

INSTITUT D'ELEVAGE ET DE MEDECINE
VETERINAIRE DES PAYS TROPICAUX 10, RUE PIERRE
CURIE 94704 MAISONS-ALFORT CEDEX

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Les facteurs de dégradation de la zone sahélienne

Par

MOUNKAÏLA YAYE

SESSION 1988-1989



Introduction

P 1

I. Présentation de la zone sahélienne

P 2

P 2

11. Généralités

12. Etude exhaustive du climat de la zone sahélienne

P 3

12.1 La pluviométrie

P 4

12.2 La température et insolation

P 4

12.3 Les vents

P 4

13. Les sols de la zone sahélienne

P 5

14. La végétation

P 5 - 7

a) Végétation naturelle du Nord sahel.

b) Végétation naturelle du Sud sahel.

15. Les hommes et leurs activités

P 8

P 8

15.1. Les agriculteurs

15.2. Les éleveurs, peuples nomadisant et transhumants

II. Les facteurs de dénudation de la zone sahélienne

P 11

2.1 - Le climat sahélien

P 11

2.1.1. variations climatiques

P 11

2.1.2. Evolution climatique et ses conséquences

P 11

2.1.2.1. la variabilité de la pluviométrie

P 12

a) variations interannuelle

b) variations dans l'espace

2.1.2.2. Le phénomène de sécheresse dans la zone sahélienne

P 13

2.2 La dénudation de la zone sahélienne liée au facteurs éolophiques

P 16

2.2.1 Les sols sahéliens et leurs caractéristiques

P 16-2

a) Sols minéraux bruts.

b) Sols peu évolués

c) sols calcimorphes (ou calcomagnimorphes) et vertisols.

d) sols à Humus évolué

e) sols ferrugineux tropicaux

f) sols hydromorphes.

g) sols halomorphes

222 - Facteurs et modalités des sols sahéliens

2221 - Phénomènes d'entraînement des particules du sol.

a) Erosion éolienne

a1) L'avancée des dunes

a2) L'harmattan

a3) Les grands vents.

2222 - L'invasion pluviale et ses conséquences sur les sols.

2223 - Evolution des caractéristiques physiques des sols.

2224 - Evolution chimique des sols.

223 - Aspects topographiques du sahel.

23 - Les facteurs de dénudation liés à l'exploitation p28-42
agro-sylvo-pastorale (actions anthropiques)

231 - Les systèmes d'exploitation agricole et leurs conséquences sur le milieu sahélien.

231.1 - Les pratiques agricoles, ses causes et ses conséquences

a) L'accroissement des surfaces cultivées.

b) Le défrichement

231.2 - L'irrigation mal-menée

232 - Les systèmes d'exploitation pastorale et leur incidence sur l'environnement sahélien

232.1 - Les modes d'exploitation du milieu sahélien.

232.2 - Modifications subit par l'exploitation traditionnelle.

232.3 - Intensification de l'exploitation pastorale.

2324. Le problème du pâturage à burif.
- 233 - Exploitation des ressources forestières et pastorales et leur impact dans la dégradation de la zone sahelienne.
- 2331 - L'impact des centres administratifs.
- 2332 - Evolution de l'exploitation agro-pastorale.

