale (Région de Ksar, abords du Rharb, région de Had Kourt,) méridionale (Vallée du Rdom, bordure Nord des plaines de Meknès et Fès), et orientale (au Nord-Est de Taza).

Ce tortonien post-nappe est constitué à sa base par un conglomérat ou un grès, affleurant à Taounate par exemple. Il comprend ensuite des séries marneuses, la plus importante étant la marne bleue. Ces marnes bleues contiennent des phases fortement salifères, comme on peut le voir notamment dans le sillon Pré-Rifain .

Enfin le faciès terminal dit Sahélien est rattaché au Pliocène au moins à la périphérie du Rharb. Ce sont des marnes plus sableuses que la marne bleue et elles sont alternées, surtout à leur niveau supérieur, avec des bancs gréseux."

2) Lithologie

L'esquisse lithologique de la partie II et ces éléments de géologie nous ont permis de distinguer dans le Prérif du Sud :

- Les marnes proprement dites.

Ce sont essentiellement les marnes bleues du Tortonien post-nappe, avec quelques affleurements de marnes du Crétacé, souvent injectées de Trias salifère ou gypseux.

- Les marnes blanches, formations marno-gréseuses et marno-calcaires.

Il y a lieu de distinguer :

+) les marnes blanches à silex de l'Eocène et les calcaires marneux du Miocène inférieur (marnes blanches de Beni-Amar).

+) les marno-calcaires et marno-grés du Miocène de la nappe, mais aussi, dans les rides, du Lias et du Dogger.

Ces formations ont une importance, car elles donnent une certaine armature au relief par ailleurs confus de ces collines, et tranchent avec les marnes proprement dites pour ce qui est des phénomènes d'érosion : le ruissellement en nappe décapante prend la place du décapage.

- L'alternance de bancs gréseux et de marnes.

Armant elles aussi le paysage, ces alternances de bancs gréseux et de marnes sont dues aux séries miocènes de la nappe et au faciès sahélien. Les bancs gréseux deviennent de plus en plus nombreux et épais vers l'Est.

- Les grès

Quelques affleurements de grès durs se rencontrent dans cette zone, bien que leur plus grande extension se trouve au Nord, en particulier le long de la vallée de l'Ouerrha.

- Les calcaires durs.

Les calcaires durs constituent essentiellement les rides et les sofs. Lapiazés et fissurés, ces calcaires sont cependant perméables.

- Les formations superficielles.

Les formations superficielles sont de nature variées dans le Prérif. Généralement peu importantes sinon peu épaisses, elles jouent cependant localement un rôle non négligeable.

Les marnes sont en effet généralement à nu sur les sommets de croupes, mais les bas de pente et les fonds de vallons sont recouverts par un colluvionnement parfois épais. Ces conditions sont propices à la tirsification.

Les flancs des rides calcaires possèdent localement un manteau d'altération (dépôts de pente) qui peut être relativement épais, tandis que des éboulis tapissent les secteurs surplombés par des corniches.

En dehors de ces dépôts de pente, il persiste quelques lambeaux de terrasses et glacis villafranchiens. Déformés par la tectonique ou entaillés par l'érosion, ces dépôts se sont mélangés aux marnes sous-jacentes, et conditionnent peu l'érosion actuelle.

Par contre, les terrasses quaternaires des oueds principaux sont très étendues et forment de grandes surfaces planes. Les sols y sont les plus évolués, et l'érosion peu importante, en dehors des sapements actuels des berges par les oueds.

B - Présentation de la légende

La légende générale des cartes au 1/50000 présente un certain nombre d'analogies avec celle du 1/500 000. Sa conception est en effet la même, puisqu'elle donne une base analytique (types d'érosion) et un élément de synthèse (importance schématique de l'érosion).

L'échelle permet cependant une moins grande généralisation, et les modes d'érosion peuvent ainsi être mieux localisés. Si dans la carte au 1/500 000, nous avons surtout cherché à représenter des zones où dominait telle ou telle association de modes d'érosion, ici par contre, nous avons pu montrer véritablement des types d'érosion et leur association à l'intérieur d'une même zone.

Il a été possible aussi de détailler un certain nombre de types qui avaient dû être regroupés au 1/500 000. Mais surtout, cette échelle permet une meilleure figuration des phénomènes linéaires. Certes il n'est pas possible d'entrer dans les détails, mais des caractères généraux tels que l'importance de l'activité des oueds ou des phénomènes localisés sur un versant peuvent être dégagés.

Comme nous l'avons exposé dans la partie I, cette légende est donc composée de trois rubriques :

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

1) Versants et interfluves.

Nous ne reviendrons pas sur l'analyse des types d'érosion qui a été faite dans la partie II et qui reste valable pour le Prérif.

Evidemment un certain nombre de types d'érosion qui se rencontraient dans l'ensemble du bassin ne sont pas apparus dans le Prérif. Au contraire, au niveau de la légende, le changement d'échelle a permis de plus grandes subdivisions. Ainsi, les quelques différences qui existent avec la légende du 1/500 000 sont :

+) dans l'importance schématique donnée à l'érosion.

- Une séparation a été faite entre l'érosion lente et l'érosion insidieuse.
- Une distinction a pu être faite dans l'érosion grave, entre les phénomènes localisés et l'érosion généralisée.

+) dans les types d'érosion.

- la distinction des secteurs où le décapage intense agit seul, d'avec ceux où ce décapage intense est associé avec l'apparition possible de rills.
- la séparation des bad-lands incipients des vrais bad-lands.

La légende générale concernant les versants et interfluves se présente ainsi de la façon suivante :

I - 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.

II - Erosion lente.

- Lent décapage : creep, ruissellement embryonnaire diffus, colluvionnement des bas de pente, amincissement des sommets de croupes.

III - Erosion insidieuse

- décapage intense ou solifluxion pelliculaire
- décapage intense avec apparition de rills.

IV - Erosion importante.

- solifluxion par boursouflures ou fortes ondulations.
- solifluxion par boursouflures avec griffures.
- ruissellement intense.
 - a) en nappe décapante,
 - b) mettant les touffes de végétation en relief.

V - Erosion grave.

a) localisée

- Ravineaux et ravins incisant les versants.
- coulées boueuses importantes.
- éboulements

- 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...

2) Réseau hydrographique.

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 liée 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, dont nous aurons l'occasion de reparler dans l'aménagement.

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

I - Oueds à activité réduite

- Oued à lit faiblement incisé.
- Oued divaguant sur nappe alluviale ou fond plat, avec quelques sapements localisés.

II - Oueds à activité importante.

- Oued à lit incisé, berges abruptes.
- Oued divaguant sur nappe alluviale ou fond plat, avec sapements généralisés des berges.
- Oued encaissé entraînant une érosion des bas de versants.

III - Oueds principaux à crues périodiques.

- Oueds à chenaux anastomosés.
- Limites du lit majeur, correspondant généralement aux limites de crues.
- zones d'épandage de matériel.

IV - Données diverses.

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

3) Données complémentaires.

Comme pour le 1/500 000, un certain nombre de données complémentaires nous ont semblé utiles :

- Roches dures affleurantes ou subaffleurantes.

Ces zones présentent un fort coefficient de ruissellement.

- Champs de lapiez.

Une mention particulière a été faite des secteurs où la roche calcaire, lapiazée est pratiquement à nu. Les cavités de la roche, créées par les lapiez mais colmatées par des résidus argileux peuvent permettre une exploitation forestière, tandis que cette roche fissurée permet une certaine infiltration.

- 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.

Nous reviendrons d'ailleurs sur cette technique dans les problèmes d'aménagement.

- Présence de sel ou de gypse.

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.

- Corniche
- Corniche avec éboulis vifs.

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 boursofflures 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..



ECOULEMENT CONCENTRE.

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)

DOY DES COMPLEMENTAIRES.

