

ECOLE NATIONALE DES CADRES RURAUX

Section des Eaux et Forêts

ELEMENTS
de
CONSERVATION DES SOLS
et de
LUTTE CONTRE L'EROSION



REPUBLIQUE DU SENEGAL

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT
TECHNIQUE ET PROFESSIONNEL
ET DE LA FORMATION DES CADRES

ECOLE NATIONALE
DES
CADRES RURAUX

ELEMENTS
DE
CONSERVATION DES SOLS
ET DE
LUTTE CONTRE L'EROSION

par Mr Roger FAUCK
Directeur du Centre de Recherches
Pédologiques de HANN-DAKAR

Juin 1964

COURS DE CONSERVATION DES SOLS ET DE LUTTE CONTRE L'EROSION

par

R. FAUCK

Directeur du CENTRE DE RECHERCHES PEDOLOGIQUES DE HANN-DAKAR

I.- GENERALITES.

Le sol support des cultures est le bien/^{le plus}précieux que possède l'humanité.

C'est lorsque l'homme a réussi à passer du stade de la cueillette à celui de l'agriculture fixée qu'ont pu se développer les civilisations, dont certaines, dans le passé, ont été très brillantes. Mais en développant l'utilisation des terres les hommes ont parfois gaspillé cette source de production vivrière, essentielle pour leur vie; et il en est résulté de véritables disparitions de civilisations.

Ainsi, l'objet de ce cours sera-t-il d'étudier d'abord les causes de la dégradation des sols, surtout le facteur érosion, puis les méthodes pour conserver les sols et leur fertilité.

Ce cours a d'autant plus d'importance en Afrique que les conditions générales géographiques et climatiques sont exceptionnellement défavorables pour la conservation des sols.

II.- LES FAITS DANS LE MONDE.

Voyons d'abord les faits d'érosion dans le monde et dans l'histoire.

C'est surtout, lorsque les hommes ont atteint une certaine densité de population que les premiers symptômes de dégradation du potentiel de fertilité des sols leur sont apparus, et que le phénomène d'érosion a pu se développer de façon accélérée.

Ainsi, en Chine certaines régions cultivées depuis 5.000 ans ont été à un tel point érodées que les étudiants en Pédologie sont obligés d'aller dans les cimetières anciens pour trouver des profils de sols encore intacts. Cette érosion intense des sols chinois sur Loess s'est traduite par un transport énorme de terre par les rivières et les fleuves. Les noms de Fleuve Jaune, Fleuve Rouge, donnés aux grands cours d'eaux sont en rapport avec les couleurs jaune et rouge des terres que ces cours d'eau traversent. Il en est résulté des inondations catastrophiques, dues non seulement à la force érosive des eaux contenant de la terre, mais aussi au fait que les lits des fleuves ont été surélevés par les dépôts successifs. Obligés de bâtir des digues pour contenir les fleuves, les paysans chinois ont créé peu à peu un réseau hydrographique surélevé par rapport aux plaines environnantes. Régulièrement, lors des crues exceptionnelles, les digues cédant, des inondations catastrophiques se produisent. Comme la population se rassemble de préférence, le long des fleuve où elle trouve, indépendamment de l'eau, les terres les plus riches, les dégâts matériels sont considérables. La Chine comprend maintenant que la solution à ce problème réside dans la protection des hauts bassins et elle se lance dans un programme de reboisement intensif sur des millions d'hectares. Ça ne sera pas, à notre avis, avant 20 ans, que les sols étant protégés de l'érosion, il en résultera une régularisation complète des fleuves, et que l'agriculture chinoise pourra espérer augmenter considérablement ses rendements. En effet, et c'est une notion essentielle, si la dégradation d'un sol est un phénomène qui peut être rapide, sa régénération est généralement très longue, (cf. Cours de pédologie).

- Dans le passé, d'autres peuples ont souffert également de la dégradation des terres, en particulier dans le Bassin Méditerranéen.

Ainsi, l'invasion Arabe de l'époque historique faite par des peuples de Nomades, s'est traduite par une destruction systématique des forêts et un surpâturage, c'est-à-dire une exploitation trop intensive des herbages. A cette époque la forêt suivait toute la côte depuis la LYBIE jusqu'au MAROC; or actuellement il n'en reste que des lambeaux. Partout on retrouve des traces de la civilisation qui avait développé le peuple romain, cultures irriguées en particulier. (cf. modifications climatiques).

Aujourd'hui les terres n'existent plus, les roches géologiques affleurent, les sources traditionnelles sont tarées, tous les puits sont à sec, le ruissellement intense empêchant l'alimentation des nappes. Une grande partie des problèmes politiques actuels des pays du MAGREB ont leurs sources dans cette rareté des terres cultivables, et cette rareté est en partie un phénomène humain de dégradation des sols par érosion. C'est pourquoi les trois pays de l'Afrique du Nord ont conservé les organismes de défense et restauration des sols qui avaient été mis en place il y a une vingtaine d'années (D.R.S.). L'Algérie en particulier réclame actuellement des spécialistes pour la lutte contre l'érosion car il a été prouvé que chaque jour en moyenne 100 hectares de terre étaient dégradés dans ce pays, disparaissant par érosion, alors qu'en même temps la population s'accroissait à une vitesse accélérée.

- En remontant beaucoup plus loin dans l'histoire du Bassin Méditerranéen, on s'aperçoit que dans les premier et deuxième millénaires avant Jésus-christ, plusieurs populations du Moyen Orient, en particulier de la Vallée de l'Euphrate, ont vu disparaître peu à peu les possibilités culturelles de leurs terres. Il en est résulté des révolutions, des migrations, et la disparition de civilisations dont certaines avaient été très brillantes.

Notons que si cette perte de la fertilité des sols provenait le plus souvent de la dégradation par l'érosion due au ruissellement des eaux ou à l'action éolienne, parfois elle résultait^{de} l'utilisation de mauvaises méthodes culturales. Ces dernières se traduisaient par une baisse du potentiel de fertilité humique et chimique ou par une augmentation des phénomènes de salure dans certaines vallées.

C'est pour ces raisons que nous avons intitulé ce cours non pas "Lutte contre l'érosion", mais, "Conservation des sols", car il s'agit on fait de conserver la fertilité des terres et de l'améliorer même. Cependant, c'est la lutte contre l'érosion sous ses diverses formes qui constituera l'essentiel du programme.

On a beaucoup d'autres exemples dans le monde.

Ainsi, dans l'Amérique Centrale on retrouve dans les forêts les ruines de villes grandioses qui ont disparu et on commence à connaître maintenant ce que fut la civilisation des Aztèques. Il est probable que ce peuple qui ne cultivait presque uniquement que du maïs et des haricots a provoqué une dégradation lente mais complète de ses terres. Il en est résulté au cours du temps des déplacements successifs de la capitale et des grandes villes, avec abandon complet des anciens emplacements, puis une disparition pure et simple de la nation Aztèque.

Plus près de nous, existe un autre exemple spectaculaire; il s'agit de celui des Etats-Unis d'Amérique du Nord.

Les premiers habitants du pays, les Indiens, très peu nombreux cultivant de très faibles superficies ne provoquaient qu'une érosion infime. Les immigrants qui se sont installés sur les terres ont mis en place une agriculture du type monoculture dont l'intensivité s'est vite augmentée par la rationalisation des méthodes.

C'est alors qu'en moins de 200 ans des régions entières du Sud-Est des U.S.A. ont perdu la faculté de produire des récoltes, les sols n'existant pratiquement plus.

Ces inconvénients étant passés pratiquement inaperçus, ce sont deux faits spectaculaires qui ont attiré l'attention du Gouvernement sur ce problème.

- Des inondations de plus en plus catastrophiques, qui ne semblaient pas exister auparavant, ont commencé à se produire dans le Sud-Est et même le Centre-Sud du pays.

- D'autre part et inquiétant les populations, des vents de sable appelés "Dust Bowl", se sont développés au point d'obscurcir l'atmosphère des journées

entières. Une érosion éolienne intense se produisait en fait avec recouvrements de sable sur les routes, sur des parcelles de cultures, tandis que même des villages devaient être abandonnés par formation de dunes.

Ainsi des régions entières furent ruinées économiquement soit par inondations, soit par érosion éolienne, cela en quelques années seulement.

En 1930, le Gouvernement des Etats-Unis a réalisé qu'il s'agissait d'une menace nationale et il a pris des mesures exceptionnelles. Il a d'abord créé en 1933, le Soil Conservation Service, modification d'un Service d'Erosion qui existait depuis 1928. Ensuite il l'a doté de moyens financiers importants et les résultats ont été à la mesure des efforts. Pour vous donner une idée des efforts je vais vous dire quelques mots de l'organisation du S.C.S. Il s'agit d'une organisation fédérale qui couvre un nombre élevé de districts dans chaque état, au total 2.200.

Le personnel de niveau supérieur Ingénieur ou Sous-Ingénieur, ramené au chiffre de la population agricole représenterait calculé proportionnellement pour la population du Sénégal un total de 40 unités environ.

L'avance des U.S.A. dans le problème de la conservation des sols est donc de leur utilisation rationnelle s'explique par l'intensité d'un encadrement dont la qualité est éprouvée, encadrement qui se tient sans arrêt au courant de l'avancement des techniques, grâce à de très nombreuses publications et à des efforts de recyclage régulier.

Actuellement le S.C.S. poursuit son action et il y a quelques années les U.S.A. ont créé une Banque du Sol, dont le principe est d'acheter des terres pour les mettre en réserve sans cultures pour les générations futures. Cette solution est loin de pouvoir être envisagée en Afrique malgré les problèmes actuels.

- En Afrique, justement quels sont les faits d'érosion ? Indépendamment de l'Algérie et du Maroc envisagés plus haut, des exemples précis existent en Guinée, au Kivou (Congo Léo), au Soudan, au Nord Dahomey, dans le Centre et le Nord de Côte d'Ivoire, en Casamance.

- En Guinée, dans le Fouta-Djalon, il y a conjonction d'un pays à relief tourmenté et d'une population à densité relativement élevée. Aussi, dans de très

nombreux secteurs il n'y a plus de terres que dans les bas-fonds, le reste étant souvent des Bowe entièrement dénudés (cuirasses latéritiques).

- Au Kivu il en est de même mais la dégradation étant moins avancée, la lutte entreprise par les Belges a-t-elle pu sauver de nombreuses terres sur les pentes.

Dans la République Soudanaise, l'érosion a eu pour conséquence l'enrichissement en limon des plaines de la vallée du Nil lors des inondations annuelles de ce fleuve.

L'Egypte tire donc une partie de sa richesse de la dégradation des sols dans la montagne soudanaise. Cependant la construction du barrage d'Assouan risque de modifier ce problème.

Nous reparlerons plus loin du problème de l'érosion au Sénégal, en particulier en Casamance.

CHAPITRE III

LES AGENTS ET LES FORMES D'ÉROSION

Les agents de l'érosion sont l'eau et le vent, l'eau non pas par son action chimique, mais par le fait de son ruissellement.

I°/- Les formes d'érosion par l'eau.

Il y a deux formes fondamentales qui sont :

- A/ Le mouvement du sol en masse.
- B/ Le détachement des particules consécutives du sol et leur entraînement par l'eau qui ruisselle.

A/ LES MOUVEMENTS DE MASSE

On peut distinguer :

a) Les coulées boueuses par saturation des horizons supérieurs si le sol est dénudé, une masse terreuse se transformant en un véritable fluide visqueux. Celle-ci peut s'écouler lentement sur la pente. Lorsque la cause en est la fonte des neiges ou le dégel, il y a solifluction.

b) Les glissements de terrains.

L'eau qui s'infiltré dans le sol peut être arrêtée par un niveau imperméable d'origine pédologique ou géologique. Il peut en résulter la mise en mouvement d'une masse terreuse qui se décolle suivant une niche de décollement de forme concave (dans les deux sens).

c) La reptation du sol.

Il s'agit d'un mouvement par saccades lentes et imperceptible d'une mince pellicule superficielle du sol vers l'aval des pentes. Elle est universellement répandue et peut être due :

- aux piétinements du bétail, à la croissance de racines, au creusement de trous par les animaux. Enfin l'eau par modification des états d'humidité de la terre crée des élévations et des abaisssements de particules qui facilitent cette reptation (foisonnement). (voir par piquets témoins;radioactivité).

d) L'érosion en tunnel :

- Il s'agit d'une action érosive interne par l'eau. Cette circulation souterraine provoque des effondrements locaux qui permettent de déceler le phénomène, c'est le cas du soutirage ou vide sous les cuirasses latéritiques, qui se traduisent par la formation de mares temporaires d'hivernage.

- C'est le cas également de certains sols d'argile noire riches en argiles gonflantes (Montmorillonite).

e) Les Lavakas.