III. Conclusion et recommandations.

p. 43

3.1. Conclusion générale.

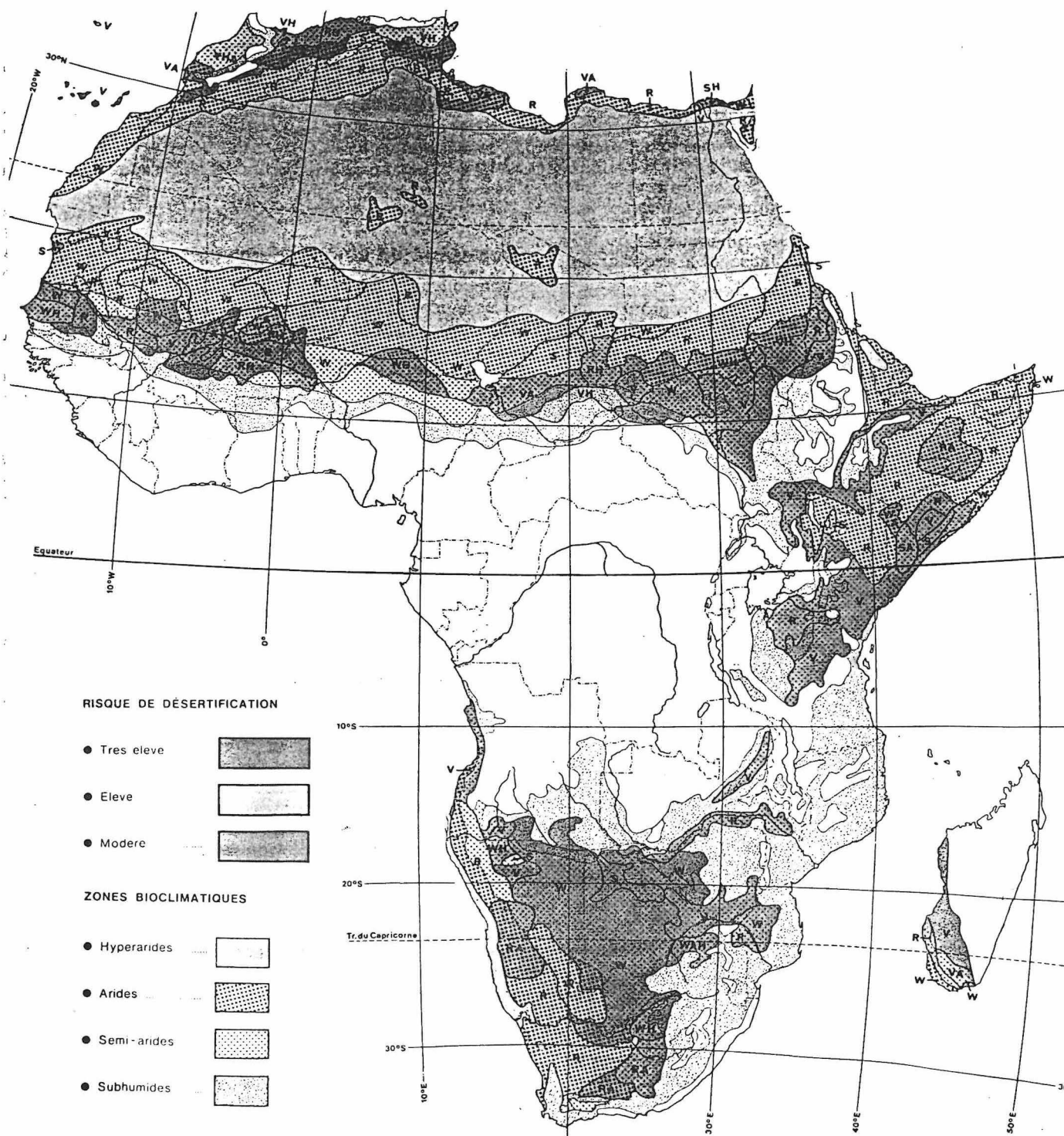
3.2. Recommandations (Annexe).

Bibliographie

p. 44.

LA DESERTIFICATION EN AFRIQUE

Le continent africain tel qu'il figure sur la carte mondiale de la désertification préparée pour le Conférence de Nairobi par la FAO et l'UNESCO, avec la coopération de l'OMM et du PNUE et d'experts-conseils internationaux (reproduit avec l'autorisation de la FAO)



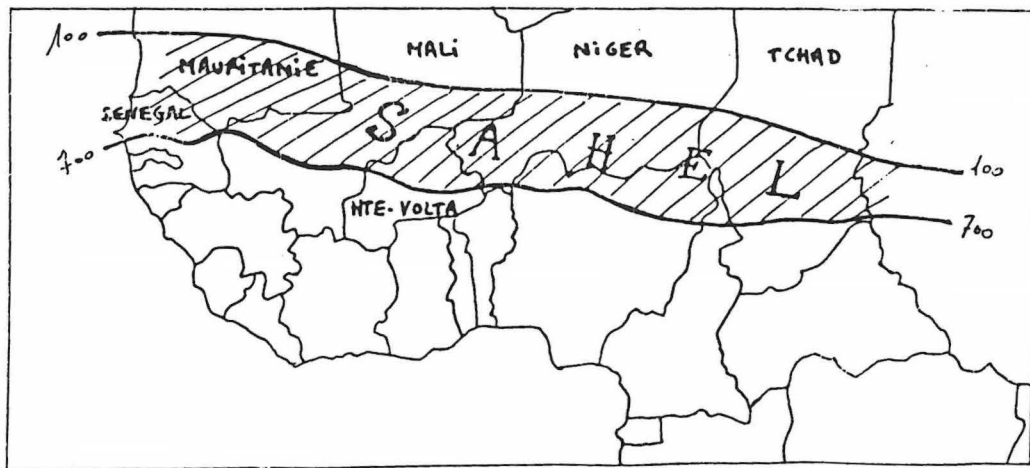
« La zone sahélienne prise au sens large se dégrade, s'appauvrit, bref se désertifie si l'on utilise un mot qui est de plus en plus employé même s'il peut prêter à quelque confusion » dit Michel Bonfils (1987) - La question de savoir si la désertification est essentiellement due à des sécheresses et à une aridité croissante ou à une exploitation abusive des ressources naturelles par les populations locales est vivement débattue.