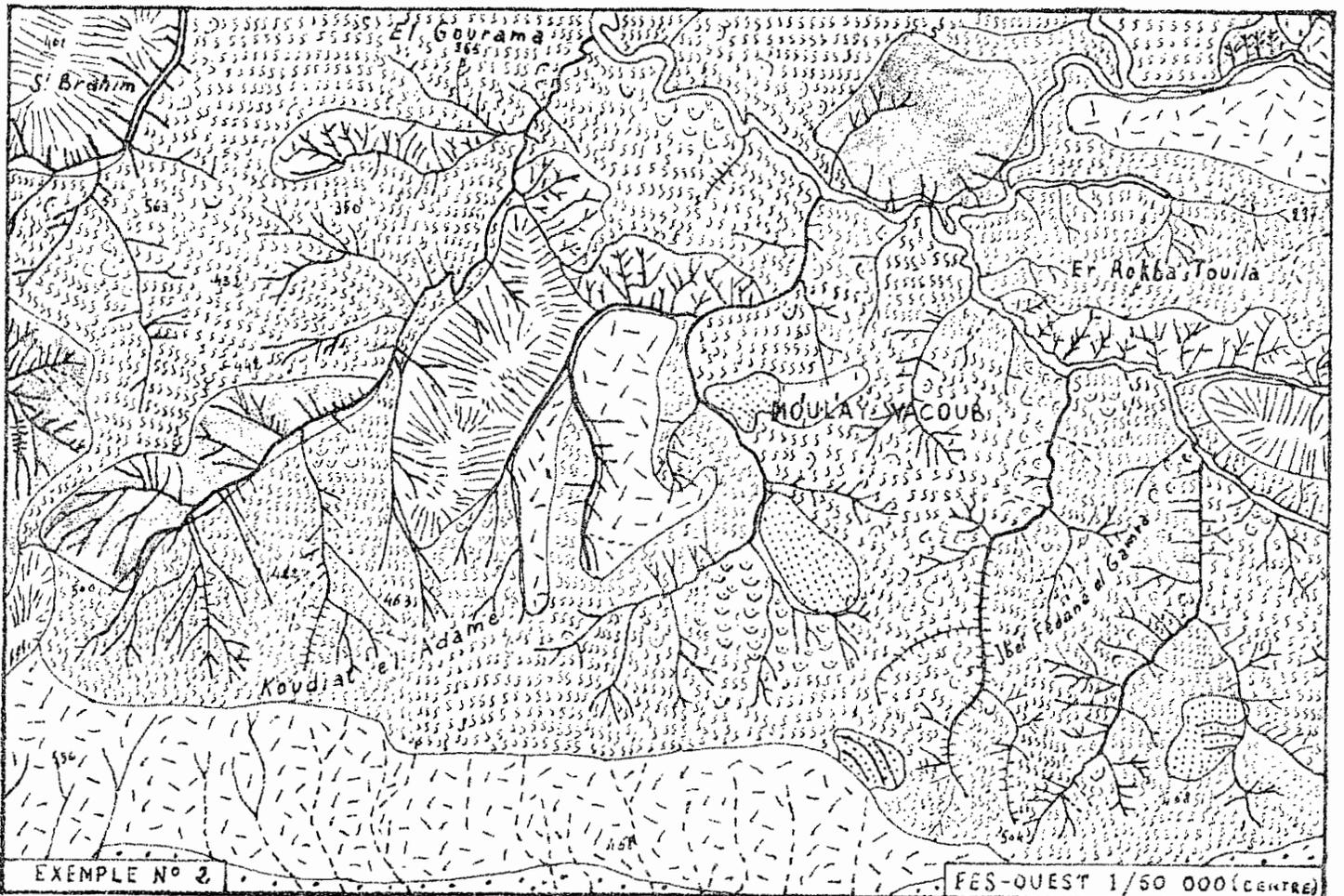
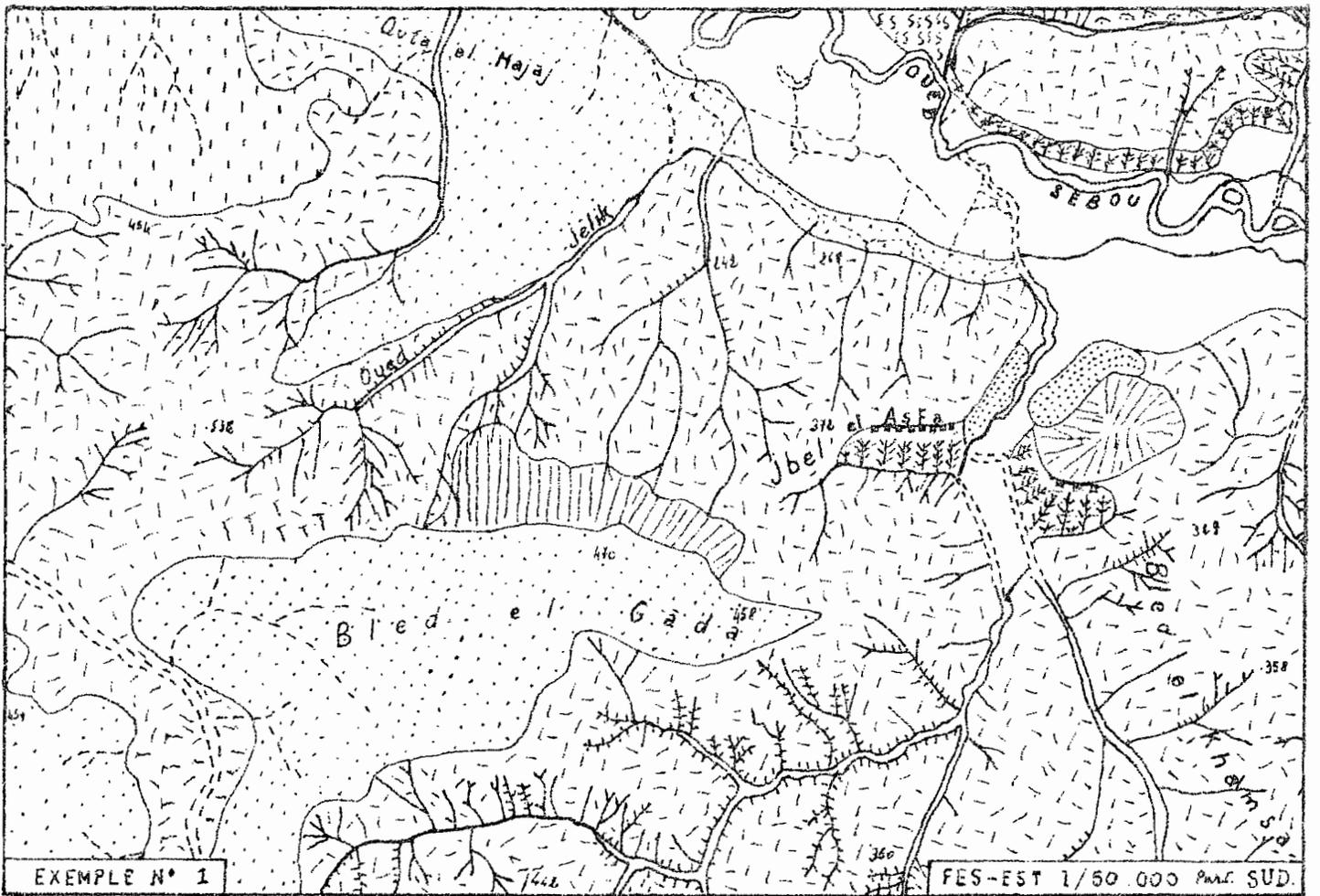
- Secteurs en banquettes

stables



Dégradées





D - Quelques types d'aménagement.

Ces cartes au 1/50 000 n'appellent pas de commentaires en dehors de ce qui a déjà été dit dans la Partie I : Principes et méthodes.

Comme nous le notions précédemment lors de l'étude de la carte au 1/500 000, notre rôle n'est pas d'imposer des remèdes, mais d'étudier les facteurs de l'érosion, et d'en cartographier les types pour renseigner le praticien. Il semble cependant de notre ressort de faire quelques suggestions, tant sur les méthodes actuelles de Défense et Restauration des sols, que sur les principes techniques qui pourraient être envisagés.