C'est une forme très particulière d'érosion caractéristique des sols de montagne de Madagascar. Le "Lavaka" est le nom malgache qui désigne une grande excavation en forme de cirque creusée dans le flanc d'une colline. Il s'agit d'une exagération du processus d'érosion en ravines et dont la forme particulière est due à la texture et à la structure des argiles latéritiques dont les horizons profonds sont friables. C'est un véritable glissement de terrain avec des niches de décollement à parois verticales et des formes digitées plus ou moins ramifiées. Ces arrachements peuvent atteindre plusieurs centaines de mètres et posséder des profondeurs de 15 à 20m. Ils peuvent être dûs parfois à l'action des nappes phréatiques qui effectuent des dissolutions en profondeur mais le plus souvent la cause est l'approfondissement d'un ravin classique préexistant qui atteint les horizons profonds friables.

B/- LE DETACHEMENT DES PARTICULES.

a) l'Erosion en nappe.

Elle résulte d'un détachement d'éléments consécutifs du sol par le choc des gouttes de pluie et par le ruissellement.

Il y a un écoulement superficiel homogène de l'eau dans l'espace avec en suspension les éléments terreux arrachés.

Ce mélange homogène d'eau et de terre s'écoule le long des pentes comme une nappe et le sol se trouve décapé par fines couches successives. Dans ce type ce sont surtout les particules fines du sol qui sont entraînées. On peut distinguer un cas particulier dit "d'érosion en nappe ravivante", dans lequel des traces d'enlèvement de sol sont visibles sur le terrain.

L'érosion est souvent qualifiée d'insidieuse car elle est difficile à déceler avant qu'elle n'ait laissé des traces visibles sur le terrain. Ces particules fines sont souvent les plus riches chimiquement, et une baisse de fertilité est souvent le seul moyen de déceler ce phénomène.

b) L'érosion en rigoles consiste en l'entraînement des particules du sol par l'eau, suivant de petits sillons qui s'inscrivent sur la surface topographique suivant la plus grande pente. Le fait générateur de ce phénomène est un écoulement de l'eau non pas d'une manière uniforme sur toute la surface, mais par concentration en filets liquides qui creusent des incisions dans le sol.

Le démarrage est facilité par l'hétérogénéité de la surface soit au point de vue topographique soit du point de vue granulométrique.

La présence de termitières ou de touffes de bambous est souvent la cause de ce mode de ruissellement en certaines régions du Sénégal. En effet, tout ruissellement qui se concentre tend à raviner.

c) L'érosion en ravins ou ravines c'est une rigole qui s'approfondit mais qui peut se mettre en place directement lors d'une très forte pluie. L'eau creuse un véritable canal d'écoulement, qui ne fonctionne que par intermittence.

Sa forme originelle est en V puis devient en U ou reste en V suivant la qualité du matériau et selon que l'attaque des versants l'emporte sur l'enfoncement :

Si le matériau est tendre la ravine a tendance à s'enfoncer.

Si le matériau est plus résistant il y a tendance à l'élargissement des ravines.

Quand la ravine ou le ravin s'enfonce jusqu'à la Roche-mère , il représente alors la forme culminante des processus de destruction du sol.

Selon l'intensité du phénomène on distingue les degrés, 1, 2, 3.

Les noms sont variables suivant les auteurs, mais en moyenne, un ravinement de degré I représente un enfoncement de moins 25cm, tandis que le degré trois correspond à plus d'un mètre de creusement.

Sur un même terrain on peut avoir tous les degrés représentés en fonction de l'âge du ravinement.

2°/- Les formes d'érosion par le vent.

C'est le modelé dunaire qui est la forme d'érosion éolienne la plus spectaculaire. Nous en reparlerons en détail lorsque sera abordé le chapitre des processus de l'action du vent et les conditions favorables à cette action. Cependant on distingue :

- la déflation : qui est le balayage des débris fins.
- la corrasion : attaque direct par le vent de la roche ou du sol. Elle ne se produit et toujours très lentement que lorsque le vent est chargé de particules qui proviennent d'une déflation préalable.

Dans la déflation les mouvements de particules de terre sont de trois types :

- la saltation : il s'agit de petits bonds ou sauts qui affectent surtout les particules de 0,05 à 0,5mm.
- la reptation : véritablement glissement ou roulement à la surface du sol.
- la suspension : les particules flottent dans l'air après mise en mouvement par la saltation.

Ces particules peuvent parcourir des kilomètres avant de retomber et de fournir des accumulations sableuses. En ce qui concerne ces dernières elles sont très variables et on peut distinguer :

Les dunes vives ou semi-fixées soit en forme de bouclier plus ou moins étalé ou au profil classique en croissant dissymétrique. C'est l'erg avec un type particulier L'Aklé (sans orientation nette).

Les dunes fixées sont orientées parallèlement aux vents dominants; en particulier, en Mauritanie, elles sont N.E à S.O.

Enfin, certaines accumulations réduites de sables peuvent être dûes à la végétation : on note :

Rehba (pluriel Rehboub) : accumulations restreintes à l'abri d'une plante.

Nebka: accumulations plus importantes pouvant atteindre un ou plusieurs mètres.

CHAPITRE IV.

LES CONSEQUENCES DU PHENOMENE "EROSION"

Elles sont de plusieurs ordres et peuvent affecter l'ensemble de l'économie d'un pays.

I°/ Perte du sol ou modification de son profil.

L'enlèvement complet de la terre arable représente une perte définitive qui ne peut être réparée du moins à l'échelle humaine. Il en résulte des affleurements de roche. Souvent seule la partie supérieure du sol est enlevée et cela se traduit par une baisse importante des rendements et de la productivité. En effet, c'est l'horizon humifère qui est entraîné en premier et vous connaissez l'importance fondamentale de la matière organique et de l'humus dans la fertilité des sols tropicaux. On rejoint bien cette notion de conservation des sols prise dans son sens large. D'autre part les horizons profonds qui viennent affleurer bien que parfois plus riches chimiquement, sont stériles microbiologiquement et la végétation peut souffrir de déséquilibres graves. Dans les cas les moins graves la tranche de sol emportée est faible mais il y a entraînement sélectif des particules les plus fines de la surface. Ce sont les plus riches chimiquement et l'on a appelé parfois, de nom d'érosion de fertilité. On peut la traduire en terme de kilos de calcium, d'azote et de phosphate.

La conséquence de l'ablation d'une couche de sol est le transport puis le dépôt des matériaux emportés. Il en résulte :

- Soit un recouvrement important de sables qui enterrent les sols et les rendent improductifs.

- Soit lorsque le recouvrement est faible, (du type argileux principalement) une véritable asphyxie de la végétation qui se traduit par une non efficacité des engrais, et par une diminution très notable des rendements.

2°/ Modification du relief géographique et autres conséquences.

Un type important d'érosion par ruissellement est la création de ravines dans les terrains cultivables (voir photos). Indépendamment de la quantité de terre enlevée, il y a impossibilité de réaliser une culture mécanisée ou simplement semi-mécanisée. Il y a donc perte d'un facteur d'intensification de la production. Les griffes d'érosion ainsi marquées sur les pentes sont très graves, il est très difficile et surtout très coûteux d'empêcher qu'elles ne se développent rapidement.

On a des exemples aux U.S.A. où une ravine qui s'était développée dans un champ est devenue en 25 ans un ravin de 12m de profondeur et de plusieurs centaines de mètres. Ces ravins se déplacent souvent à une vitesse de plusieurs mètres par an et ils provoquent des coupures de routes avec toutes les conséquences économiques que vous pouvez en déduire.

L'érosion éolienne de son côté a tendance à peu décaper mais plutôt à recouvrir de sable de grandes surfaces, à créer des dunes vives qui se déplacent en particulier en menaçant les oasis. Des villes antiques ont ainsi été ensevelies et on doit réaliser de véritables fouilles pour les retrouver. Mais le simple vent de sable lui-même a de graves conséquences : il provoque chez les animaux des irritations de muqueuses, de véritables asphyxies, parfois, et chez les hommes le transport de certaines maladies à virus.

Enfin, il y a deux autres conséquences graves :

- les inondations
- l'envasement des barrages.

Les inondations sont provoquées par l'augmentation des coefficients de ruissellement due à des défrichements inconsidérés sur pentes, également à de mauvaises méthodes culturales qui diminuent l'infiltration. Inutile de décrire les inondations et leurs conséquences humaines économiques.

L'envasement des barrages est une autre conséquence de l'érosion par ruissellement. De nombreux exemples existent dans le monde en particulier en Afrique du Nord. C'est pour cette raison que toutes les constructions de

barrages se complètent maintenant d'une réglementation stricte de protection de tout le bassin versant.

On voit que le problème érosion déborde largement le cadre du simple entraînement de terre et qu'il intervient au niveau de la géographie économique et humaine.

CHAPITRE V

FACTEURS CONDITIONNANT L'EROSION DU SOL EN AFRIQUE

Nous en distinguerons 5 :

- la nature du sol
- le climat
- la topographie
- la végétation
- les actions humaines ou animales.

1/- La nature du sol :

Elle joue un rôle :

- soit en augmentant le ruissellement en valeur relative.
- soit en opposant une résistance physique à ce même ruissellement par ses caractéristiques de rugosité.

a) augmentation du taux de ruissellement.

Elle peut résulter d'une perméabilité faible de certains sols en rapport principalement avec leur texture argileuse ou limoneuse. Mais elle dépend surtout du taux de perméabilité des différents horizons du sol. S'il y a présence à plus ou moins grande profondeur, d'un horizon relativement imperméable, il y aura rapidement saturation des horizons superficiels, limitation du drainage et à ce moment ruissellement à 100%. IL pourra se produire par la suite des glissements des horizons saturés sur les horizons relativement imperméables.

Les caractéristiques de perméabilité des différents types de sols sont donc les éléments essentiels mais les caractéristiques de structure sont aussi importantes. En effet une structure instable se dégradera rapidement donnant une surface battante sous l'effet de la chute de pluie en constituant un horizon imperméable, parfois de quelques centimètres d'épaisseur seulement. Les valeurs élevées de la perméabilité des horizons sous-jacents n'ont plus aucun

rôle à ce moment. La stabilité de la structure est donc un point important à considérer.

b) caractéristiques de rugosité.

L'importance des causes de freinage est évidente car toute limitation de la vitesse de ruissellement tendra à augmenter les possibilités d'infiltration. Nous avons vu précédemment que l'intensité de l'érosion est en rapport étroit avec la vitesse du ruissellement. Ces caractéristiques de la surface du sol dépendent de la structure mais également de l'état de préparation de l'horizon supérieur lorsqu'il est cultivé (mottes, billons par exemple) de l'importance et du type des différentes couvertures végétales, ce dernier point sera d'ailleurs repris plus loin.

En conclusion, la nature du sol au point de vue pédologique, l'état dans lequel se trouve sa surface est d'une grande importance ce qui explique que sous des pluviométries identiques les taux de ruissellement d'une part, les actions érosives d'autre part, peuvent être très différents sur deux sols voisins. Mais l'évolution des caractéristiques structurales des horizons supérieurs ayant un rôle très important c'est surtout^{en} ce domaine que l'on essaiera de jouer dans les méthodes de lutte, que ce soit d'ailleurs dans le cas de l'érosion hydrique ou dans celui de l'érosion éolienne.

Les exemples de démarrage de l'érosion en Casamance vous montreront l'importance de la variation de la stabilité structurale dans le déclenchement d'une érosion catastrophique.

2/- Les données climatiques.

Comme partout dans le monde ce sont les précipitations atmosphériques qui sont en Afrique l'agent causal prépondérant du phénomène érosion. Mais elles présentent dans toutes les régions inter-tropicales des caractères d'intensité, d'abondance et de répétition qui les rendent particulièrement érosives.

Les caractères de précipitations des régions tropicales sont :

I/ l'intensité. Les régions tempérées ignorent les pluies intenses que représentent les tornades dans les régions intertropicales. Des études ont été faites en Afrique Noire et ont donné les résultats suivants (rappelons que l'intensité est la quantité d'eau tombée par unité de temps).

A Ouagadougou, une averse d'une intensité équivalant à 165mm heure a été effectivement recensée.

A Abidjan une averse d'intensité 156mm par heure a été observée il y a quelques années.

A Cotonou on a noté une pluie d'intensité moyenne de 104mm/heure et on peut, d'après les calculs, atteindre 125mm/heure pour la période de 20 ans.

A Douala, le calcul montre qu'une intensité de 175mm/heure peut être valablement escomptée.

A Brazzaville, on a même observé dans les 20 dernières années une pluie de 180mm/heure.

Pour PARIS, des calculs à partir des observations montrent que la pluie probable d'intensité maximum en 20 ans n'est que de 111mm/heure.

L'arrivée au sol en un temps très bref d'une hauteur d'eau élevée favorise la naissance et le développement du ruissellement, la vitesse de pénétration dans le sol devenant insuffisante pour assurer son infiltration.