Certains auteurs imputent ces phénomènes de dégradation à la période de sécheresse qu'ils situent dans un processus de détérioration climatique tendant vers l'aridification (Michel 1984, Toupet 1986). D'autres l'attribuent aux activités humaines qui accentuent les effets des conditions climatiques déjà défavorables (Boudet 1972, Le Houérou 1979, Grouzis et Alberget 1987).

Bien qu'il n'y ait pas de consensus sur les causes du phénomène, l'ensemble de la communauté scientifique reconnaît aujourd'hui la profonde dégradation des systèmes écologiques sahéliens (Grouzis 1988). Certains pensent aussi que l'accroissement démographique et économique conduit en effet à la fixation des populations entraînant l'abandon des longues jachères. Il en résulte une destruction du couvert végétal et par voie de conséquence une diminution de l'infiltration des pluies. Des processus de dégradation (ruissellement, érosion éolienne, ...) prennent naissance, provoquant la désertification des terres.

11- Généralités

Le mot « Sahel » veut dire, « rive, bordure » ... mais si l'on trouve côte-à-côte « sahélien » et « sahélo-soudanien » on comprend bien que le Sahel ainsi désigné est le Sahel sud-saharien (Baumer, M. 1987) « Le Sahel est le "limage" ou "bordure" du Sahara où le désert fait progressivement place au monde tropical avec un climat à saisons tranchées, une flore et une faune adaptées » (Boudet, G. 1984) Il s'agit de toute la région s'étendant au sud du Sahara entre les latitudes 20° Nord et 13° Nord et qui va des côtes atlantiques mauritaniennes et sénégalaises jusqu'aux confins soudanais Tchadiens (longitudes de 10° Est à 20° Est). (Bernard Caisse 1980) A peine vulgarisé, le nouveau mot « Sahel » est devenu pour beaucoup symbole de misère, de détresse, d'une lutte désespérée pour la survie dans un environnement peu hospitalier (Baumer M. 1980).



La région géographique du Sahel, positions actuelles moyennes des isohyètes 100 mm/an (limite Nord), et 700 mm/an (limite Sud).