Ainsi, avant d'envisager quelques types d'aménagement, il nous faut revenir sur les principes de la technique des terrassements ou "banquettes".

1) Les banquettes.

La technique des banquettes possède de farouches défenseurs, mais aussi de sérieux adversaires. Un certain nombre d'arguments sont avancés de part et d'autre, que l'on peut résumer de la façon suivante :

a - Intérêt des banquettes.

Les arguments généralement avancés par les défenseurs dans les discussions et notes sont :

- Les réseaux de banquettes ont fait leurs preuves dans tous les pays du monde.
- C'est le meilleur moyen de lutter contre l'érosion.
- Parfait ou non, le système de la banquette à l'avantage d'être suffisamment connu pour être mis utilement en pratique.

Ces déclarations de principes sont cependant accompagnées d'arguments plus techniques :

- Les banquettes obligent le fellah à labourer parallèlement aux courbes de niveau.
- Elles luttent efficacement contre le ravinement, particulièrement dans les régions où le tapis végétal est clairsemé,

- ou sur fortes pentes... Elles tronçonnent les ravineaux et ravins ; l'écoulement perd ainsi sa puissance érosive.
- Elles ont l'avantage de donner un complément de revenus par les arbres fruitiers qui peuvent y être implantés.
 - Elles permettent l'exploitation des secteurs entre les bourrelets et évitent ainsi la mise en défens complète, c'est à dire une inutilisation du sol.
 - La souplesse de leur utilisation permet de les adapter à toute sorte de besoins en fonction des conditions : banquettes fruitières, céréalières, forestières (horizontales ou en pente, à profil déversé etc...).

Pour ce qui est de ces différentes techniques nous renvoyons à des ouvrages spécialisés ou à des exposés de programme de réalisation :

- +) SACCARDY M : notes sur le calcul des banquettes de restauration des sols. F.A.O., sous/ commission des questions méditerranéennes, convoquée à Alger le 8 mai 1950.
 - +) QUIQUEREZ F. : Pratiques des travaux de défense des sols dans la région de Fes (1949-1963). Revue de Géographie du Maroc, n°6, 1964.
 - +) DERRO : Rapport préliminaire sur la zone d'attaque Sahéla-Sra Ière partie. FAO et ONMR, Maroc, Juillet 1962, etc...
- Enfin il est un argument d'ordre psychologique non négligeable :

Les banquettes sont parfois installées dans des conditions techniques très défavorables, pour des raisons d'opportunité ou de simple politique locale. L'échec ne doit pas alors faire oublier que les buts psychologiques ont pu être atteints...

En tout état de cause, les défenseurs de ce système reconnaissent que la règle essentielle d'utilisation des banquettes est une exécution très correcte des travaux, suivant des règles bien établies, fonction de la pente et de la nature du sol, et qui commandent l'écartement, la largeur et la pente longitudinale du réseau.

b - Rôle néfaste des banquettes.

Les reproches faits aux banquettes sont de plusieurs ordres :

- Les banquettes sont souvent néfastes à l'équilibre des pentes. Elles rompent la continuité des sols.
- Elles concentrent et conservent localement les eaux, et dans certains cas provoquent des ravinements par débordements.
- Bien souvent, cette concentration d'eau imbibe le sol et favorise les glissements et la solifluxion... Les banquettes sont alors nuisibles car elles découpent le terrain en tranches prêtes à glisser, en détruisant la cohésion.
- L'utilisation de la banquette est possible à l'intérieur de certaines limites et donnent des résultats irréfutables. Mais trop souvent, ces limites ont été dépassées, et la banquette devient un facteur de plus dans les conditions de l'érosion.
- La banquette n'est pas intrinséquement condamnée, mais il faut appliquer ce remède avec discernement.

Cette dernière idée nous semble en définitive la plus fructueuse. Comme toute autre technique, les banquettes ont un rôle important à jouer dans la défense des sols, mais ont leurs limites d'utilisation. Elles ne doivent pas être utilisées dans tous les cas. Ainsi, quelque soit leur forme, elles doivent être exclues des secteurs où agissent la solifluxion ou les glissements : "nous sommes arrivés à admettre à l'usage, après l'expérience vécue au cours de l'hiver 1962-63, que par rapport à la banquette horizontale, la sécurité que devrait apporter la banquette en pente est plus théorique que réelle" (L. MATHIEU, réflexions à propos de quelques observations sur l'érosion dans le Prérif et le Couloir Sud-Rifain ; Revue de Géographie du Maroc, N° 6, 1964). C'est la raison pour laquelle l'utilisation de la banquette dans les terrains marneux du Prérif est très délicate.

Un autre point nous semble important : les banquettes reviennent chères, tant pour leur installation que pour leur entretien. Certaines méthodes, moins coûteuses, sont souvent aussi efficaces.

2 - Les principes de la lutte.

La plupart des travaux de lutte anti-érosive sont relativement coûteux, du moins en regard de la valeur des terres. Ils nécessitent un investissement de capital et un travail de main d'oeuvre importants.

Dans certains cas, ces travaux sont cependant indispensables ; mais très souvent il est possible de lutter contre l'érosion avec de simples précautions dans les méthodes de cultures, ou de petits ouvrages réalisés avec les moyens locaux.

Comme dans l'ensemble du bassin versant du Sebou, la lutte anti-érosive dans le Prérif a deux buts :

- rendre possible l'utilisation du sol pour les cultures sans destruction irrémédiable du sol.
- protéger l'ensemble du bassin en agissant sur des zones particulièrement sensibles et qui fournissent une charge solide ou des eaux de ruissellement importantes.

3 - La défense des zones agricoles.

Dans le Prérif, ce sont des zones où la lutte contre l'érosion peut bien souvent être menée par le fellah, sans grands travaux. Elle est pourtant indispensable et urgente.

Les cartes au 1/50 000 montrent un point commun, qui est la grande extension des phénomènes de décapage, soit simple, soit associé aux rills ou à l'entaille linéaire d'oueds.

Dans le cas du simple décapage, même intense, les cultures en courbes de niveau suffisent généralement ; lorsqu'apparaissent les rills des précautions supplémentaires doivent être prises, en particulier pour ne pas laisser évoluer ces rills vers les ravins. Lorsque le décapage s'accompagne de ravins, et c'est là un phénomène très fréquent dans le Prérif, un aménagement plus important doit être entrepris.

A titre d'exemple, nous reprenons ici l'étude que nous avons faite sur un secteur, mais qui prend une valeur générale. Ce secteur se situe sur la feuille Fes-Est, (partie Sud-Est), le long de la route secondaire Sidi-Harazem Douar el Gada.

Le cadre géologique du secteur considéré est constitué par des marnes bleues Tortoniennes sur lesquelles un conglomérat pliocène est venu se déposer, et qui ont été ensuite vigoureusement entaillées par l'érosion. Le conglomérat, complètement démantelé, ne se retrouve plus qu'en paquets qui ont foiré et qui se sont imbriqués dans les marnes. Il ne joue pas de rôle important dans l'érosion actuelle, en dehors de quelques zones où des paquets foirés arment légèrement le versant.

L'érosion actuelle semble localisée : Au printemps devant un paysage assez verdoyant, l'oeil est attiré par les ravins et leurs griffures bordières qui rompent la monotonie des croupes assez bien dessinées et très régulières. On ne rencontre aucune griffure en dehors de ces entailles linéaires. Les cultures masquent-elles une érosion sur les croupes, ou les ravins sont-ils les seuls endroits où s'exerce une action érosive ?

Pour avoir une meilleure vue des phénomènes, il faut étudier ce paysage à l'automne ; ce sont en effet des observations faites en Novembre qui nous ont permis de comprendre l'évolution et de déterminer la genèse des processus de façonnement.