2°) Abondance des précipitations.

Les régions intertropicales sont également caractérisées par l'élévation que peuvent atteindre les pluies individuelles. La fréquence des pluies abondantes (indépendamment de la notion d'intensité) est d'autant plus grande que l'on se rapproche de la zone équatoriale. Sous climat Guinéen forestier il est courant d'enregistrer chaque année des pluies de plus de 150mm par jour.

3°) Répétitions des précipitations.

Le troisième caractère important est celui de répétitions à court terme.

Ainsi, à Sefa, en Août 1950, pendant 10 jours successifs les pluies suivantes ont été enregistrées :

15,5 - 75,3 - 72,8 - 72,5 - 15,2 - 11,3 - 21,5 - 12,5 - 31,3 - 22,0mm.

Dans ces conditions, le sol se sature, puis n'ayant plus la possibilité de se ressuyer entre deux pluies, il ne peut que laisser le ruissellement démarrer même avec des précipitations très faibles tant en quantité qu'en intensité.

3/- Le facteur topographique

Dans le monde entier, la pente conditionne l'érosion mais des études effectuées au Sénégal amènent à fournir deux précisions en ce qui concerne la zone tropicale.

La première, est qu'une érosion intense survient, sur un sol non protégé^{pour} tout degré de pentes, même les plus faibles.

La seconde est que la longueur des pentes joue un rôle extrêmement important.

Ainsi, aux U.S.A. on considère que les phénomènes "érosifs" ne démarrent réellement qu'à partir d'une inclinaison de 3%. Or, en Afrique on a été obligé de ramener ce chiffre à un pourcentage de 1% et parfois moins. A cette donnée de pourcentage il faut associer d'autre part, celle de longueur de pente car l'eau peut y prendre peu à peu sa vitesse maximum. De plus sur de très longues pentes, il y a accumulation de tranches d'eau successives qui augmentent les volumes totaux à enlever.

Mais en fait, si la pente n'a qu'un rôle réduit dans la naissance du phénomène, ce rôle étant dû au facteur pluviométrie, elle a une très grande importance dans l'accélération de ce phénomène.

Si la pente croît sur un terrain, la vitesse de l'eau s'accélère, or, la vitesse de ruissellement est une donnée fondamentale.

La force érosive, c'est-à-dire la force avec laquelle l'eau arrache les particules est une fonction de V^2 .

De plus la capacité de transport de l'eau c'est-à-dire la quantité de terre qu'elle peut contenir est une fonction de V^5 . La grandeur des particules elles-mêmes que peut entraîner le ruissellement est une fonction de V^6 .

Ainsi, si du fait de la pente, la vitesse de l'eau double, la force érosive est multipliée par 4, la quantité de terre entraînée est multipliée par 32, tandis que la taille des particules entraînées est 64 fois plus forte. Or, il ne faut pas oublier que la charge solide que contient l'eau de ruissellement représente les possibilités d'abrasion et de destruction des agrégats. Ainsi, à toutes augmentations de vitesse de l'eau, correspondront des effets érosifs très rapidement accélérés et catastrophiques.

Heureusement, la vitesse de l'eau sur une pente n'est pas seulement fonction de la déclivité mais aussi de l'état de la surface et de sa rugosité.

Nous verrons plus loin que la lutte contre l'érosion tient compte de toutes ces données théoriques en particulier:

- on modifiant la déclivité des pentes par des travaux de terrassement;
- on augmentant le facteur rugosité par des travaux culturaux superficiels.

4/ Le facteur Végétation

Il est évident que la végétation joue un rôle important en freinant le ruissellement des eaux sur les pentes. Mais il y a de très grandes différences entre les types de végétation lorsque l'on passe de la forêt dense à la forêt claire, à la savane arborée, arbustive ou au tapis graminéen seul.

En principe la présence d'une couverture plus ou moins ligneuse ou herbacée se traduit par un freinage mécanique de l'eau. De ce fait les possibilités d'infiltration sont augmentées ce qui diminue le taux moyen de ruissellement. Mais ce n'est que dans certains cas seulement que ce taux est annulé ou du moins fortement diminué. Sous forêt dense en particulier seules les très fortes

averses amènent un ruissellement notoire, le freinage mécanique sur le sol, joint aux caractéristiques organiques d'horizons supérieurs, étant suffisamment important pour permettre une infiltration totale de toutes les petites précipitations, les plus fréquentes.

Indépendamment de la modification du taux de ruissellement le seul fait que ce dernier ait sa vitesse considérablement ralentie change complètement les données du problème. L'eau reste généralement en-dessous de sa vitesse dite érosive, vitesse à partir de laquelle toute augmentation se traduit par une augmentation rapide des effets érosifs et de transports.

Ce rôle positif de la végétation est utilisé dans un certain nombre de mesures de lutte contre le ruissellement.

Mais c'est dans la lutte contre l'érosion éolienne que la végétation aura son plus grand rôle par freinage de la vitesse du vent, par remontée loin du sol des courants les plus rapides et des phénomènes de turbulence.

5/- Les actions animales et humaines.

Les animaux peuvent avoir une action importante par la modification de la partie superficielle du sol. C'est le cas en particulier, pour certains fouisseurs ou certains rats qui peuvent trouser les digues ou les banquettes anti-érosives et de ce fait y créer des points de moindre résistance qui céderont lorsque les eaux arriveront.

Mais l'animal qui a le plus d'importance dans le problème de l'érosion est la chèvre. En effet, le passage des chèvres et des moutons d'ailleurs provoque un tassement important du sol, une destruction de la végétation, et la création d'un horizon superficiel poudreux qui n'a plus aucune résistance soit à l'érosion par ruissellement, soit à l'érosion éolienne.

Des exemples particulièrement significatifs de dégradation de la partie superficielle du sol ont été prouvés en Afrique du Nord surtout au Maroc et en Algérie. La chèvre est donc, dans les zones en pente, dans les secteurs menacés par l'érosion un danger permanent que l'on ne peut sous-estimer. De plus lorsqu'une région a été aménagée contre l'érosion par un système de banquettes ou de terrasses, les animaux par leurs passages répétés créent des dénivelées sur ces banquettes et des

points d'effondrement qui provoquent parfois des dégâts très graves lors des fortes crues. En effet, il en résulte comme précédemment des points de moindre résistance par où toutes les eaux d'un secteur peuvent s'élancer pour provoquer des ravine-
ments sur les terres qui se trouvent en-dessous de la zone protégée. C'est pour cela que dans de très nombreuses publications vous verrez que la chèvre est considérée comme l'un des facteurs les plus importants d'érosion dans les zones semi-arides. Malheureusement dans ces zones la chèvre est vraiment l'élément essentiel pour la vie des petits paysans et le problème humain qui en résulte est souvent très difficile à résoudre.

Les actions humaines sont aussi très importantes :

L'homme détruit la végétation pour pouvoir soit cultiver les sols, soit récupérer du bois pour le chauffage ou pour les constructions. Cette destruction de végétation peut par la dénudation qu'elle provoque augmenter des ruissellements sur des pentes qui sont susceptibles d'être érodées facilement.

Mais/^{c'est} surtout en mettant en valeur ou en cultures des pentes trop fortes que l'homme provoque le démarrage de phénomènes érosifs par ruissellement. Les exemples de dégradation des sols sur pentes fortes existent partout dans le monde dus à la déforestation des montagnes en particulier au Viet-Nam à Formose, au Dahomey, au Burunda-Ruundi, à Madagascar, en Amérique du Sud et dans beaucoup d'autres lieux également. Nous reparlerons de ce problème quand nous étudierons l'importance de la pente dans l'accélération du phénomène érosif au chapitre des résultats expérimentaux de l'érosion. Indépendamment de ces méthodes, l'homme peut provoquer ou accélérer des phénomènes d'érosion par une très mauvaise utilisation de ses sols. En particulier, il provoque parfois une pulvérisation de la surface qui met l'horizon supérieur dans un état de moindre résistance vis à vis du ruissellement ou de l'action du vent. Parfois il réalise un labour suivant la plus grande pente et à ce moment là les filets d'eau qui ruissellent tendent à suivre les raies du labour et à les creuser. De tels exemples de dégradation des sols existent dans le monde et au Sénégal. En Casamance, la mise en culture mécanisée intensive du secteur C.G.O.T. a provoqué par dégradation de la structure de l'horizon supérieur des sols, le démarrage d'une érosion catastrophique. Vous aurez l'occasion de voir des photographies sur la région de SEFA, mais il faut vous dire que le ruissellement a commencé à raviner les sols, sur des pentes inférieures à

1%, et que l'on a vu des ravines augmentant de 200m de longueur chaque année. Il en est résulté des difficultés pour poursuivre les travaux mécanisés. Plusieurs centaines d'hectares défrichés à grand prix ont dû être abandonnés. Des recouvrements de terre en noyaient certaines cultures sur les bas de pentes.

Tous ces dégâts spectaculaires, ont été provoqué non par l'homme, la cause initiale étant toujours la pluviométrie et la topographie, mais accéléré par les actions humaines qui ont mis les sols en état de moindre résistance vis-à-vis du phénomène érosif. C'est dire que l'homme peut jouer un rôle dans l'accélération du phénomène et c'est pour cela que l'on distingue parfois deux types d'érosion.

L'une appelée "érosion normale" considérée comme d'ordre géologique, qui existe surtout dans les régions à fortes pluviométries et sur des sols instables ou fortement en pente.

L'autre dite l'érosion accélérée qui est causée par les actions humaines et qui se développe dans des conditions de pentes faibles ou de pluviométrie moyennement intensive mais qui est accélérée car en quelques années elle provoque des dégâts que l'érosion normale ou géologique ne provoque généralement qu'en de très nombreuses décennies.

Des exemples d'érosion accélérée existent partout et je vous ai parlé de l'expérience des Etats-Unis dont le peuplement des terres du Sud et de l'Ouest par des hommes qui connaissaient très mal le milieu dans lequel ils s'installaient a provoqué justement cette érosion accélérée. Aussi il ne faudra jamais perdre de vue que l'homme est un facteur d'accélération du phénomène érosif et que c'est souvent lui qui provoque les dégâts les plus spectaculaires.

Dans ce même ordre d'idées on a souvent insisté sur le problème des feux de brousse, fait classique en Afrique, qui provoquerait l'accélération des phénomènes érosifs.

De nombreuses études ont eu lieu sur cette question qui a été évoqué à plusieurs conférences Africaines. Généralement la difficulté de la réglementation y a été souligné mais je vais vous donner quelques renseignements sur une conférence forestière inter-africaine.

La conférence forestière inter-africaine, à Abidjan, examinant dans le 6ème point de ses recommandations le problème des feux et ayant reconnu le peu de résultats obtenus par les méthodes répressives qui prévalaient jusqu'alors surtout dans l'Ouest Africain en matière de réglementation de feux de brousse, réglementation d'ailleurs toujours démarquée des réglementations européennes, a estimé comme conclusions à ses travaux qu'il fallait s'orienter vers l'application de mesures de sauvegarde partielle et de feux contrôlés.

En conséquence, a-t-elle conclu, vu l'impossibilité de procéder à des travaux de défense sur la totalité des territoires à protéger, la plupart des pays ont adopté la méthode des feux précoces qui donne des résultats inférieurs en général à la protection totale au point de vue de la réforestation de la savane, mais bien supérieurs aux feux non contrôlés.

Toutefois, la date d'exécution de feux précoces est difficile à apprécier et si le feu a été mis trop tôt, il peut y avoir un second passage en fin de saison sèche. En outre, si les résultats forestiers de la méthode sont en général favorables on ne peut être aussi affirmatif lorsque le but en vue duquel le feu précoce a été envisagé est le renouvellement des pâturages. Bien entendu les meilleurs résultats sont obtenus lorsque l'on dispose de moyens financiers suffisants pour des travaux de protection tels que constitution d'un réseau de bandes boisées s'opposant à la propagation du feu.

En cette matière, comme en bien d'autres, les populations apportent un concours plus entier et une bonne volonté qui suffit souvent pour entraîner la suppression des feux lorsque l'intérêt de cette suppression est exprimé dans les coutumes ancestrales ou bien se manifeste sous la forme d'un profit direct pour les populations.

C'est ce que j'ai pu vérifier personnellement dans la région de Ouahigouya en Haute-Volta où les populations luttent elles-mêmes contre les feux et où depuis 20 ans plus aucune des savanes n'a brûlé. Les chefs de village se sont rendu compte de l'intérêt pour eux de lutter contre les feux, et la population fait le nécessaire.

Des expériences, ont été entreprises et doivent être poursuivies notamment en vue de fixer, en fonction du but à atteindre, l'époque à laquelle le passage du feu serait le moins nocif.