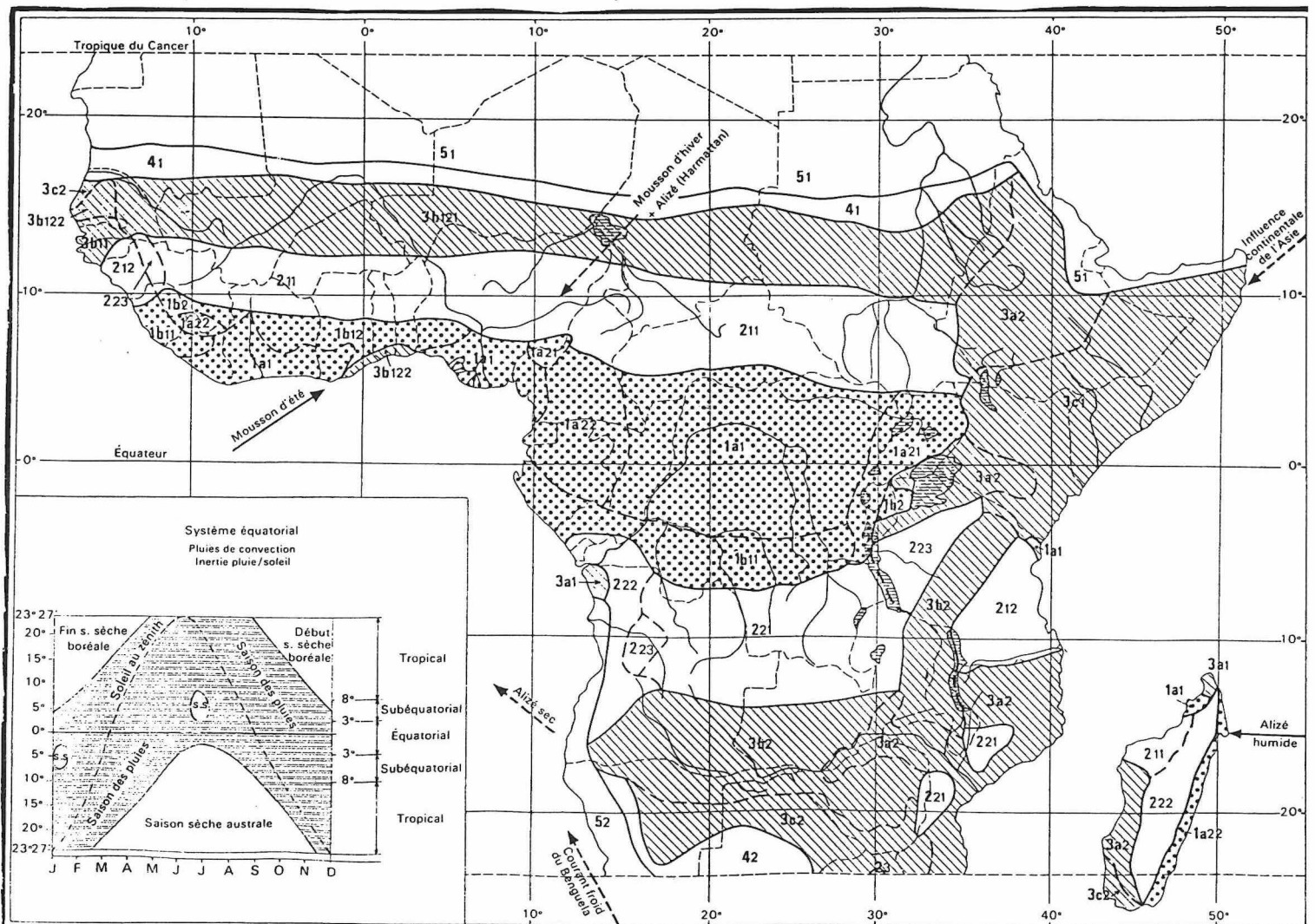
Le Sahel des pays du CILSS (Comité inter-états de lutte contre la sécheresse au Sahel) couvre environ $2.500.000 \text{ km}^2$ et s'étend sur une partie des territoires de 6 pays légaux : Mauritanie, Sénégal

12. Etude exhaustive du climat de la zone sahélienne.

Le milieu sahélien peut être considéré comme un système écologique défini par des conditions spécifiques d'aridité : longueur de la saison sèche, intensité de l'évaporation, faiblesse et forte variabilité des précipitations, précarité de la réserve hydrique du sol, couverture végétale discontinue... c'est une zone qui présente des caractères fluctuants pour ce qui concerne les variables écologiques. (Gronzio. II 1988).

Le climat de la zone sahélienne est continental à forte amplitude annuelle, ce qui signifie que les facteurs climatiques qui le caractérisent, présentent chaque année des maxima et des minima fortement marqués.

Aubreville en 1943 établit une carte des climats intertropicaux basée sur l'importance de la saison des pluies et les températures moyennes.



121. La pluviométrie

Dans la zone sahélienne, la saison sèche débute en octobre - novembre et se termine en Avril - Mai. Elle est caractérisée par une sécheresse quasi-absolue.

La saison des pluies se concentre de juin à octobre et présente un maximum de pluviosité en Août.

Il y a une grande variabilité de cette pluviométrie dans le temps et dans l'espace dans la zone sahélienne.

122. La température et insolation

La zone sahélienne voit passer le soleil au zénith deux fois par an, ce qui provoque la montée de la température deux fois par an. Les températures toujours élevées sous abri dénotent un climat tropical très chaud.