A la fin de l'été, lors des premières pluies, l'eau arrive sur un sol à nu, desséché. L'infiltration est très faible et le ruissellement en nappe très important. Il est à noter que les craquelures qui s'étaient formées dans ces sols secs se referment rapidement en surface ou du moins n'entravent pas le ruissellement au début de l'averse. Il y a ainsi concentration de l'eau en fonction des ravins, et incision parfois assez profonde (dessin A).

Au bout d'un certain temps cependant, une pellicule superficielle de sol est imbibée, et il se produit sur les croupes un réajustement des particules les unes par rapport aux autres, et un ruissellement diffus, c'est à dire un décapage pouvant d'ailleurs aller jusqu'à la solifluxion pelliculaire.

Sur les bords des ravins par contre, l'entaille a produit une rupture d'équilibre et des décollements s'amorcent. (dessin B) Ces décollements dûs à un angle des talus supérieur à l'angle de frottement interne du matériau remontent le long du versant ; jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre se rétablisse ; ils sont très actifs en fin de pluies, lorsque le sol est imbibé en surface, ce qui réduit la cohésion.

Le paysage est la résultante de cette évolution. Le décapage façonne des croupes amples où il est possible de cultiver sans déclencher une érosion très forte ; ce mode de façonnement est très peu visible au printemps, les cultures masquant ses effets. Par contre les ravins s'incisent un peu plus chaque année. Il serait dangereux de laisser cette évolution se continuer sans aménagements : l'incision des ravins augmentent les pentes, et les décollements deviennent de plus en plus dangereux.

A l'état naturel, la végétation de doum protégeait le sol à la fin de l'été, et le ruissellement était moins important, ce qui avait pour effet de réduire les entailles linéaires, et permettait un équilibre.

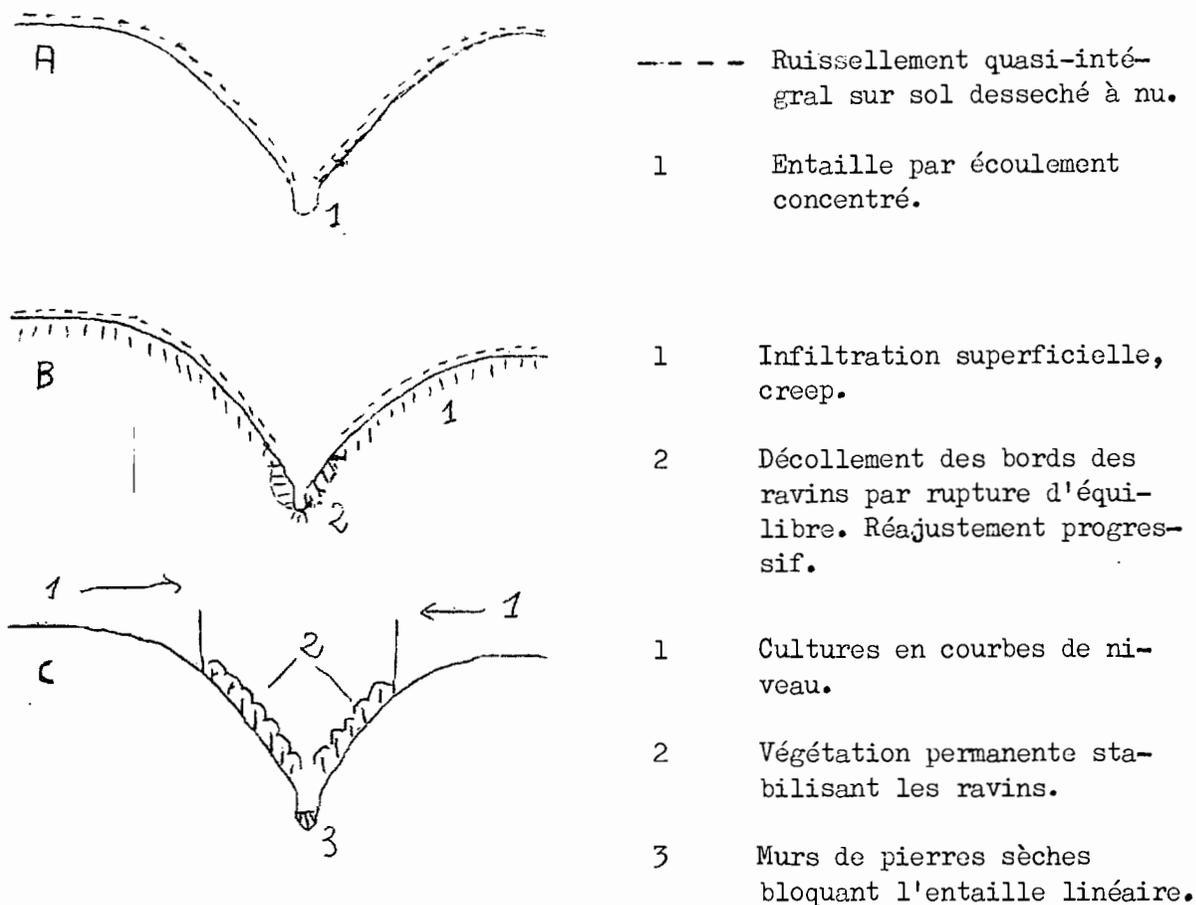
Connaissant les processus de façonnement de cette zone, l'aménagement ne doit pas poser de gros problèmes. Il suffirait de cultiver sur les croupes selon les courbes de niveau et de stabiliser les pentes des ravins par une végétation permanente (doum...), tout en bloquant les entailles par des murs de pierres sèches en travers des ravins. (dessin C). L'essentiel est en fait d'éviter la concentration du ruissellement lors des premières pluies à la fin de l'été.

D'une manière générale, la lutte contre les ravins est très utile dans tout le Prérif. Deux solutions sont possibles

- ou bien installer de nombreux petits ouvrages en pierres sèches, ou de simples clayonnages de doum tressé, dans le fond des ravins, bien adaptés aux formes locales du terrain.

Ces ouvrages brisent la vitesse de l'eau et provoquent une sédimentation immédiate de la charge. Ces attérissements permettent bien souvent des cultures céréalières à meilleur rendement que les croupes voisines (voir Ek C. et Mathieu L. : quelques observations sur les effets des pluies violentes de Janvier 1963 dans le Moyen-Atlas et le Prérif ; Bulletin de la Société Belge d'Etudes Géographiques, Tome XXXII - 1963 N° 2).

Croquis schématiques



- ou bien, dans le cas de ravins plus importants, procéder par étapes ONNIER :

- +) Si besoin est, drainer l'eau exédentaire provenant du haut des versants (canaux ou fossés à pente ni trop faible, ni trop forte), il faut prévoir des exutoires qui ne risquent pas de se transformer en ravins.
- +) essayer de trouver sur le ravin vers l'aval, un appui solide permettant d'asseoir un ouvrage stable d'assez grande taille (3 à 8 m de hauteur).
- +) attendre que cet ouvrage soit "atterri" et qu'il s'établisse un nouveau profil en long, plus faibles que le profil original.

+) Lorsque ce nouveau profil est acquis, asseoir un deuxième ouvrage à l'amont. On peut ainsi progresser de proche en proche vers l'amont. Au total la correction complète peut durer un certain nombre d'années.

La plupart du temps, les banquettes ne seront plus indispensables sur les croupes, après une telle correction.

4 - Les travaux entrant dans un programme général.

La lutte anti-érosive dans les secteurs déjà fortement atteints (érosion généralisée, bad-lands) prend un autre aspect et est indispensable à l'échelle du bassin-versant. Elle nécessite un plan d'ensemble.

Les cartes au 1/50 000 délimitent ces zones avec plus de précision que la carte générale, mais les problèmes de lutte qu'elles posent sont identiques à ceux qui ont déjà été exposés dans la partie II. Il ne nous semble donc pas utile d'y revenir ici.

F- Notices particulières à chaque feuille

Situation des feuilles au 1/50 000 réalisées.