La Conférence a considéré que plutôt d'envisager de tolérer les feux en vue du pâturage, il serait préférable de transformer les méthodes extensives d'élevage en méthodes intensives. Il paraît nécessaire de prendre des mesures en cette matière en fonction de la nécessité primordiale de préserver l'avenir et de ne pas le sacrifier au présent, notons que si elle paraît évidente en théorie, n'est malheureusement pas très répandue en pratique. Cette conférence tenant de ces constatations a fait les recommandations suivantes :

"Renouvelle la condamnation solennelle de la pratique des feux de brousse sauvage prononcée par la conférence des Sols de Goma en raison de leur nocivité au point de vue de la conservation du manteau forestier, de la protection des sols et du milieu biologique.

"Souligne le fait que le feu courant sauvage est le principal inhibiteur de la reconstitution forestière dans les pays déboisés envahis par des nappes graminées et qu'il est par là un puissant facteur de savanisation et partant de dégradation de la valeur économique du milieu.

"Constata les réelles difficultés d'application des mesures légales d'interdiction.

"Prend acte du fait que la pratique des feux contrôlés est de nature à atténuer les effets nocifs de l'incendie de la végétation et peut donner des résultats utiles tant dans le domaine pastoral que sylvicole (coupes de feu, feux précoces, feux de régénération, etc...)

"Estime indispensable de poursuivre les recherches dans ce domaine en vue de préciser davantage les effets de l'incendie sur les différents types de végétation spontanée ou artificielle, sur l'évolution de la dégradation de sols, sur la transformation par régénération des communautés végétales et l'altération du milieu par des pratiques agro-pastorales, dans le but final de réduire au maximum les considérables inconvénients des feux courants dans la plupart des circonstances de leur utilisation.

"D'autre part, la conférence régionale sur les pâturages, les approvisionnements en eau, constatant que les incendies ont été depuis longtemps un des facteurs de l'environ en Afrique du Sud, et ont maintenu un délicat équilibre entre le déboisement et la couverture graminéenne permettant ainsi l'existence d'une immense population animale, qu'avec l'arrivée des européens, les feux se sont transformés en un moyen de procurer des pâturages verts à différentes époques de l'année, permettant en outre de minimiser les effets du surpâturage et de contrôler l'équilibre de la couverture herbacée; mais que l'abus des feux a conduit à la détérioration de la couverture végétale, à des modifications de la composition botanique des pâturages, souvent à une érosion sérieuse, de sorte que l'opinion s'est accréditée que le brûlis des pâturages est une pratique destructrice qu'il convient de prohiber absolument, arrive à la conclusion que l'opinion actuelle des chercheurs en Afrique du Sud, opinion étayée par des travaux expérimentaux, est que le feu est une méthode qui a sa place définitive d'aménagement des pâturages avec ce correctif qu'en nombre de territoires on n'a pas encore suffisamment d'expériences pour arrêter la ligne de conduite observée vis à vis de la pratique du brûlis dont les effets ne sont encore ni suffisamment, ni complètement connus."

Si je vous ai donné les recommandations de ces différentes Conférences, c'est pour que vous voyiez qu'il y a parfois certaines divergences de vue entre les conceptions des chercheurs. Ces divergences de vue, en fait, ne sont pas contradictoires, les chercheurs ayant tous des points de vue très différents quant aux objectifs de la recherche.

Pour revenir à notre sujet, c'est-à-dire les effets du feu de brousse dans le cadre de la conservation des sols et en particulier de l'érosion, voici ce que l'on peut dire sur

les principaux effets du feu de brousse :

Essentiellement il y a destruction de la végétation et aussi de l'humus.

Le feu peut détruire la couche organique d'un sol, on l'appelle parfois "feu d'humus". Il tue les jeunes rejets, il brûle les arbres morts, il ralentit la croissance des arbustes, et mine parfois les grands arbres eux-mêmes.

Il en résulte une défoliation totale hors de saison qui se traduit par un type de végétation ouverte, genre savane dégradée.

Lors des premières pluies d'hivernage, cette végétation ouverte offre peu de résistance au choc des gouttes de pluies sur le sol, et au ruissellement qui résulte des très fortes tornades à intensité élevée du début d'hivernage. On peut remarquer les différences de ruissellement qui existent entre les savanes qui n'ont pas brûlé et dans lesquelles il y a un tapis graminéen important qui réalise un filtre pour le ruissellement, et les savanes qui sont complètement brûlées où seuls quelques troncs et tiges d'arbustes peuvent limiter le ruissellement dans une très faible mesure. Les feux de brousse ont comme conséquence de fournir de grandes quantités de cendres, mais celles-ci ne compensent pas les pertes que peuvent provoquer les érosions. Au contraire, même, le ruissellement qui s'installe sur les savanes dégradées par les feux de brousse emmène vers les bas-fonds la plus grande partie de ces cendres et leurs produits chimiques qui ne donnent donc qu'une fertilité très transitoire. Cette dernière peut être remplacée en fait par des apports d'engrais chimiques, mais la synthèse de la matière organique est une opération dont les bénéfices ont été perdus.

Indépendamment de cela, rappelons que les feux de brousse font évoluer la végétation en donnant des espèces généralement non utiles pour les pâturages et en ne laissant subsister des arbustes que ceux qui résistent au feu, les autres éliminés étant souvent les plus intéressantes au point de vue cultures ou utilisation par les populations.

CHAPITRE VI

MESURES DES EFFETS DE L'EROSION

Nous allons étudier d'une part les méthodes, d'autre part les résultats.

1°/- Les méthodes : elles sont de deux types, soit théoriques, soit expérimentales.

a) les méthodes théoriques :

De nombreux chercheurs ont essayé de définir l'érosion en partant de données géographiques ou climatiques. La plus récente étude est celle du Docteur Fournier qui a fait une thèse sur les relations entre le climat et l'érosion hydrique des sols dans le monde.

Les corrélations qu'il a étudiées entre les données climatiques, la topographie et l'érosion vue sous l'angle des quantités de terre entraînées par les bassins fluviaux ont été très intéressantes. Il a essayé de voir en quelle mesure les quantités de terre entraînées par les différents fleuves, dans le monde entier pouvaient être groupées en relation avec les données climatiques.

Il a trouvé un coefficient $C = \frac{p^2}{P}$ dans lequel p est le mois le plus arrosé de l'année et P la pluviométrie totale annuelle.

Ce coefficient qui tient compte uniquement de la pluviométrie a une très bonne relation avec l'intensité de l'érosion dans les grands bassins fluviaux.

On voit donc, qu'il s'agit d'un indice d'intensité des précipitations puisque l'on tient compte non seulement de la pluviométrie annuelle mais également de la répartition des pluies durant les mois les plus arrosés de l'année.

Le Dr. FOURNIER a trouvé en fait 4 relations légèrement distinctes selon le modelé et la topographie. Cela montre bien l'importance du facteur topographique non dans le déclenchement mais dans l'accélération du phénomène d'érosion par ruissellement.

Ainsi, il a donné une formule que l'on peut résumer ainsi : la dégradation spécifique c'est-à-dire la quantité de terre entraînée en tonnes par Km² et par an pour un relief ^{peu} accentué est égale à $6,14 C - 49,78$. C est le coefficient défini précédemment.

Cette corrélation n'est valable en fait, que si les conditions sont normales et pas trop défavorables. Dans le cas d'une érosion accélérée par des phénomènes de dégradation humains il n'est évidemment pas question d'appliquer ces formules. Ces dernières donnent donc en fait, une mesure de l'érosion "normale" géographique.

Ayant vérifié ces formules le Docteur FOURNIER a par la suite dressé une carte du danger d'érosion en Afrique. Cette carte que je présente donne la variation à travers le Continent Africain et Madagascar, de l'intensité de l'érosion normale tenant compte de la hauteur des pluies, de leur distribution, de la hauteur moyenne du relief et de sa massivité. Les données sont exprimées en tonnes de terre entraînées par Km² de surface et par an. Elles proviennent de l'étude de 650 stations réparties dans tout le continent et de 10 années ^{de} relevés de stations météorologiques et ou climatologiques.

b) Les méthodes expérimentales :

Elles consistent en la mise en place de parcelles expérimentales protégées sur tous leurs côtés de façon à ce que le ruissellement de l'extérieur ne puisse entrer sur la parcelle elle-même. On essaie de les implanter de façon à ce qu'elles soient représentatives du milieu naturel et il faut les faire suffisamment grandes pour que les résultats qu'elles donnent puissent être assez facilement extrapolés à l'ensemble de la région que l'on veut étudier. Le principe est de recueillir tout le ruissellement et toute la quantité de terre qui va être entraînée au cours de l'année sur la parcelle et de recueillir l'eau et la terre dans des cuves où elles seront mesurées et analysées.

Les données techniques tiennent compte des quantités de pluie que l'on peut recevoir au cours de l'année et également des intensités maxima de pluviométrie que le calcul donne comme susceptibles d'être reçues dans la région. Au bas

des différentes parcelles il existe un système de cuves avec des gouttières collectives et des canaux d'aduction, cuves dans lesquelles se rassemble l'eau qui ruisselle à chaque pluie. Etant donné qu'il faudrait des cuves énormes pour recueillir toutes les eaux des parcelles on relie les cuves entre elles par un système de partiteur qui permet de ne recueillir qu'une fraction connue de la quantité d'eau qui a ruisselé, l'excédent étant éliminé. Sur les photographies vous verrez des exemples de ces installations.

Les calculs du partiteur doivent être faits de façon très précise car toutes erreurs pourraient conduire du fait du coefficient que l'on doit utiliser à des erreurs sur les quantités d'eau ruisselées.

Au point de vue de la méthode de mesure, il faut après chaque pluie réaliser un ensemble de mesures. Ce sont :

a/- noter la quantité d'eau tombée grâce à un pluviomètre ou un pluviographe.

b/- Mesurer la quantité d'eau qui se trouve dans les cuves et par comparaison avec la surface des parcelles en déduire la quantité en pourcentage de l'eau de pluie qui a effectivement ruisselé, le reste s'étant soit infiltré, soit évaporé.

Egalement on pèse la quantité de terre qui a été entraînée, et qui se trouve soit dans le fond des cuves, soit en suspension dans l'eau des cuves.

On peut de plus faire toutes les études physico-chimiques sur cette terre entraînée et déduire en particulier la quantité de calcium, de potassium et des éléments minéraux qui ont été enlevés à la parcelle expérimentale. De ce fait, en comparant différentes parcelles expérimentales, on peut définir les différents taux de ruissellement, les différentes quantités de terre entraînées, les caractéristiques de la terre entraînée. On relie toutes ces données aux différentes pluviométries c'est-à-dire aux différentes quantités d'eau qui sont tombées sur le sol et également aux intensités de ces pluviométries.

Enfin, et surtout on peut comparer les différentes pentes, en pourcentage et en longueur et ensuite les différentes méthodes culturales et définir celles qui provoquent les phénomènes d'érosion les plus intenses. Cette méthode expérimentale est donc une méthode très précieuse, mais elle a l'inconvénient d'être

coûteuse et de demander un très gros travail puisqu'il faut à chaque pluie faire toute une série de mesures et de relevés et qu'ensuite il y a un gros programme

coûteuse et de demander un très gros travail puisqu'il faut à chaque pluie faire toute une série de mesures et de relevés et qu'ensuite il y a un gros programme de laboratoire à réaliser.

Mais c'est la seule méthode rationnelle pour pouvoir séparer les variables c'est-à-dire pour pouvoir dire exactement la part qui revient dans le phénomène érosif à la pente, aux types de sol que l'on peut comparer entre eux, à la longueur de pente ou aux méthodes de cultures elles-mêmes, soit au type d'assolement, soit aux méthodes culturales ou de travail superficiel des sols.

C'est grâce à de telles expérimentations que les Américains ont pu faire de très gros progrès dans la lutte contre l'érosion et mettre au point dans chaque région considérée et en fonction des différents types de sol les meilleures méthodes de conservation de la terre.

En Afrique, j'ai eu la chance d'être le premier à mettre en place de telles méthodes justement au Sénégal à SEFA en Casamance. Il y existe 10 parcelles expérimentales qui depuis 10 ans donnent des résultats très intéressants sur les conditions de l'érosion en Casamance. Cette expérimentation se continue et peu à peu on commence à étudier ces problèmes nouveaux. Actuellement, on en est à étudier les différentes méthodes de travail du sol en particulier de labour et de bina-ge pour voir dans quelle mesure elles peuvent provoquer une accélération des phénomènes érosifs.

En Afrique, il existe maintenant un certain nombre de stations où des parcelles expérimentales existent.

Indépendamment de SEFA (Sénégal) il y en avait à Kindia Kankan, ainsi qu'à Sérédou en Guinée. Toutes sont en panne actuellement. Il y en a à Bouaké et à Adiopotoumé en Côte d'Ivoire, elles continuent à fonctionner actuellement. Il y en a à Ouahigouya et Niangoloko en Haute-Volta, elles continuent à fonctionner avec un succès moyen.