Par exemple les moyennes mensuelles vont de $19,8^{\circ}\text{C}$ pour le mois le plus frais (janvier) à 34°C pour le mois le plus chaud (juin) à Agadez et de $22,7^{\circ}\text{C}$ en janvier à $34,3^{\circ}\text{C}$ en Mai à Tahoua. En relation avec la plus grande sécheresse du climat, l'amplitude thermique aussi bien annuelle que nycthémérale est plus importante à Agadez qu'à Tahoua. De même, les valeurs absolues observées sur une longue période montrent que les maximums les plus élevés ($\approx 48^{\circ}\text{C}$) et les minimums les plus bas (voisins de 1°C) à Agadez.

L'insolation presque constante en raison de la faible variabilité de la longueur des jours présente deux maxima, l'un en Août à la nébulosité minimale, l'autre en Mars. Le dernier correspond à la plus grande fréquence des brumes sèches occasionnées par le transport par l'Harmattan d'importantes quantités de particules fines minérales ($\leq 50\mu$) pouvant provenir des sols souvent très éloignés.

123. Les vents

Les deux principaux vents sont l'Harmattan et la mousson (Leroux 11 1983). Le premier est l'air tropical continental. Il s'agit d'une masse d'air qui souffle de l'Est ou du Nord

- Est à partir du Sahara. C'est un vent très chaud et sec -

(5)

Le second a pour origine l'anticyclone de Sainte-Hélène dans l'océan atlantique. C'est une masse d'air relativement froide, humide et instable. Cette masse d'air est aspirée par la dépression atmosphérique continentale - c'est le vent qui apporte l'humidité et la pluie dans l'intérieur de l'ouest africain en particulier au Sahel.

13 - Les sols de la zone sahélienne (voir tableau 1 page 10).

Les sols se différencient les uns des autres par les caractères qui découlent de leur morphogénèse: ils sont la conséquence des conditions climatiques et de la topographie, certains sont également l'héritage des paléo-climats. (Bernard Cairns 1980) -

En se déplaçant du Nord au Sud du Sahel, on observe successivement des sols arides désertiques (très ensablés), des sols brun-rouges, une mosaïque de sols ferrugineux recouvrant des sables et des vertisols argileux et argilo-limoneux formés sur alluvions.

14. La végétation (voir tableau 1 page 10)

a) Végétation naturelle du Nord-Sahel

C'est le domaine de la steppe désertique (Boudet-G 1984) -

Cette zone climatique n'est recouverte que d'une végétation herbacée très lâche, de type steppique -

Les conditions climatiques très dures (moins de 300 mm de précipitations) sont supportées et mises à profit par quelques espèces herbacées, dont il est frappant de constater l'extrême adaptation à ce régime hydrique difficile. (Boudet-G 1984).