- | | |
|---------------------------|--------------------|
| 1 - HAD KOURT | 7 - FES - OUEST |
| 2 - KHENICHET sur QUERRHA | 8 - FES - EST |
| 3 - EL KANSERA | 9 - MATMATA |
| 4 - BATAILLE | 10 - TAHALA |
| 5 - PETIT-JEAN M. IDRIS | 11 - TAZA |
| 6 - BENNI AMAR | 12 - AIN EL BEHIRA |

F. 1 : Feuille HAD - KOURT

Fond I.G.N. NI - 30 - XIII - 3 b.

A la limite du Haut-Rharb Central et du Prérif, la feuille HAD-KOURT présente des caractères propres à chacune de ces unités :

- sur les collines de marnes miocènes, l'érosion par décapage de type Prérif est très importante.
- sur les lambeaux de cailloutis villafranchiens, elle est peu intense.
- Les massifs montagneux (éocène et oligocène) du Nord de la feuille marquent l'apparition du ruissellement en nappe décapante.

Cette région a subi une série d'ondulations tectoniques et une évolution morphologique complexe (voir LE COZ, Le Rharb, Fellahs et Colons, partie I, p. 63 - 70).

1 - Les cailloutis et sables villafranchiens.

L'érosion actuelle ne mord pas les zones armées par ces cailloutis ; le lent décapage ou même l'absence d'érosion les caractérisent. Localement, quelques paquets peuvent s'ébouler par suite de sapements le long des berges des oueds.

La disposition du Jbel Es Sila offre une particularité qui mérite d'être notée : le revers de cette cuesta très accusée (200 m. d'altitude relative de son front) est constitué par des sables du Villafranchien et du Mio-pliocène gréseux. Il en résulte une allure dunaire certainement en relation avec une orientation perpendiculaire aux vents principaux : une ancienne forêt de chênes-lièges a occupé cette surface. LE COZ (op. cité) a très bien défini cette zone "les sols et la végétation font du Jbel Es Sila une sorte de Mamora perchée et dégradée".

2 - Les marnes

Les sols sur marnes, classés dans la catégorie des tirs de coteaux, sont de couleur noire tirant parfois sur le marron. Si le décapage et la solifluxion pelliculaire sont très intenses, il y a lieu de remarquer que la solifluxion par boursoufflures et griffures n'existe pas et que les rills sont très rares.

La solifluxion est en effet limitée à des conditions topographiques particulières telles que le réajustement par glissements le long de l'entaille des oueds (immédiatement à l'Ouest d'AIN DEFALI par exemple). Cette absence de solifluxion s'explique pour plusieurs raisons : En dehors de l'insuffisance des pentes et d'une pluviosité modeste (700 à 800 mm) dont parle LE COZ et qui ne nous semblent pas des arguments suffisants, nous retiendrons :

- une lithologie moins favorable : les marnes sont ici relativement sableuses.
- une dessiccation de l'air et du sol moins importante que dans les régions plus continentales du Prérif.

De dernier phénomène a une grande importance, tant pour la solifluxion que pour les rills : les fentes de retrait qui affectent ces tirs ne sont jamais très profondes : elles disparaissent aux premières pluies, tandis que les tirs se gonflent en surface. Les entailles sont bloquées par ce gonflement qui s'accompagne d'une imperméabilisation du sol en profondeur, tandis que la solifluxion ne peut être que superficielle.

On voit toute l'importance de ces phénomènes sur versants cultivés : les labours augmentent l'épaisseur de la couche affectée, et rompent un équilibre qui s'était installé à l'état naturel.

Enfin dans la partie Sud de la feuille, des affleurements salifères permettent une érosion plus importante par glissement et tassements.

3 - Les massifs du Nord de la feuille.

Ces massifs font partie de l'extrémité du Rif (pays d'Ouezzane). Dès qu'ils sont défrichés, un ruissellement en nappe décapante s'installe, et à notre avis, doivent fournir une charge assez importante aux oueds.

F. 2 : Feuille K H E N I C H E T sur O U E R R H A

Fond I.G.N. NI-30 -XIII -1 d.

L'originalité de la feuille KHENICHET sur OUERRHA est d'être située immédiatement en amont du confluent des oueds SEBOU et OUERRHA. Elle chevauche en outre l'extrémité du Prérif et le début de la cuvette du Rharb, ce qui oblige à considérer deux éléments :

- Les terrasses des oueds et la plaine inondable.
- Les collines prériefaines.

1 - Les terrasses et la plaine inondable.

Comme l'indique LE COZ, "les vallées du Sebou et de l'Ouerrha présentent, dans les vingt kilomètres qui précèdent leur entrée dans le Rharb des aspects très différents".

La vallée du Sebou est constituée par une série de bassins et de retrécissements, et est sous la dépendance d'une tectonique récente, tandis que l'Ouerrha est une "gaine alluviale" bien calibrée, ou s'étagent les terrasses quaternaires.

Un point commun les réunit cependant : l'extension de la zone inondable lorsque les oueds sont en crues. Mais ces crues s'accompagnent de divagations importantes du lit mineur de l'Ouerrha qui change continuellement de cours, alors que le Sebou se déplace beaucoup moins.

A l'entrée dans la cuvette, les débordements des deux oueds se rejoignent lors des grandes crues, et peuvent former une nappe continue qui submerge tout et s'étale assez loin vers le Sud. (Pour la description des terrasses, nous renvoyons à LE COZ, op. cité, p. 73 à 77).

Le sapement des berges, très important sur l'Ouerrha et non négligeable sur le Sebou, est une des caractéristiques de ces oueds à leur entrée dans la plaine.

2 - Les collines

Trois ensembles apparaissent, délimités par les deux oueds :

a) Au Nord de l'Ouerrha, les collines sont le prolongement de celles décrites sur la feuille HAD-KOURT, avec cependant une grande extension des lambeaux de cailloutis villafranchiens. Les versants des entailles assez profondes dues aux oueds débouchant perpendiculairement à l'Ouerrha et "rattrapant" le niveau de base constitué par cet oued sont le siège d'une érosion importante, liée tant à la pente qu'aux affleurements salifères (solifluxion avec griffures).

b) Les collines entre l'Ouerrha et le Sebou ont une topographie confuse, où s'associent divers types d'érosion allant du lent décapage aux bad-lands. Le sel y est partout important, et les diapirs expliquent le bossellement et les nombreuses dolines et entonnoirs. Le JBEL JMANA qui domine cette zone et surplombe directement la vallée du Sebou est une crête de grès oligocène. Son orientation favorise les bad-lands sur le versant tourné vers le Sud.

c) Les collines au Sud du Sebou, dominées par le JBEL HARICHA qui marque l'extrémité du Prérif vers la plaine, et par le Jbel TSELFAT (sur la feuille PETITJEAN - MOULAY IDRIS) sont elles aussi assez confuses, mais marquent l'apparition des rills importants, associés à un décapage très intense, qui passe localement à une solifluxion par boursoufflures, tandis que les bords des ravins, généralement bien incisés, offrent une série de décollements. Nous entrons dans le domaine de l'érosion du Prérif, telle que nous l'avons définie plus haut.

F. 3 Feuille EL K A N S E R A

Fond I.G.N. NI - 30 - XIII - 1 a.

La feuille EL KANSERA peut se diviser en quatre zones :

- Au Nord, la plaine du Rharb
- Au Sud, les collines prérimaires
- A l'Ouest la bordure de la Mamora
- Du Sud au Nord, la vallée de l'Oued Beth.

1 - Les collines prérimaires.

Entre le Jbel BOU DRAA, prolongé par le jbel KAFS à l'Est, la ride d'El Kansera et la vallée de l'Oued Beth à l'Ouest, s'étend une zone de collines d'altitudes variées, seulement interrompue par une cuvette assez importante (EL HAUDH).

Si, dans cette dépression, l'érosion est peu intense (lent décapage), les collines par contre subissent une série de phénomènes variés et importants. Grossièrement, à l'Est de la route Meknès-Sidi-Slimane, il s'agit surtout d'une érosion par ruissellement en nappe décapante, sur le flanc Ouest du Jbel BOU DRAA.