Enfin, plus récemment on vient de mettre un système en place à Boukombé dans le Nord Dahoméen (Atacora), et il y a un projet pour mise en place d'un autre système expérimental d'érosion dans le Sud Dahomey sur les terres de Barre. Dans les pays de langue anglaise il n'y a aucune expérimentation de ce genre.

Au point de vue expérimentation érosion aucun système n'existe actuellement, mais un projet existe pour mise en place à Fort-Lamy (Tchad).

Il ne pourra de toute façon être comparable aux études menées aux U.S.A. où le problème érosion éolienne est soigneusement décortiqué grâce à l'utilisation d'une soufflerie géante.

2°/- Les résultats des mesures de l'érosion.

Bien que l'implantation des différentes expérimentations par parcelles reliées à des cuves, soit récente en Afrique, nous commençons à avoir un certain nombre de résultats qui sont tous très importants. Il n'est évidemment pas possible de faire un bilan complet de ces résultats et je vais me borner à vous donner quelques précisions sur des données recueillies en différents pays.

Les champs expérimentaux, installés à SEREDOU en Guinée à KINKIA en Guinée et à ADIOZODOUME en Côte d'Ivoire présentent respectivement des inclinaisons de 25%, 6% et 7%.

A SEFA, la pente de certains champs est au contraire très faible 1 à 2%. Or, les résultats montrent que si les pertes en terre sont très importantes sur pentes élevées (respectivement 1.787 tonnes, 11.770 tonnes et 2.448 tonnes par Km² et par an), ces pertes restent élevées également sur des pentes aussi faibles que celles de 1 et 2% de SEFA (1.494 tonnes et 1.728 tonnes par Km² et par an).

La gravité de l'érosion sur ces pentes faibles ressort d'une comparaison avec les résultats de mesures faites en un point des Etats-Unis présentant certaines similitudes climatiques, pédologiques et culturelles avec SEFA. Il s'agit de la station de WATKINSVILLE située en Géorgie. Les pédologues américains y étudient l'érosion sous cultures d'arachide. En ce lieu l'érosion sous culture mécanisée continue de l'arachide est cataloguée comme grave et se chiffre par une perte moyenne en terre de 1.321 tonnes par Km² et par an sur pente de 3%. Or, à SEFA, sous mêmes cultures et sous mêmes méthodes culturales mécanisées on a enregistré en 1954, une érosion nettement plus forte sur une pente de 2%, 1.728 tonnes par Km² et en 1955 sur une pente de 1% seulement une érosion de 1.494 tonnes par Km² c'est-à-dire déjà supérieure à celle qui caractérise en pente de 3% à la station de WATKINSVILLE. Il faut, autre exemple, atteindre en Géorgie des pentes de 7 à 11%

pour avoir une érosion sous engrais vert de l'ordre de 700 tonnes par Km² et par an. Or, sous engrais vert, cette valeur est atteinte à SEFA dès 1% de pente, c'est-à-dire, 698 tonnes par Km² et par an. Ces simples comparaisons confirment l'ampleur de l'érosion en Afrique Occidentale ampleur dont je vous ai déjà parlé et qui est basée tant sur les observations que sur des calculs théoriques.

D'autres résultats concernent l'action de la végétation. A SEFA, en Casamance, la perte, en terre, sous jachère en pente de 2% ne s'est élevée qu'à 560 tonnes par Km² alors qu'elle s'est chiffrée à 1.494 tonnes par Km² sous arachide cultivée mécaniquement en pente de 1%.

A Adropodoume en Côte d'Ivoire en 1956, la culture de Flémingia et de Crotalaire (plantes de couverture) a diminué l'érosion de plus de moitié par rapport à celles enregistrées sur sol nu. 4.250 et 4.787 tonnes par Km² au lieu de 1.770 tonnes par Km².

D'autres résultats concernent la comparaison de l'érosion en cultures manuelles locales et en cultures mécanisées. Ces résultats ont été obtenus toujours à SEFA en Casamance. Le ruissellement en culture méthode locale a été en 1955 de 19,9% du total de la pluie tombée durant tout l'hivernage. Dans les mêmes conditions ces résultats ont donné 49,3% pour la culture mécanisée. Mais surtout les pertes en terre ont été très différentes :

sous cultures locales elles ont été de 560 tonnes par Km² et par an, alors, que, sous cultures mécanisées elles ont atteint 2.713 tonnes c'est-à-dire un chiffre qui atteint la zone critique. En 1956, les ruissellements ont été assez voisins puisque de 33,1% sous cultures manuelles et de 39,5% sous cultures mécanisées. Mais les pertes en terre sont toujours très différentes 577 tonnes sous cultures manuelles et 1.075 tonnes sous cultures mécanisées.

Des études faites à NIANGOLOKO en HAUTE-VOLTA donnent des résultats très intéressants concernant la comparaison de la culture à plat et de la culture en billons inclinés à 0,5% suivant la pente et ouverts en bout de ligne. Dans ce dernier cas, le ruissellement n'a été que de 3,6% de la pluie totale alors qu'en culture à plat il a été de 10,4 et 11,2%. La quantité de terre entraînée a été de 105,6 tonnes par Km² par an pour les billons contre 541,4 et 451,6 tonnes pour les parcelles de culture à plat. Ces effets de l'érosion se sont fait sentir sur

les rendements puisque ces derniers sont en culture à plat de 700 et 990 Kgs tandis qu'ils ont atteint 1400 Kgs pour les billons. On voit donc que l'utilisation des billons est une technique qui est très intéressante pour lutter contre l'érosion.

Enfin dernier exemple, sur la culture de l'ananas de la Guinée. Cette culture se révèle éminemment conservatrice aussi bien en eau qu'en terre. C'est avec elle qu'on a observé les valeurs annuelles les plus faibles de ruissellement et d'érosion et cela aussi bien en Guinée qu'en Côte d'Ivoire à Adropodoume. Dans cette dernière station, le ruissellement annuel a été moitié moindre sous ananas que sur sol nu, soit 11% au lieu de 23,6% et l'érosion annuelle 7 fois plus faible que celle mesurée en cette dernière condition, 1.510 tonnes par Km² et par an au lieu de 11.770 tonnes par Km² et par an et 3 fois plus faible que celle mesurée sous Crotalaire et Flémingia.

En ce qui concerne SEFA des comparaisons intéressantes ont été faites entre les différentes cultures. Ainsi, les ruissellements, sous sorgho, sous riz et sous arachide ont été successivement de 11,2%, 23,2% et 17,8% en 1955 où la pluviométrie a été de 1.340mm. Les érosions mesurées ont été de 698, 610 et 1.494 tonnes par Km² et par an. Ce dernier résultat montre bien que l'arachide est une plante qui laisse partir de grandes quantités de terre, ce résultat étant probablement en rapport avec la nécessité de sarcler l'arachide et de nettoyer soigneusement la surface du sol pour éviter que les herbes n'étouffent les arachides.

De même en 1955, le ruissellement sous sorgho engrais vert a été de 21,6% avec 1.420 tonnes entraînées tandis que sous jachère le ruissellement n'a été que de 9,5% avec un entraînement de 977 tonnes par Km² et par an. Ce résultat est extrêmement important car il montre que l'engrais vert qui est une technique très intéressante pour améliorer le niveau humique et la fertilité des sols ne permet pas de lutter efficacement contre l'érosion car elle ne freine pas suffisamment le ruissellement et laisse partir des quantités de terre trop importantes. L'engrais vert est donc une technique qui doit être revue et réétudiée chaque fois qu'il s'agit de sol en pente.

En conclusion, il faut être très prudent lorsqu'on recommande une technique quelconque en particulier celle de l'engrais vert.

Les études se poursuivent actuellement dans les différentes stations de mesures d'érosion, en Afrique Occidentale en particulier, et nous espérons, dans quelques années, être en mesure de préciser un certain nombre de données concernant l'érosion par ruissellement dans différentes conditions climatiques et sur différents types de sol. Tous les résultats dont je vous ai parlé sont extrêmement importants et vous montrent la nécessité de mettre en place une telle expérimentation chaque fois que cela sera possible. Le coût élevé de cette mise en place d'une telle expérimentation sera généralement amorti très rapidement par les résultats obtenus. Ces derniers, permettent en effet d'éviter des érosions catastrophiques sur de très grandes surfaces aussi le bilan est-il extrêmement positif.

CHAPITRE VIII

LES METHODES DE LUTTE CONTRE L'EROSION

I/ Erosion par ruissellement.

A/ Les méthodes biologiques et agricoles.

Ce sont celles qui sont utilisées pour freiner le ruissellement sans modifier le relief de la surface du sol.

On peut distinguer les couvertures vivantes et les couvertures mortes.

-I/ L'utilisation des couvertures vivantes.

On associe des plantes en cours de développement soit dans le temps, s'il s'agit d'une rotation, soit dans l'espace s'il s'agit d'assolement. Ces plantes ont pour but de freiner le ruissellement et de laisser le minimum de terre descendre sur les pentes. Les meilleures sont les plantes dites de couverture soit des graminées, soit des légumineuses, soit herbacées, soit arbustives. Elles constituent un manteau protecteur et réalisent une véritable culture de fixation, la terre s'accumulant à leurs pieds. Elles agissent comme un véritable peigne qui ne laisse passer qu'un ruissellement à faible vitesse et porteur de faibles quantités d'éléments. Elles servent de plus de cultures améliorations du sol spécialement en amenant de la matière organique et en améliorant la structure des horizons superficiels.

Les plantes de couverture représentent donc un type de couverture vivante extrêmement important, qui permet de freiner ou d'arrêter complètement l'érosion même dans des conditions de pluviométrie élevée et sur des pentes fortes. A fin de permettre une intensification de l'agriculture il faut s'arranger pour que ces plantes de couverture puissent être utilisées pour l'agriculture ou pour l'élevage en particulier comme plantes fourragères. Dans certaines régions, où les sols se sont trop dégradés, les plantes de couvertures sont les seules à pouvoir être utilisées de façon définitive.

Dans certains cas, on peut utiliser certaines espèces sous forme de cultures intercalaires dans les cultures vivrières de façon à ne pas perdre trop de terrain tout en freinant le ruissellement au maximum.

Ces plantes de couvertures vivantes sont surtout employées dans les cultures arborescentes ou arbustives. Elles peuvent être permanentes comme c'est le cas des légumineuses utilisées pour couvrir le sol sous palmiers élaeis; Elles peuvent être périodiques sous forme de légumineuses intercalaires ou être temporaires comme c'est le cas de certaines espèces utilisées dans les plantations de quinquina et qui disparaissent ensuite lorsque les plantations sont bien développées et protègent suffisamment le sol contre l'érosion.

Comme il n'est pas possible de laisser toute la surface du sol en plants de couverture, la solution est d'utiliser une couverture partielle que sur une fraction de la superficie. On réalise alors des bandes dites de protection en plantes herbacées, en légumineuses de préférence, cependant parfois en graminées, choisies pour leur propriétés de fixation ou d'amélioration du sol et compte tenu des considérations agronomiques ou d'une valeur économique éventuelle.

Dans certains cas ces plantes peuvent être utilisées comme haies anti-érosives : c'est le cas des haies isohypses, qui sont des haies vives placées exactement suivant les courbes de niveau et dont le rôle est de retenir la terre qui a été entraînée. Pendant ce temps les eaux continuent leur parcours mais à une vitesse considérablement freinée et qui se trouve au-dessous de la vitesse dite "érosive".

Ces haies isohypses peuvent aider à la formation de terrasses naturelles mais il ne faut pas les utiliser sur pentes trop fortes car elles peuvent provoquer des écroulements locaux. Il faut de toute façon que ces haies aient un enracinement profond, des ramifications denses et basses près de la surface du sol; une aptitude à la taille fréquente, une production de litière abondante et qu'elles ne soient pas des plantes hôtes pour des ennemis des cultures ou des parasites.

Dans certains cas la couverture vivante, existe, c'est le cas de la forêt dans les régions équatoriales, et on se borne à faire des trouées dans la forêt pour les cultiver. Les rideaux d'arbres qui ne sont pas défrichés qui constituent ces couvertures vivantes qu'il faut orienter le mieux possible, donc avant défrichement, suivant la pente.

Dans les régions Soudano-Guinéennes, les couvertures vivantes doivent être utilisées en rotation de façon à pouvoir réutiliser chaque année le terrain pour de nouvelles cultures, et, on a intérêt à faire des bandes alternées, soit isohypses, soit géométriques.

Nous reparlerons de l'utilisation de cette couverture vivante en bandes alternées lorsque nous parlerons de l'érosion éolienne, mais la meilleure solution est évidemment l'utilisation d'une couverture vivante en bandes alternées et en rotation dans le temps et dans l'espace, cette couverture vivante étant de plus utilisable pour l'agriculture ou pour l'élevage.