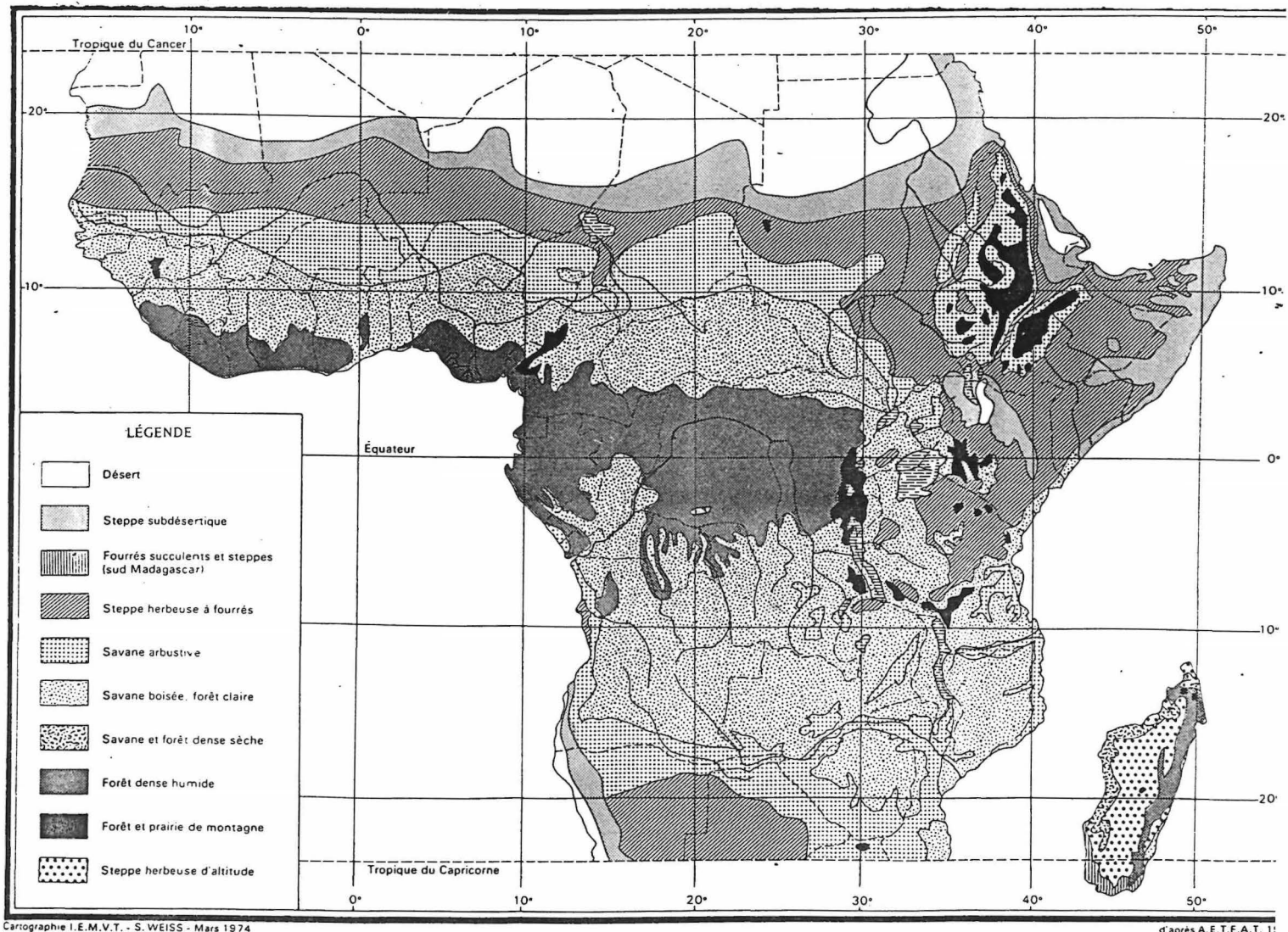
b) Végétation naturelle du Sud-Sahel

Les espèces ligneuses sont plus diversifiées, avec une répartition écologique assez nette (Boudet-G 1984).

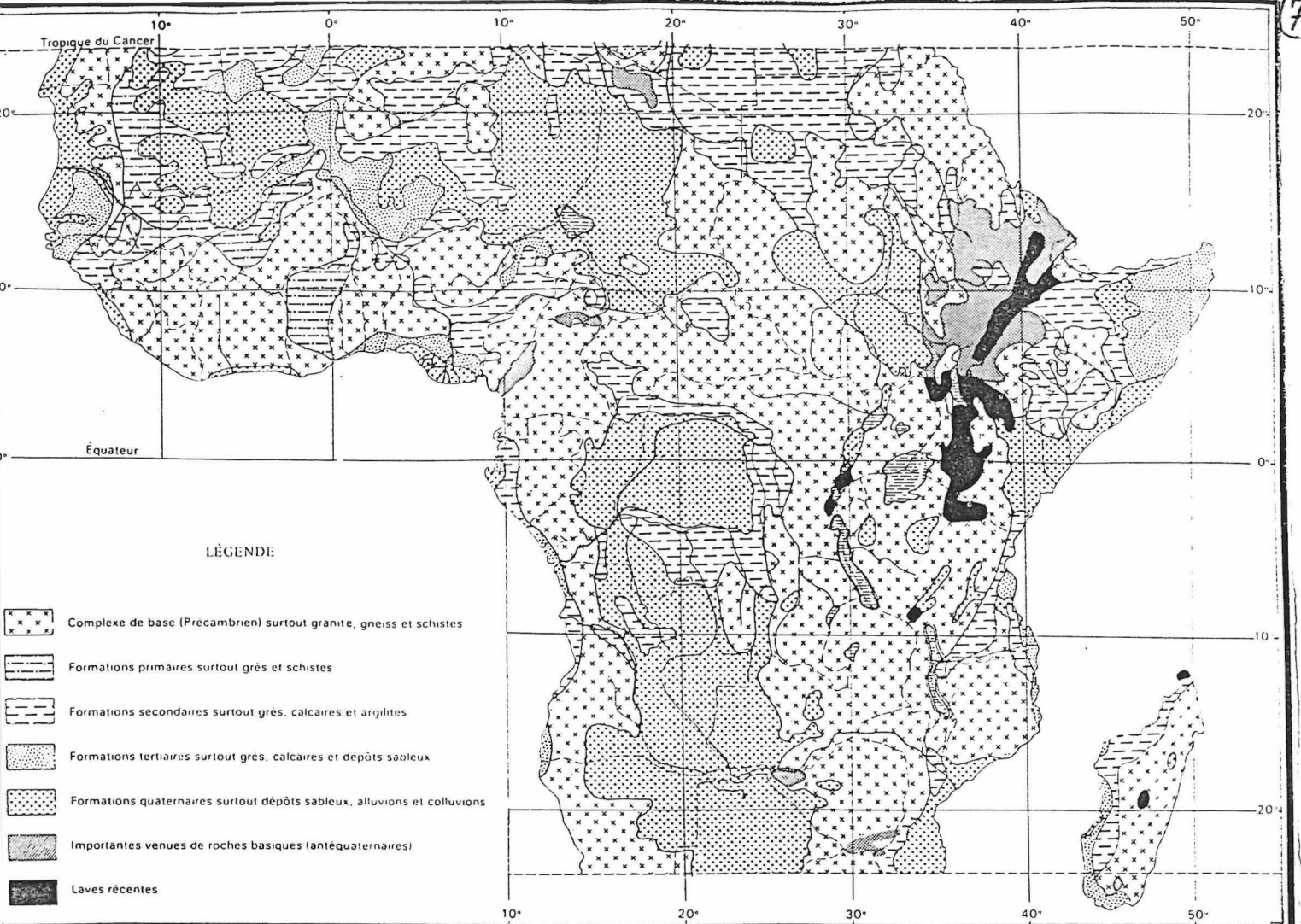
Les pluies plus abondantes permettent pour cette zone le