A l'Ouest de cette route, le décapage intense domine sur les versants tournés vers le Nord, tandis que les bad-lands apparaissent sur ceux qui regardent vers le Sud (voir plus loin, feuille BATAILLE). Toute cette zone subit une érosion importante.

Au Sud de la feuille, et sur les versants tournés vers le Nord, nous avons cartographié des secteurs de solifluxion par boursoflures. Il semble que cette solifluxion soit pour une bonne part héritée, et pas totalement actuelle, et que c'est plutôt une solifluxion pelliculaire qui commande l'évolution présente. Cependant, ces boursoflures sont très marquées dans le paysage, et limitent l'emploi d'engins mécanisés.

2 - L'Ouest de la feuille.

La rive gauche de l'Oued Beth marque le début de la Mamora ; le mélange de marnes et de sable en bordure de la vallée de l'Oued Beth et les entailles assez profondes des oueds affluents favorisent un décapage intense avec apparition de rills, tandis que plus à l'Ouest, les sables proprement dits ne subissent pas d'érosion lorsqu'ils sont couverts par la forêt de la Mamora.

3 - La vallée de l'Oued Beth.

Depuis la construction du barrage d'El Kansera (1936) l'oued Beth n'a plus de crues dévastatrices, et le fond de la vallée permet une exploitation intensive (agrumes etc...) sur les terrasses. Un lit majeur assez large, bien calibré, permet l'évacuation des eaux, lorsque le barrage est plein. Par contre les affluents en aval du barrage s'incisent, et de nombreux ravins se forment (en particulier autour de DAR BEL HAMRI).

4 - Le Nord de la feuille.

La moitié Nord de la feuille est constituée par le rebord de la plaine du Rharb. Cette zone de piedmont très étalé, à pente très faible, ne subit pas d'érosion notable en dehors d'épanchages et de quelques ravins provenant directement des collines pré-rifaines. Ces phénomènes se localisent sur la bordure de cette zone et s'arrêtent très vite.

F. 4 : Feuille B A T A I L L E

Fond I.G.N. NI - 30 - VII - 3c.

La feuille BATAILLE qui se situe à l'extrémité Ouest du Plateau de Meknès, est traversée du Sud au Nord par l'oued Beth, et assure la liaison entre ce Plateau et le Pays Zemmour (début des sables de la Mamora).

Plusieurs remarques peuvent être faites sur cette carte :

1 - L'opposition des versants.

Le phénomène le plus remarquable est sans conteste l'opposition des processus en fonction de l'orientation des versants.

Les versants tournés vers le Nord subissent un décapage intense alors que ceux qui regardent vers le Sud forment de véritables bad-lands. Cette opposition se retrouve jusque dans les moindres vallons.

Elle est encore plus marquée dans la région des Ait ATMANE (série des jbelles sur la rive gauche de l'oued Kell). Le sommet des croupes est affecté par un lent décapage, ou parfois par un décapage intense ; le versant tourné vers le Nord est le siège de la solifluxion par boursoufflures bien que celles-ci ne soient pas très développées ; au contraire le versant tourné vers le Sud possède des bad-lands incipients ou des vrais bad-lands.

2 - Les rills.

Le décapage intense, dans la partie droite de la feuille, s'accompagne de rills. Ce phénomène est en effet très généralisé, et à mettre en relation avec ce que nous venons de décrire pour l'opposition des versants.

La région couverte par la feuille Bataille est une zone de transition où s'affrontent les influences océaniques et continentales. Le ruissellement est très sensible aux faibles variations tant climatiques que lithologiques : alternance de sécheresse et d'averses violentes, marnes avec nombreuses passées sableuses....

3 - Quelques influences lithologiques.

En dehors des conditions générales définies par ailleurs pour l'ensemble du Prérif, deux influences lithologiques particulières peuvent être mises en lumière sur cette feuille :

+) Dans le Nord-Est de la feuille (Nord des AIT MECZAR) un certain nombre de vallons ont une disposition différente de ceux du reste de la feuille : les flancs des collines descendent régulièrement en pente relativement douce vers le fond des vallons, puis, vers le milieu du versant apparaît une brusque rupture de pente. La partie inférieure du versant est ainsi en pente beaucoup plus raide. Le fond du vallon au contraire est très plat et parfois assez large. L'entaille de l'oued actuel n'est jamais très importante. Cette disposition générale des vallons est héritée, mais est due à la présence de bancs gréseux, réguliers, à une certaine profondeur, et qui arment le bord inférieur des vallons.

A l'état naturel, ces secteurs à pente plus forte sont couverts de palmier nain ; l'érosion y est insignifiante, tandis que les cultures s'arrêtent à la rupture de pente.

Par contre, dès que le palmier nain a été défriché, des ravineaux et ravins apparaissent.

+) L'érosion dans le Sud-Ouest de la feuille n'est pas très intense, mais est influencée par la présence du sel et du gypse provenant d'affleurements étendus de permo-trias. De part et d'autre de l'oued Beth, apparaissent des entonnoirs de dissolution (formant des marécages et dayas), tandis que les effets du sel (glaçage de la couche superficielle..) rendent inculte une grande partie des terrasses. Les versants des AIT SLIMANE et AIT HALLI sont très sensibles au ruissellement dès qu'ils sont défrichés.

F. 5 : Feuille PETITJEAN - MOULAY - IDRIS S

Fond I.G.N. NI - 30 - VIII - 1 b.

La feuille PETITJEAN - MOULAY - IDRIS correspond à une zone enfermée à l'Ouest et à l'Est entre deux rides : à l'Ouest, le Jbel BOU DRAA relayé par le Jbel KAPS, à l'Est le Jbel TSELFAT se prolongeant pour rejoindre le ZEHROUN. Cette zone centrale peut elle-même se diviser en deux parties : les collines marneuses (CHERARDA et GUEROUANE du Nord) et le plateau du Bled EL GADA.

1 - Les rides

(Pour la description géologique et morphologique, voir LE COZ op. cité, p 77 - 83).

L'érosion y est peu intense, il faut noter cependant l'extension des dalles calcaires à nu, où le ruissellement est quasi-intégral, et les surfaces lapiazées. Le reste de ces zones est assez bien protégé par une végétation naturelle plus ou moins dense, ou par des olivettes (souvent aménagées en terrasses). Seule la partie Nord du Jbel BOU DRAA est très affectée par l'érosion.

Le flanc Sud - Sud ouest est à nu, strié par une série de ravins parallèles et près les uns des autres, alors que le ruissellement en nappe décape complètement les espaces entre ces ravins. Le flanc tourné vers le Rharb et dominant Sidi-Kacem possède quelques ravins très incisés, mais à fait l'objet d'un certain nombre de périmètres de plantations qui semblent très utiles et efficaces (en dehors du micro-climat ainsi créé sur le rebord de la cuvette du Rharb).

2 - Le Bled EL GADA.

Le plateau d'EL GADA qui est le reste d'un synclinal que l'érosion a perché au-dessus des oueds RDOM et KROUMANE est constitué par des dépôts de couverture caillouteux, encroûtés. Zone relativement plane, l'érosion y est peu importante, bien que le lent décapage ait fait apparaître localement la croûte.

Sa bordure, très bien dessinée et jalonnée d'une ligne de sources, favorise par place le foirage de la marne sous-jacente ; ce phénomène ne peut cependant pas être représenté au 1/50 000.

3 - Les collines.

Sous le Bled EL GADA et entre les rides, une zone de collines marneuses permet une érosion importante : Si le décapage intense, avec incision des ravins et parfois décollements des bords de ces ravins est le phénomène le plus répandu, des secteurs de solifluxion apparaissent (boursofflures, mais aussi quelques griffures), soit en exposition Nord, soit de part et d'autre des vallons lorsque les pentes s'accroissent, ou au contact des sources.