Enfin, notons que ces couvertures vivantes peuvent être utilisées dans la mise en place de terrasses pour corriger le défaut de parallélisme des courbes de niveau par création de lentilles sous-couvert permanent ou semi-permanent.

Précisons que ces solutions se traduisent par la nécessité généralement de réorganiser le parcellaire par remembrement.

2°/- La couverture morte : on appelle couverture morte, celle qui n'est pas en cours de végétation, c'est-à-dire essentiellement le paillage (ou mulching) Il s'agit de plantes qui ont été enlevées à d'autres secteurs, en particulier des graminées et posées sur le sol pour le protéger. Cette protection se réalise contre la radiation solaire en limitant les amplitudes de température de la surface du sol, ce qui a une très grande importance quant à l'évolution de la matière organique et quant à l'importance des pertes d'eau par évaporation.

Cette protection se fait également contre l'impact des gouttes de pluie ce qui conserve l'état de la structure superficielle et se traduit par une augmentation de l'infiltration.

Enfin, le paillage ou mulching réalise un freinage mécanique qui empêche le ruissellement d'atteindre sa vitesse érosive et qui donc permet également une augmentation de l'infiltration.

La couverture morte a l'avantage par rapport à la couverture vivante de ne pas créer de concurrence radiculaire vis à vis de l'eau. Cependant, elle n'a

pas l'action de fixation d'azote des légumineuses, ni l'action de reconstitution de la structure qu'ont les graminées. Il y a de plus danger d'incendie.

Cependant il faut noter qu'elle freine le développement de mauvaises herbes, qu'elle limite l'évaporation, ce qui est très avantageux dans les régions semi-arides (facteur limitant) et se traduit par une diminution du nombre des binages et des sarclages. Or, ce sont ces derniers qui souvent par un travail superficiel du sol provoquent une diminution de la structure et une augmentation des possibilités d'érosion.

Le problème est de trouver extérieurement cette couverture morte, ce qui n'est pas toujours facile, et pose des problèmes de transport et souvent de prix de revient. On a intérêt à alterner les terrains cultivés et les jachères dans lesquelles on prendra les graminées pour faire la paille. Cependant, il ne faut pas poursuivre trop longtemps cette technique au même endroit, car on risque d'épuiser des terres réservées au paille pour transférer leur fertilité à des terres en culture.

La couverture morte est cependant applicable en arboriculture et dans les zones à humidité moyenne. Notons que l'on a parfois remplacé cette couverture morte par des feuilles d'aluminium ou de papier en particulier dans les cultures d'ananas, mais le but était surtout de limiter l'évaporation et d'éliminer les sarclages.

B/- LES METHODES DE LUTTE MECANIQUE OU HYDRAULIQUE

Ces méthodes consistent en création d'obstacles au ruissellement par des moyens mécaniques, essentiellement par modification de la surface du sol. Elles sont très efficaces mais elles sont très coûteuses. Le principe est de n'intercepter le mouvement de l'eau qu'en certains points du terrain.

Elles ont donc l'inconvénient de laisser éroder le sol sur les autres points de la pente ce qui fait qu'il y a toujours une portion du terrain qui s'érode un peu et s'appauvrit relativement tandis qu'une autre s'enrichit en éléments apportés par le ruissellement le long des obstacles créés. Ce sont donc

des méthodes qui n'ont de valeur qu'associées aux autres méthodes de protection du sol (en particulier les méthodes biologiques). En effet, la création d'obstacles sur une pente n'empêche pas la pluie de dégrader la structure, le ruissellement d'attendre sa vitesse érosive, ni l'érosion éolienne d'emmener des particules. L'utilisation des différentes méthodes mécaniques dépend des conditions de pluviométrie et en particulier de l'intensité. Le calcul se fait d'après les pluies maxima prévisibles et d'après l'indice de fréquence des pluies exceptionnelles (Par exemple, une pluie de 60mm. qui peut être obtenue qu'une fois tous les 3ans). Puis, on utilise le facteur "intensité des pluies" qui permet de calculer le volume d'eau à évacuer par unité de temps, ce qui amène à établir la fréquence des pluies d'intensité exceptionnelle. Enfin, on tâche de connaître les coefficients de ruissellement soit par l'observation, soit par l'extrapolation de résultats de cuves d'érosion. Ces coefficients varient selon l'état du terrain, le degré de saturation du sol et ils ne sont pas toujours faciles à déterminer. Aussi, est-il nécessaire de prévoir des coefficients de sécurité qui sont obligatoires si l'on veut que les systèmes ne ne soient pas détruits par des pluies exceptionnelles. Dans ces méthodes mécaniques, on distingue des méthodes à infiltration totale ou ouvrages de retenue et des méthodes dites de diversion du ruissellement.

A/- Les méthodes d'infiltration totale (en ouvrages de retenue)
.....

Le principe est d'arrêter complètement le ruissellement ce qui arrête^ corrélativement tout entraînement de terre. Mais il y a un danger, celui du débordement si les obstacles ne sont pas calculés suffisamment importants, et ces débordements peuvent être très graves. Pour les éviter on calcule très largement les ouvrages et surtout on associe cette méthode aux autres méthodes en particulier aux méthodes de couvertures vivantes ou mortes qui freinent au maximum le ruissellement.

On distingue différents types :

- le type tranchée isohypse continue, qui est coûteux, dangereux, et difficile à réaliser sur les courbes de niveau.
- le type tranchée isohypse cloisonnée, qui évite au ruissellement de démarrer suivant des pentes longitudinales.

- le type fosse à limon ou drain aveugle, sorte de fossés discontinues en chicane qui sont utilisables pour des plantations arbustives déjà installées. Malheureusement ces fosses se comblent et quand elles sont pleines il faut en ouvrir d'autres. Ces drains aveugles lorsqu'ils sont bouchés ont l'avantage d'être un centre d'appel pour les racines.

Mais le type le plus important, c'est celui des terrasses ou banquettes en gradins. Le principe est de remplacer la pente par une série de banquettes horizontales qui parfois peuvent avoir une contre-pente. Le système est utilisé pour fixer des pentes très fortes et il est connu depuis l'antiquité dans le Bassin méditerranéen, en Extrême-Orient, en Amérique Centrale et dans les rizières d'Indonésie. On l'appelle souvent le système en terrasse méditerranéenne.

Ce système est assez coûteux mais il peut être compatible avec l'utilisation de l'irrigation par aspersion si les banquettes sont bien nivelées et bien consolidées. Dans certains cas, on a même vu l'utilisation de l'irrigation en nappe pour des rizières. Les inconvénients de cette méthode sont :

- la manipulation compliquée des déblais qui alourdissent les prix de revient.
- la mise en nu en aval d'un sol stérile par décapage des horizons supérieurs, transportés plus loin.
- la fragilité des talus qui peuvent céder sous le poids de la terrasse.

Pour remédier à ces inconvénients on a parfois limité la création de banquettes à des points particuliers en créant des terrasses individuelles. Ainsi, cela consiste à mettre chaque plant d'arbres ou d'arbustes sur une petite terrasse particulière de forme rectangulaire, le reste du terrain étant inchangé, simplement consolidé par des plantes de couverture. L'inconvénient/^{est} qu'il n'est plus possible de faire circuler des machines ou des attelages et de mécaniser la culture comme cela est encore possible sur les banquettes normales.

L'avantage de ces banquettes horizontales ou de ces terrasses individuelles est que l'on étale les eaux sur de grandes surfaces planes ce qui arrête les possibilités de ruissellement. Mais les inconvénients sont tels qu'il faut réserver ce système aux régions où l'on veut infiltrer au maximum les quantités d'eau, c'est-à-dire dans les climats arides et semi-arides aux pluies inférieures à 750mm et d'intensité moyenne. Ces limites sont indicatives car elles peuvent être repoussées si on a à faire à des sols très perméables.

D'autre part, ces terrasses en banquette reviennent très cher et il faut les réserver aux cultures rentables et plus particulièrement aux cultures arborées ou arbustives.

B/ Les méthodes de diversion.
.....

Alors que les méthodes d'infiltration totale visaient à arrêter complètement le ruissellement pour le faire infiltrer, les méthodes de diversion consistent à ralentir la vitesse du ruissellement en subdivisant les pentes, à provoquer les dépôts de la terre, à favoriser dans la mesure du possible l'infiltration, mais surtout à éliminer les excès d'eau plus ou moins temporaires et que l'on ne peut pas faire infiltrer. C'est le système le plus employé dans toutes les régions où la pluviométrie est importante et où les intensités de précipitations sont également très fortes. On distingue plusieurs types que nous allons énumérer :

- a - les fossés ou tranchées de diversion.

Ce sont de véritables fossés à qui l'on donne une pente légère. Ces fossés ont l'inconvénient de se boucher régulièrement et donc d'obliger à des travaux de curage. Il faut d'autre part, les protéger par une bande de végétation pour éviter que les bords ne s'éboulent et cela représente une perte de surface utile qui n'est pas négligeable. De plus il constitue des obstacles infranchissables pour la plupart des machines ou des attelages et enfin il n'est pas toujours facile de proportionner les dimensions de ces fossés aux volumes d'eau à drainer. En effet, au fur et à mesure que les fossés descendent en pente faible,

les volumes d'eau à éliminer sont de plus en plus importants et il faudrait augmenter leur section. Or, techniquement cela n'est pas facile et conduirait à des fossés énormes et anti-économiques. Aussi ce système n'est utilisé que pour des pentes supérieures à 10 et 12%, sur lesquelles on met en place des cultures pérennes ou arbustives et lorsque les conditions sont défavorables à l'installation d'ouvrages à infiltration totale.

- b - Les fossés en chapelet

Il s'agit d'une variante des fossés aveugles dont je vous ai parlé précédemment. Il s'agit de sorte de drains aveugles qui sont munis de dispositif de sûreté pour l'évacuation des excès d'eau. Ils ont les inconvénients suivants : coût d'établissement élevé, travaux d'entretien importants, obstacles au passage des attelages ou des machines, augmentation d'évaporation en saison sèche et durcissement relatif du sol, enfin, possibilité de comblement qui augmente les frais d'entretien.

- c - Les terrasses de diversion, ou appelées encore terrasses drainantes ou banquettes à chenal.

Le dessin ci-dessous vous donne la coupe en travers d'une telle banquette. Le principe est de créer sur la pente une dénivellation qui arrêtera l'eau et derrière laquelle celle-ci s'accumulera. Ce fossé qui est ainsi créé doit permettre l'évacuation de certaines quantités d'eau, ce qui oblige à lui donner une pente nette régulière et faible, pente qui doit être calculée soigneusement si l'on veut éviter des ravinelements. On arrive donc par ce système de terrasses de diversion à freiner de grandes quantités d'eau et surtout à éliminer les excès. Cette élimination se fait à vitesse lente de façon qu'il n'y ait aucun risque d'érosion. Ce système lutte très bien contre l'érosion par ruissellement, il permet le travail mécanique sur l'ensemble de la surface des sols, il autorise tous passages de matériel et s'adapte très bien à la culture des plantes annuelles. Ce système est adapté aux pentes légères et très longues où il y a des excès d'eau à éliminer du moins à certaines périodes. Le ruissellement qui existe sur les bandes de terre entre les banquettes est arrêté par cette dernière. Une partie s'infiltré dans le canal et le reste s'écoule grâce à la pente légère qu'a ce dernier.

Mais peu à peu il est évident que les volumes successifs d'eau qui descendent tout le long de la pente dans le chenal de la banquette deviennent très importants. Pour pouvoir les éliminer il faudrait réaliser un chenal à capacité d'évacuation croissante. Pour cela il est possible de créer un système à pente constante la section du canal augmentant régulièrement. Cela a un très gros inconvénient car on est très vite limité au point de vue volume de terre à enlever, la section devenant trop grande.

Aussi, le système qui est utilisé est de garder une section constante au chenal, mais d'augmenter la pente très progressivement. Or, une augmentation de pente dans un canal, à section constante, provoque une accélération de la vitesse de l'eau, ce qui se traduit par un débit plus élevé, donc par une augmentation du volume de l'eau éliminée pour une même section de canal. Mais l'accélération de l'eau peut avoir un inconvénient, car à partir d'une certaine vitesse dépendant des caractéristiques du canal, elle peut provoquer de l'érosion par ravinement. Aussi, à une section déterminée du chenal et compte tenu des conditions particulières de sol de la région, il correspond toujours une pente limite à ne pas dépasser, donc pour les canaux une longueur limite.

La technique de ces banquettes terrasses de diversion est considérablement développée dans tous les pays et actuellement on peut dire qu'elle est très bien connue. Vu son importance il est nécessaire de préciser les caractéristiques de ces banquettes que l'on qualifie de banquettes à lits en pente pour l'interception et l'évacuation de l'eau.

a - pente limite d'établissement.