Une autre particularité se manifeste, bien visible de chaque côté de la route qui mène du col du Zegotta à Sidi-Kacem. L'installation des douars sur les sommets des collines a entraîné une mise à nu du sol tout autour de ces douars, et des ravins se sont formés à partir de ces douars, entaillant et striant profondément les versants.

F 6 : Feuille B E N I - A M M A R

Fond I.G.N. NI - 30 - XIII - 2 a.

La feuille BENI-AMMAR est constituée de deux secteurs principaux :

- Les collines pré-rifaines
- Le Jbel Zerhoun.

1 - Les collines.

Les basses vallées des oueds ZEGOTTA et MIKES, assez larges, avec des versants formés par des glacis en pente douce relayés par des terrasses quaternaires, ne subissent qu'une érosion par lent décapage, mais sont affectées par l'entaille linéaire de nombreux petits ravins. Leur exploitation pose ainsi des problèmes de franchissement de ces ravins.

Les collines constituant les trois-quarts Nord de la feuille sont typiques du Prérif. L'érosion y semble fort complexe dans le détail, mais s'explique très bien par le schéma général déjà décrit. :

- décapage intense avec ravins et décollements de leurs bords dans les marnes (tortoniennes).
- Ruissellement en nappe décapante sur les marnes blanches et marno-calcaires (éocène et oligocène).
- Solifluxion dans des conditions locales (pentes plus fortes matériel plus argileux, arrivée de sources...).

A l'Est de la feuille (dans sa partie centrale) d'autres conditions (collines allongées Est-Ouest, présence de sel...) permettent de retrouver le schéma des feuilles BATAILLE et EL KANSERA.

- Ead-lands sur le versant tourné vers le Sud.
- Solifluxion sur celui regardant vers le Nord.

Mais les phénomènes prennent ici une plus grande ampleur, et l'érosion est très importante.

2 - Le Zehroun.

La ride du Zerhoun qui occupe le coin Sud-Ouest de la feuille se présente comme un secteur d'érosion peu intense par rapport aux collines voisines. Dans le détail, cette érosion est néanmoins complexe, et il est possible de distinguer plusieurs secteurs :

- Au Sud-Ouest, le Jbel Zehroun proprement dit représente le type même de l'érosion insignifiante sous végétation permanente : olivettes en terrasses, dépôts de pente stabilisés ; les périmètres de reboisement qui ont été installés ne posent pas de problèmes.

- La partie centrale, formée de barres rocheuses et de cuvettes est plus attaquée : marnes et calcaires tendres subissent soit un décapage intense, soit un ruissellement en nappe décapante, en fonction des conditions topographiques.

- La zone Nord enfin, qui suit l'axe KERMEETS - BENI-AMMAR - TALERZHA - EL AMMA présente un paysage particulièrement pittoresque : une série de dômes de mollasse séparés les uns des autres par des vallées profondes et étroites. Les dômes sont eux-mêmes constitués par une série de couches à la manière d'assiettes de taille différente qui auraient été empilées à l'envers, la plus large étant à la base et la plus petite au sommet. Les ressauts formés par le passage d'une couche à une autre sont soulignés par une ligne de végétation tandis que les dômes sont à nu, et fournissent ainsi un ruissellement intégral. Cette zone est entourée d'un secteur d'érosion assez faible, sous végétation, bien que le ruissellement y soit localement important.

F 7 : Feuille F E S - O U E S T

Fond I.G.N. NI - 30 - MIII - 2 b.

La feuille FES-OUEST touche dans sa partie Sud à la plaine du SAIS. Le reste de la feuille fait partie des collines pré-rifaines, avec à l'Est, le flanc Ouest de la ride du Jbel ZALARH.

1 - La plaine du Saïs.

La plaine du Saïs ne présente pas ici de traces d'érosion importante. Lorsque les vallons s'encaissent, un lent décapage intervient, mais difficilement représentable au 1/50 000. Par contre, le piedmont du Jbel TRHAT et toute la bordure de la plaine subit un décapage plus ou moins intense, allant, sous le Douar Sidi BENNOUR, jusqu'à l'apparition de rills.

Le secteur de la plaine du Saïs compris sur cette feuille correspond à une zone de subsidence (peut-être encore actuelle) et la cuvette centrale collecte une partie des eaux (Merja DOUYET).

L'oued FES ayant été canalisé, ses épandages et divagations dans la plaine ont été réduits, et se limitent à une étroite bande le long de son cours.

2 - Les collines.

Les collines présentent au contraire une érosion importante : en dehors de la cuvette formée par le Bled BEN YETTO (décapage intense) cette zone est caractérisée par l'extension des phénomènes de solifluxion par boursoflures et griffures. La région de MOULAY YACOUB est particulièrement menacée et l'entaille des ravins se combine à cette solifluxion pour donner par endroits un paysage d'érosion généralisée.

Nous avons donné page 12 (exemple 2) une coupure de cette feuille (région de MOULAY YACOUB). Nous pouvons faire une constatation :

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 ?

Ne vaudrait-il pas mieux de revoir la conception de ces travaux ?

F 8 : Feuille F E S - E S T

Fond I.G.N. NI - 30 - XIV - 1 a.

La feuille FES-EST constitue un ensemble particulièrement érodé.

Il est possible de distinguer schématiquement trois zones en dehors de la vallée du Sebou à laquelle il convient d'associer celles de l'Inaouen et du Lebene.

1 - La partie Sud de la carte.

Cette zone, limitée par la rive gauche du Sebou et la ville de FES, se compose de deux secteurs assez différents. Il s'agit d'une part de l'extrémité de la plaine du Saïs, avec toutefois des vallonnements plus importants que sur la feuille FES-Ouest. Le long de l'oued Bou Fekrane, le décapage intense prend même la place du lent décapage et des rills peuvent apparaître localement. La seconde unité de cette zone est constituée par la dépression qui s'étend sous le Douar El Gâda. Ce paysage a déjà été décrit et a servi d'exemple lors de la présentation générale (p. 17 à 20).

2 - La partie Ouest de la feuille.

Cette zone limitée au Sud par la ville de FES et à l'Est par le Sebou, comprend le Jbel ZALARH et ses bordures. En dehors des zones couvertes de végétation permanente et relativement stables lorsqu'elles ne sont pas en voie de défrichement, elle s'apparente à l'érosion décrite sur la feuille FES-Ouest, c'est à dire que la solifluxion par boursouflures y est très importante, avec toutefois une plus grande extension du ruissellement en nappe décapante, certainement liée à des différences lithologiques.

De manière générale, il faut remarquer l'importance de l'incision des ravins.

3 - La partie Est de la Carte.

La zone qui s'étend sur la rive droite du Sebou montre une érosion complexe ; cette zone est cependant loin d'être homogène. Il est possible de dégager en gros un quadrilatère dont l'axe serait Nord-Ouest Sud-Ouest et dont le flanc sud du Jbel BOU RDIM serait

l'un des côtés. L'érosion n'est pas importante dans ce secteur, sauf au Sud du Jbel BOU RFAA où apparaissent des ravins assez profonds et un décapage intense.

Le reste de cette zone par contre est très attaqué : solifluxion ancienne et récente avec griffures et coulées boueuses, ravinements et bad-lands se partagent le terrain. On pourra voir à ce sujet la présentation de secteurs de cette zone, lors de l'excursion des journées sur l'érosion des sols qui se sont tenues à FES (dans la Revue de Géographie du Maroc, n° 6, 1964, p. 112 à 116).

4 - Les vallées.

Les vallées du Sebou, de l'Inaouen et du Lebne occupent une place importante dans cette carte. Leurs fonds, souvent assez larges, sont régulièrement submergés par les inondations. Le lit mineur se déplace par recouplement de méandres, ou diyague à l'intérieur du lit majeur. Les versants qui les bordent sont souvent façonnés en bad-lands ; sapés à leur pied par l'oued^{ils}, doivent fournir une quantité importante de matériel.