Les expériences américaines montrent qu'il est difficile d'établir de telles terrasses sur des pentes de plus de 10 à 12%.

b - largeur des terrasses - espacement entre les fossés.

L'espacement entre les fossés d'écoulement doit être tel que :

1/ chaque fossé intercepte l'eau de ruissellement issue de la surface située à son amont avant que la vitesse de l'eau soit assez grande pour provoquer l'érosion

A/ le volume d'eau qui parvient à chaque fossé ne doit pas être trop grand pour ne pas nécessiter des fossés de dimensions gênantes pour la culture.

La largeur des terrasses est obtenue par l'intermédiaire de la dénivellée entre deux terrasses, plus précisément entre deux fossés successifs.

La dénivellée est la différence de cote calculée verticalement entre deux fossés. Celle qui doit exister entre deux fossés successifs est fonction de la pente. Elle est fournie par une formule établie par C.E. RAM SER aux Etats Unis.

Pour les lieux où l'érosion se manifeste nettement, cette formule est :

$$D = 0,076 S + 0,608.$$

D = dénivellée entre deux fossés successifs.

S = degré de pente en pourcent.

Exemple : en pente de 7% la dénivellation entre deux fossés successifs en région fortement érodée devra être :

$$0,076 \times 7 + 0,608 = 1,14 \text{ m}$$

En pente de 7% il y a une dénivellation de 7m pour une distance horizontale de 100m. La dénivellation entre deux terrasses devant être 1,14m, la largeur de la terrasse sera :

$$\frac{100 \times 1,14}{7} = 16,30 \text{ m.}$$

La largeur ainsi calculée d'une terrasse peut être augmentée ou diminuée de 15% selon que les conditions du milieu naturel combattent ou favorisent l'action érosive de l'eau.

c - longueur des terrasses.

généralement la longueur théorique maxima d'une terrasse dans un sens d'écoulement de l'eau varie de 450 à 550m, selon les conditions.

Mais sur un terrain déjà raviné, que l'on essaie de récupérer pour la culture, une longueur de 350 m doit être rarement dépassée.

Pratiquement ce sont les terrasses de 200 à 300m qui donnent pleine satisfaction;

La plupart du temps, la longueur d'une terrasse est sous la dépendance directe du réseau de talwegs existant dans les champs, car il est en effet inutile d'étendre une même terrasse au-delà des conduits de drainage naturels.

d - pente longitudinale des terrasses.

Il est recommandé que la pente longitudinale des terrasses à lit en pente ne soit pas uniforme.

Si elle l'est, toutes choses étant égales par ailleurs, il y a risque d'augmentation de vélocité de l'eau et d'accumulation d'un volume d'eau relativement plus important sur le bas de la pente. Aussi comme nous l'avons vu il faut choisir la solution I à pente longitudinale variable : pente faible à nulle au sommet de la déclivité, pente de plus en plus accentuée en se dirigeant vers le bas de pente.

La pente faible à nulle du sommet de la déclivité aura pour conséquence un ruissellement plus lent de l'eau de pluie reçue et une plus grande probabilité d'infiltration dans le sol.

La pente plus forte en aval, permet un écoulement plus rapide de l'eau issue des précipitations, donc diminue le risque d'une accumulation sur le bas de pente d'une lame d'eau relativement grande (eau issue des précipitations + eau de ruissellement venant de l'amont).

A simple titre indicatif, il est parfois conseillé aux U.S.A. de donner les valeurs suivantes à la pente longitudinale de terrasses à lit en pente :

En région où les précipitations sont intenses et les sols moyennement perméables :

0,10 m	de dénivellation	pour	1ers	120m.
0,20 m	"	"	2ème	120m.
0,30 m	"	"	3ème	120m.
0,40 m	"	"	4ème	120m.

En région où les sols sont excessivement perméables :

120 premiers mètres : horizontaux,
0,10 m de dénivellation pour les 2èmes 120m.
0,20 m " " 3èmes 120m.
0,30 m " " 4èmes 120m.

En région où les sols sont moyennement perméables et la pluviosité faible :

150 premiers mètres horizontaux,
0,10 m de dénivellation pour les seconds 150m.
0,20 " " 3èmes 150m.

c - Caractéristiques du fossé d'écoulement.

deux lois régissent la construction des fossés d'écoulement :

1/ un fossé d'écoulement doit avoir une capacité de débit telle qu'elle puisse écouler le ruissellement d'intensité maxima issu de la terrasse qu'il limite.

2/ le profil transversal d'un fossé d'écoulement doit être suffisamment peu accentué pour permettre les opérations de culture sur le fossé et la levée, avec la machinerie agricole moderne, sans risques de destruction.

Il est donc nécessaire avant toute chose de déterminer l'intensité de ruissellement jamais atteinte sous le climat du lieu, sur une unité de surface. Elle est fonction de l'intensité maximum de la pluviométrie et du coefficient d'écoulement, c'est-à-dire, du rapport de l'eau écoulée à l'eau tombée.

Exemple : si la précipitation la plus intense enregistrée sous le climat d'un lieu se chiffre par une hauteur d'eau de 0,10m, tombée en une heure, dont 4/5 s'écoulent, la hauteur d'eau écoulée par seconde est :

$$\frac{0,10 \text{ m}}{3.600} \times \frac{4}{5} = 0,00002216 \text{ m}$$

L'intensité maxima de ruissellement issu d'une surface de 1 Km² sera :

$$0,00002216 \text{ m} \times 1.000.000 \text{ m}^2 = 22,16 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Cette donnée étant évaluée il est facile de calculer le ruissellement d'intensité maxima issu d'une terrasse de superficie connue.

Exemple : si la surface d'une terrasse est 0,024 Km² et l'intensité maxima d'un ruissellement issu d'une surface de 1 Km², 22,16 m³/sec ,

l'intensité maxima du ruissellement issu de cette terrasse sera :

$$22,16 \times 0,024 = 0,5318 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Le fossé d'écoulement d'une terrasse devra avoir une capacité de débit supérieure à l'intensité maxima d'écoulement issu de la terrasse qu'il limite.

La capacité d'écoulement d'un fossé est obtenue en multipliant la surface de la section du fossé en m² par la vitesse de l'eau que permet ce fossé en m/sec.

La formule est : $Q \text{ m}^3/\text{sec} = SV$ S = Surface de la section
V = Vitesse de l'eau.

La vitesse que permet un fossé est obtenue par la formule de Manning.

$$V = \frac{1,486}{n} \cdot R^{2/3} \cdot P^{1/2},$$

n est un coefficient de rugosité. Pour les sols cette valeur est très peu différente de 0,04

R est le rayon hydraulique, il est égal à la Surface de la section du fossé.

La longueur du périmètre mouillé est la longueur de la ligne de contact en section, entre l'eau et la paroi du fossé.

P est le degré de pente exprimé en m. par m.

Les chiffres 2/3 et 1/2 indiquent que R et P sont à la puissance 2/3 et 1/2.

Cependant, les dimensions données au fossé d'écoulement d'un système de terrasse à lit en pente peuvent être basées sur les principes suivants, valables dans la grande majorité des cas :

- la profondeur d'un canal d'écoulement doit être supérieure à 0,40m et inférieure à 0,55 m (0,40 - 0,60).

- la surface de la section doit rarement être plus petite que 1m².

- la pente de la levée de terre ne doit jamais être plus forte que 25%, généralement elle est de 20% environ.

Réalisation pratique des banquettes.

Au préalable, il y a un certain nombre de travaux à réaliser sur le terrain, principalement de piquetage du fossé lui-même qui doit être non pas exactement sur les courbes de niveau, mais suivant une pente faible mais régulièrement croissante. Ce piquetage doit être fait très soigneusement.

En ce qui concerne la construction elle peut être faite à la main, cela représenterait de grands volumes de terre à manier et reviendrait très cher quoique ce soit une solution qui a été employée plusieurs fois en Afrique dans les régions de fortes populations. Elle peut être faite mécaniquement soit à l'aide de la traction animale, soit à l'aide de la motorisation. Cette dernière peut être soit l'utilisation du matériel de terrassement des travaux publics (genre grader qui font les routes), matériel qui déplace de très grands volumes de terre et qui ne réalisent que très peu de passages sur le sol; soit l'utilisation du matériel agricole de la ferme elle-même (les tracteurs à disque ou à soc) mais avec comme inconvénient l'obligation de faire/de très nombreux passages au même endroit pour confectionner une banquette. Cette construction est alors en plus difficile à réaliser car il faut faire très attention de ne pas créer des points faibles dans le système, points faibles qui pourraient céder lors des pluies exceptionnelles et provoquer des ravinements très graves en aval.

L'expérience américaine dans ce domaine peut nous être utile et les conseils qu'elle donne sont : ne jamais excaver là où il faudrait remblayer, déplacer le sol le moins de fois possible et toujours dans le sens de la pente,

éviter de retravailler trop souvent des remblais car la terre se pulvérise, essayer de déplacer à chaque passage le maximum de terre compatible avec le type de traction c'est-à-dire s'arranger pour faire marcher le tracteur le plus vite possible.

En fait, il y a une mise au point à faire dans chaque cas particulier et cette mise au point ne peut être faite que par des essais systématiques.

En Afrique, ces terrasses à banquettes ont été utilisées en de nombreux endroits où elles donnent généralement satisfaction.

Toutes ces méthodes de lutte que je viens de vous préciser, méthodes biologiques et agricoles par couvertures vivantes et couvertures mortes, méthodes mécaniques ou hydrauliques par infiltration totale ou par interception et élimination des excès d'eau, se complètent et doivent être choisies soigneusement en fonction des cas particuliers, c'est-à-dire en fonction des données climatiques, des données pédologiques, des problèmes humains et enfin des données économiques. Généralement il y a moyen d'associer les différentes méthodes. En particulier, une de ces méthodes s'appelle le Stripcropping. Le Stripcropping ou en français cultures alternées consiste à alterner sur une pente les cultures par bandes d'une certaine largeur, bandes mises suivant les courbes de niveau. Cette alternance de culture peut se faire soit seule, soit avec l'utilisation de banquettes anti-érosives qui forment les limites réelles des différents champs de culture. On s'arrange de plus à alterner des cultures dites "ouvertes" sensibles à l'érosion et des cultures "fermées" qui la freinent, cela suivant la pente et entre les banquettes.

Lorsque les dangers d'érosion sont élevés, on peut alterner des cultures ouvertes avec des plantes de couvertures, des cultures arbustives ou des haies. Au cours du temps on fait tourner en rotation ces différentes cultures de façon qu'un sol ayant une culture ouverte une année reçoive l'année d'après une culture fermée résistance à l'érosion.

On voit donc qu'il y a combinaison des méthodes de lutte hydraulique par des banquettes et des méthodes de lutte biologique ou agricole par utilisation de rotations judicieuses, par alternance de culture, par utilisation de plantes de couverture. Enfin, il est évident que dans tous les cas on a intérêt

à utiliser les méthodes agricoles de travail du sol qui sont les plus adaptées à la lutte contre l'érosion par exemple le sous-solage ou le billonnage.

Pour conclure ce chapitre sur les méthodes de diversion, il faut étudier ce que deviennent les eaux de ruissellement qui ont été éliminées par les banquettes légèrement en pente.

Toutes les banquettes déversent leurs eaux dans des voies qui sont aménagées pour les éliminer hors des parcelles cultivées. Cet aménagement peut se faire par l'aménagement rationnel d'un marigot ou d'un chemin d'écoulement naturel des eaux. Mais le plus souvent sur les parcelles en faible pente il est nécessaire d'en organiser des chemins d'écoulement artificiels, en les engazonnant de façon à ce que de grosses quantités d'eau de ruissellement puissent descendre sur les pentes sans provoquer de ravinements. L'engazonnement qui est une méthode de couverture vivante freine suffisamment le ruissellement pour que pour celui-ci ne se traduise pas par des phénomènes d'érosion. Cette question de l'élimination des excès d'eau est extrêmement importante, et de trop nombreux aménagements anti-érosifs ont échoué du fait de l'insuccès des techniques de délimitation. Selon les régions il sera même nécessaire d'utiliser soit des petits barrages en pierre sèche, soit des constructions plus importantes, en ciment par exemple, pour corriger le talweg et permettre aux eaux d'être éliminées sans ravinement.

En conclusion donc, dans le cadre de l'aménagement rationnel d'une surface en pente, il y a donc d'abord la mise en place des banquettes le plus souvent en très faible pente, et ensuite il y a l'aménagement des voies d'écoulement des eaux vers les marigots et vers les cours d'eaux normaux permanents. Mais en plus de ces deux problèmes il y a la nécessité d'installer les routes d'accès pour venir travailler les parcelles et également pour exporter les récoltes. Ces routes doivent être tracées de façon à éviter qu'elles ne provoquent des ravinements, ce qui exclut leur installation suivant les pentes fortes. Aussi compte-tenu de l'emplacement des banquettes, il y a tout un réseau de routes à mettre en place, installation qui n'est pas toujours facile à réaliser lorsque les voies d'écoulement des eaux doivent être créées artificiellement.

Dans chaque cas, il y a une étude précise à faire par des spécialistes, après levés topographiques précis sur le terrain, après études de données climatiques et également étude des conditions pédologiques.

En conclusion, un aménagement anti-érosif par banquettes de diversion est un aménagement qui donne satisfaction dans la plupart des cas, mais, qui doit être calculé très soigneusement et également réalisé très soigneusement si l'on veut éviter que l'ensemble ne soit détruit par l'arrivée de pluies exceptionnelles. Ces aménagements par banquettes reviennent évidemment assez chers, et il est logique de ne les utiliser que pour des cultures suffisamment rentables. Ce point de vue économique ne devra jamais être perdu de vue lors du choix des méthodes, soit biologiques, soit agronomiques, soit mécaniques, et l'aspect de prix revient compte-tenu des possibilités de mise en valeur doit être une des grandes préoccupations des ingénieurs qui ont la responsabilité de l'aménagement.

II/ LA LUTTE CONTRE L'ÉROSION ÉOLIENNE

Cette lutte tient compte du processus de l'érosion éolienne que nous avons étudiée et dont voici les principales caractéristiques :

1° la vitesse du vent croît en fonction du logarithme de la hauteur au-dessus du sol. Cette vitesse est importante car elle détermine l'intensité de la force exercée sur les sols.

2° En ce qui concerne ce dernier les facteurs déterminants sont la taille et la densité des particules qui peuvent être détachées.

3° Il y a à la surface du sol une force turbulente qui provoque des mouvements tourbillonnaires, aussi faut-il créer une surface composée de particules suffisamment volumineuses pour que ce mouvement de turbulence ne puisse s'amorcer. On le peut soit :

- a) en créant des mottes de grosse taille et de bonne stabilité,
- b) soit en rendant inégale la surface du sol, en particulier avec des résidus végétaux.

En ce qui concerne les particules qui sont détachables ce sont celles qui ont un diamètre moyen de 0,1mm qui ont le rapport taille sur poids qui favorise au plus haut ^{degré} le déclenchement du processus d'érosion. Les particules plus petites semblent avoir une plus forte cohésion et les particules plus grosses ont un poids trop élevé par rapport à leur hauteur d'émergence. En effet, la force

abrasive intense du vent à tendance à désagréger les mottes, détruire les agrégats avant de transporter certaines particules. Cette force abrasive peut provoquer des effets de micro-avalanche lorsqu'il y a une hétérogénéité de la surface du sol, effet d'avalanche qui peut gagner du terrain dans le sens du vent.

On se rend compte que la nature du terrain a une très grande importance et tout de suite on peut conclure au danger de pulvériser un sol, par pulvérisateurs à disque ou par utilisation de haches trop brutales. De même le piétinement par les animaux créant un horizon pulvérulent en surface favorisera le déclenchement de l'érosion éolienne. Enfin, le passage d'engins mécaniques, de voitures ou de tracteurs peut également provoquer une désagrégation suffisante de l'horizon de surface pour qu'il devienne sensible à l'entraînement par le vent. Compte-tenu de ces remarques, les principes de base de la lutte contre l'érosion éolienne sont :

1° former par le travail du sol des agrégats ou des mottes de dimension suffisante en surface pour résister à la force du vent.

2° Rendre la surface inégale de façon à ralentir le vent et à retenir la terre déjà mise en mouvement.

3° Etablir par intervalles réguliers des haies ou des bandes de fixation pour réduire la vitesse du vent au sol et freiner le processus d'avalanche.

4° Etablir ou maintenir une végétation ou amener des résidus végétaux qui protégeront le sol.

L'efficacité de ces principales méthodes variera selon les pays et leurs caractéristiques.

Comme pour l'érosion par ruissellement c'est généralement l'adoption de plusieurs méthodes qui sera la solution idéale. Par exemple quand des cultures vulnérables succèdent à des cultures plus résistantes, il faut combiner la plantation par les bandes alternées déjà étudiées précédemment et l'utilisation d'une litière végétale morte pour protéger le sol.

Pratiquement la protection des terres cultivées pourra se réaliser de plusieurs façons.

1° par aménagement rationnel de la couverture végétale en orientant les lignes de culture perpendiculairement au vent dominant.

Tous les travaux du sol, labours, billonnages devront également être orientés perpendiculairement à la direction des vents dominants.

2° par utilisation de cultures de couverture, soit en bandes, soit en peuplements d'un seul tenant. Mais il est évident que ces cultures seront limitées dans les pays à ressources hydriques faibles. Il faut à ce moment là qu'elle puissent servir de pâturage pour les troupeaux, ces derniers étant très surveillés et leur temps de pacage limité pour éviter que les terrains ne soient dégradés.

3° par alternance de cultures vulnérables et de cultures résistantes orientées perpendiculairement à la direction des vents dominants. Cela reste une des méthodes les plus simples et les plus efficaces.

Il faut noter que plus les bandes alternées seront étroites plus le freinage sera efficace, si bien que la largeur des bandes peut parfois dans les sables n'être que de 6m de large. L'inconvénient d'utiliser des bandes de plantes de couverture est qu'elles permettent l'envahissement par les mauvaises herbes, la pullulation d'insectes et surtout qu'il est très difficile de réaliser le pâturage des bêtes sur des bandes sans que les animaux n'aillent sur les bandes voisines. Aussi, l'utilisation des chaumes de graminées est elle une des meilleures solutions. Enfin, la rotation des cultures chaque année suivant les bandes est une solution qui doit être utilisée au maximum, car elle limite au maximum les pertes en matière organique.

4° L'utilisation des brise-vents et rideaux d'arbres. On peut remplacer les bandes de cultures résistantes au vent par des rideaux d'arbres ou d'arbustes, c'est-à-dire par des plantes pérennes.

Cela revient à réaliser un découpage définitif du terrain en champs nettement distincts.

Il faut évidemment essayer, dans la mesure du possible, d'utiliser au maximum ces brise-vents pour des fins économiques (sylviculture, fruitiers, arbres fourragers).

Mais il est parfois difficile/^{de} concilier la possibilité d'utilisation avec les qualités de bons brise-vents. En particulier, dans les régions à pluviométrie déficiente, le choix des espèces, susceptibles d'avoir une croissance normale, est très limité.

Aussi, les brise-vents seront-ils très employés dans les régions à pluviométrie moyenne, où il y a alternance de saisons humides et sèches, les dernières étant le siège de phénomènes d'érosion éolienne. C'est le cas du Sud de la Russie où un effort spectaculaire a été accompli, de la Chine et de certaines régions des Etats-Unis.

Ces brise-vents peuvent servir de pare-feux dans les régions tropicales, ce qui est très important.

Mais ils ont certains inconvénients, en particulier :

a/ ils offrent une concurrence importante vis-à-vis de l'eau, l'arbre étant gros consommateur.

La concurrence s'exerce de chaque côté de la plantation sur 15 ou 30 mètres, et les plantes cultivées en souffrent énormément.

Ainsi il y a l'exemple de Kaffrine où la présence de *Cassia siamea* se répercute nettement sur l'état végétatif et les rendements des cultures voisines.

b/ il est parfois difficile de créer des brise-vents sans des apports d'eau supplémentaires, tout au moins en début de plantation.

Or, si le développement du rideau d'arbres est irrégulier, il peut en résulter des trouées, par lesquelles le vent s'engouffrera. Prenant ainsi de la vitesse, il risque de provoquer localement des dégâts importants.

La meilleure solution est alors l'utilisation de haies vives d'arbres ou d'arbustes. En plus ces dernières permettent de créer des limites fixes des champs, et, quadrillant le terrain, réalisent un excellent freinage des effets érosifs.

La création des brise-vents doit se faire en tenant compte d'un certain nombre de règles, et il faudra dans chaque cas faire le point des avantages et des inconvénients.

La ralentissement maximum de la vitesse du vent se fait au **niveau** immédiat de l'obstacle, puis la vitesse va augmenter à nouveau au fur et à mesure que l'on s'éloigne du rideau.

Cette vitesse reprendra sa valeur initiale à une distance évaluable de 30 à 40 fois la hauteur maximum du brise-vents.

Comme il faut éviter, non seulement que cette vitesse ne soit atteinte, mais surtout que la vitesse V_0 à laquelle les effets érosifs démarrent ne soit dépassée, on se rend compte que la distance entre les bandes boisées sera toujours limitée. La zone totale protégée va donc dépendre de la vitesse maximum du vent de la région.

Notons que la vitesse à laquelle le vent peut provoquer des effets érosifs peut descendre dans certaines conditions à 20 Km/heure.

Pour la constitution du brise-vents il est généralement nécessaire d'utiliser des espèces différentes qui se combineront pour donner une forme spéciale au rideau, très en pente vers le vent, plus abrupte de l'autre côté.

Cependant il faut toujours laisser au rideau une certaine porosité à la base pour éviter la création de mouvements tourbillonnaires.

En ce qui concerne la largeur des brise-vents la meilleure solution est qu'elle soit faible, pour éviter des pertes de terrain, le nombre de rangées de une à trois étant souvent conseillé. Dans ces conditions, il semble, en moyenne, que le meilleur écartement entre les brise-vents eux-mêmes est de l'ordre de 10 fois seulement leur hauteur.

La conclusion sur les brise-vents est qu'il s'agit d'une méthode assez difficile à utiliser dans certaines régions, qu'elle est coûteuse d'installation, peut présenter des inconvénients non négligeables, et qu'il faut la limiter à des cas bien étudiés.

C'est dire que la conclusion sera la même que pour la lutte contre le ruissellement, et que la combinaison de différentes méthodes, agronomiques, biologiques et mécaniques sera toujours la meilleure solution. Celle-ci serait donc l'utilisation de cultures alternées, placées perpendiculairement aux vents dominants, soumises à des rotations systématiques, travaillées de façon à améliorer l'état structural du sol, enfin intégrées dans un cadre de brise-vents à utilisation économique réelle.

5) Méthodes complémentaires.

Une excellente méthode concerne l'utilisation des résidus des récoltes, par exemple fanes d'arachide ou chaumes des céréales, pour couvrir le sol en saison sèche. Dans de nombreuses régions d'Afrique, l'érosion éolienne ne joue qu'à cette période, et comme il ne peut être question de faire des cultures spéciales, c'est souvent la seule solution valable.

L'efficacité dépend de l'abondance des résidus et de l'orientation des champs, les résidus de paille fine protégeant mieux que les tiges grossières, genre sorgho ou maïs.

La durée de protection dépend des traitements post-cultureux, du passage des feux, de la décomposition et de l'action des termites.

Cette technique est appelée mulching lorsque les résidus des récoltes sont incorporés de façon très superficielle au sol. Elle est employée avec succès dans le cas des agricultures semi-intensives en saison sèche.

En ce qui concerne les méthodes de travail du sol une technique avait été proposée, celle du lit de poussière pour limiter l'évaporation.

Ce qui précède montre qu'elle a des inconvénients graves, aggravations de l'érosion éolienne, qui doit la faire abandonner.

La méthode du sous-solage, par contre a son intérêt, bien qu'elle soit d'application limitée.

Elle ne pulvérise pas la surface du sol, et, par contre, augmente l'infiltration en profondeur.

Cela nous amène à être très prudent lorsque l'on décide de l'achat de matériel agricole en Afrique tropicale. Ce matériel doit être choisi, d'abord en tenant compte des nécessités de la conservation du sol, point trop souvent oublié par les techniciens. Ce devra être votre souci à l'avenir.

La protection des pâturages.

Elle est assez difficile car il y a toujours de grandes concentrations d'animaux autour des points d'eau au cours de la saison sèche.

Il faut créer des aménagements rationnels des pâturages, en évitant les surcharges et le surpâturage.

La fixation des dunes et des sables erratiques est possible relativement facilement, car les botanistes ont déterminé un certain nombre d'espèces végétales, très spécialisées et adaptées aux climats secs et aux sols sableux pauvres.

La méthode la meilleure est alors le quadrillage à la plantation.

Enfin, citons la méthode du dry farming, ou arido-culture. Elle représente la préparation de terres, en régions subarides, faites en un court laps de temps et sur de grandes surfaces. Elle a des avantages au point de vue économie de l'eau, mais présente de grands dangers du fait de sa mécanisation quant à l'érosion éolienne.

C O N C L U S I O N G E N E R A L E

Toute l'étude de la lutte contre l'érosion, due au ruissellement ou à l'action éolienne, ne représente en fait qu'un chapitre de la conservation du sol, terme pris dans son sens agronomique le plus large.

C'est pour cela que ce cours a été intitulé "CONSERVATION DU SOL ET LUTTE CONTRE L'EROSION".