Qu'il nous soit permis enfin de noter ici un point de détail mais qui a son importance : au "Pont du Sebou", à l'Est de la Station de Sidi Harazem, une puissante digue curieusement placée en travers de la vallée a peut-être le mérite de protéger la route et la voie de chemin de fer, mais en renvoyant tout le courant contre le versant droit a aussi le triste privilège de venir saper un ancien cône d'un affluent où est installé un douar (Douar El Mesdoura), ainsi qu'un grand bad-lands légèrement plus en aval. Chaque année la berge où est installée ce douar recule de quelques mètres, et quelques maisons sont emportées... Un aménagement plus rationnel aurait permis de protéger la route et le douar, en évitant par exemple le coude à angle droit imposé à l'oued.

F. 9 : Feuille M A T M A T A

Fond I.G.N. NI - 30 - XIV - 1 b.

La feuille MATMATA est séparée en son milieu par l'oued Inaouen qui coule Est-Ouest. Les deux parties ainsi délimitées sont assez différentes : la partie Nord est constituée par les collines pré-rifaines, alors que la partie Sud correspond à un étranglement du couloir sud rifain et forme une sorte de piedmont avancé du Moyen-Atlas et du Tazzeka.

1 - Les collines du Nord.

Les collines du Nord ne présentent pas de caractères originaux par rapport à ce que nous avons décrit précédemment pour les autres feuilles. Le décapage intense est très étendu, les ravins sont généralement bien incisés, la solifluxion apparaît par place. Le ruissellement en nappe décapante se fait cependant plus important, en liaison avec un changement dans la lithologie, à savoir une plus grande extension des formations marno-gréseuses et marno-calcaires.

De nombreux bad-lands attaquent le versant de la rive gauche de l'oued Inaouen (là encore en exposition sud). L'oued possède une zone inondable assez étendue, mais aussi de hautes terrasses insubmersibles.

2 - Le sud de l'Inaouen

Les types d'érosion sont pratiquement les mêmes que dans la partie Nord, mais les zones sont beaucoup plus homogènes, et ont tendance à s'orienter en bandes Nord-Sud, en fonction de l'entaille des oueds.

Cette disposition doit beaucoup à la lithologie, puisque les sommets des croupes entre les oueds sont souvent recouverts de lambeaux de cailloutis villafranchiens, et que les marnes sous-jacentes n'apparaissent que lorsque ces restes de cailloutis sont démantelés.

Enfin, une bande de solifluxion par boursoufflures borde le versant Sud de l'Inaouen, au centre de la feuille.

F. 10 : Feuille TAHALA

Fond I.G.N. NI - 30 - XIV-2 a

F. 11 : Feuille TAZA

Fond I.G.N. NI - 30 - XIV -2 b

Les feuilles TAHALA et TAZA peuvent être regroupées, par suite de leur situation par rapport aux unités géographiques ; les problèmes sont identiques sur l'une et l'autre carte.

Trois unités apparaissent :

- La vallée de l'Inaouen qui part du coin Nord-Est de la feuille TAZA, et qui traverse les deux cartes selon une droite pour en sortir au centre de la partie Ouest de la feuille TAHALA.

- Cette vallée délimite au Nord un triangle rectangle constitué par les collines prérimfaines, tandis que la partie Sud, c'est à dire la plus grande partie des deux cartes est formée par le Jbel TAZZEKA et ses bordures.

1 - Les collines prérimfaines.

Le ruissellement en nappe décapante qui devenait important sur la feuille MATMATA occupe ici une plus grande place encore. Les secteurs ainsi affectés forment cependant des taches homogènes, en liaison directe avec une lithologie à base de marno-grès, marno-calcaires et marnes blanches (éocène).

Un autre phénomène intervient, qui n'a pu être représenté au 1/50 000. De nombreux versants. montrent la disposition suivante :

- Un ruissellement en nappe décapante au sommet des collines.
- Une bande de décapage plus ou moins large vers le milieu du versant,
- Une solifluxion par boursoufflures avec parfois des griffures dans la partie inférieure.

Certains secteurs enfin sont très affectés par la solifluxion, alors que les ravins sont très incisés. Ces zones fournissent évidemment une charge importante aux oueds.

2 - Le TAZZEKA

Formant l'extrémité septentrionale du Moyen-Atlas qui vient buter contre le domaine rifain (au col du TOUHAR), le TAZZEKA se présente comme une boutonnière de schistes (du socle primaire), entourée de calcaires (jurassiques).

Deux secteurs d'érosion sont ainsi à considérer, selon que l'on se trouve sur les schistes ou sur des dépôts épais recouvrant les calcaires d'une part, ou sur les calcaires d'autre part.

- La zone des schistes est un secteur typique de l'érosion anthropique : elle est couverte de belles forêts à l'état naturel, et peu érodée : par contre, dès qu'un secteur a été défriché, cette clairière devient le siège d'un ruissellement en nappe décapante qui très vite ouvre des ravins. Notre représentation cartographique rend bien compte de ce phénomène, en faisant apparaître une zone d'érosion insignifiante sous végétation, constellée de petites taches d'érosion importante (correspondant aux clairières défrichées).

- Seules les parties Nord et Est de la bordure du Tazzeka entrent dans le bassin du Sebou. Au Nord cette bordure est constituée par des dalles calcaires s'inclinant régulièrement du Sud vers le Nord pour rejoindre la vallée de l'Inaouen. Ces surfaces sont profondément entaillées par des oueds en gorges. La dalle est pratiquement à nu, ce qui permet un ruissellement très important.

À l'Est, le même système de dalle parfois recouverte d'un sol squelettique descend vers Taza et l'Inaouen, tandis que le Jbel MESSAOUD, lapiazé, fissuré et sans doute plus perméable, surplombe la Daïa CHIKER. Cette daïa a fait l'objet d'une excellente étude de MM. EK C. et MATHIEU L. à laquelle nous renvoyons (La Daïa Chiker, étude géomorphologique ; Annales de la Société Géologique de Belgique, t. 87, 1963-64, Bull. n° 1 à 5, Juin 1964).

3 - La vallée de l'Inaouen

La vallée de l'Inaouen est coupée en deux par la gorge du Touhar. Il ne semble pas qu'une charge solide importante franchisse cette gorge. Le bassin de Taza se trouve ainsi plus ou moins isolé du reste du bassin du Sebou. Mais c'est une eau claire qui sort de cette gorge, c'est à dire prête à reprendre du matériel, d'autant plus que les oueds de la rive droite, descendant directement des collines pré-rifaines, sont souvent très chargés en particules fines et moyennes.

La vallée assez large, possède une zone inondable localement étendue.

F. 12 : Feuille A I N E L B E H I R A

Fond I.G.N. NI - 30 - XV - 1 a.

La feuille Aïn el Behira n'entre pas complètement dans le bassin du Sebou, puisque seul le tiers Nord-Ouest fait partie de ce bassin.

A la limite Est du Bassin, et au delà de TAZA, cette feuille offre la particularité de montrer en raccourci le passage des conditions sub-humides à des conditions semi-arides.

La solifluxion et le décapage avec apparition de rills se manifestent encore dans le coin Nord-Ouest, en bordure du Prérif, tandis que le ruissellement de type semi-aride apparait au droit d'Aïn el Behira. Le paysage change complètement. Les interfluves sont décapés par ce ruissellement en nappe colmatante, alors que les oueds sont très incisés et que leurs berges, parfois très hautes, sont transformées en véritables bad-lands. Le fond de la vallée est généralement assez large, mais parfois aussi en cañon.

Nous sommes ici dans un autre domaine, qui se rattache à celui décrit par A. PUJOS : Les érosions dans le Bassin de la MOULOUYA. (Sogetim et Ministère de l'Agriculture, Administration des Eaux et Forêts).

Pour plus de précisions nous renvoyons à cette importante étude.

Enfin la bordure du TAZZEKA, jalonnée de sources et très peuplée, constitue une zone de faible érosion, en partie due à la résistance des travertins anciens, qui permettent par ailleurs une économie basée sur l'arboriculture. Le bled AZARHAR par contre subit un décapage plus ou moins intense lorsqu'il est mis en culture.