Développement d'une strate arborescente disséminée en plus du
 tapis végétal herbacée plus important que dans le Sahel. Nord.
 En somme la steppe contractée de la zone sub-désertique fait
 place à une steppe arbustive caractéristique du Sahel -
 cette steppe arbustive est du type xérophile au Nord pour
 devenir mésophile au Sud.

La steppe arbustive est caractérisée par un tapis herbacé annuel
 qui apparaît dès les premières pluies et dont l'abondance varie
 avec la pluviosité et la distribution des pluies.

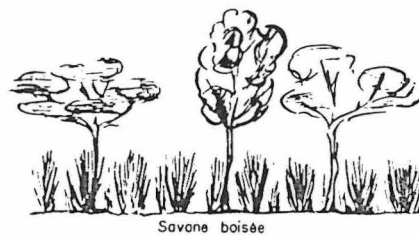


Source : Manuel sur les pâturages tropicaux et cultures fourragères
 14^e édition révisée 1. I.E.M.V.T. Maisons-Alfort.



ographie I. E. M. V. T. - S. WEISS - Mars 1974

d'après J.-L. D. Moore - la carte des sols d'Afrique



Source: Manuel sur les
pâturages tropicaux et cultures
fourragères (4^e édition révisée)
I. E. M. V. T. Maisons-Alfort

Types phytosociologiques de la végétation.

15 - Les hommes et leurs activités

(8)

Dans la zone sahélienne, la plupart des unités de production pratiquent à la fois l'agriculture et l'élevage.

L'importance relative de ces deux activités repose en partie sur l'appartenance ethnique. Milleville et al. (1982) rappellent que "des rapports complexes de complémentarité et de concurrence s'exercent entre ces deux activités économiques aussi bien au niveau du système de production qu'à l'échelle de l'espace régional". Des activités secondaires, principalement migration du travail et cueillette, sont souvent associées aux activités dominantes d'agriculture et d'élevage, afin de diversifier les sources de revenus monétaires.

15.1 - Les agriculteurs

L'exploitation agricole des terres du Sahel n'est possible qu'au sud de l'isohyète 300 mm/an et ne peut être développée vraiment que dans la bande limitée par les isohyètes 350 et 650 mm/an.

Les agriculteurs sahéliens sont des "sédentaires".

Les ethnies concernées par cette activité agricole sont les suivantes : à l'Est du Sahel, se trouvent les Haoussa (au Niger, région sud, au Tchad, à l'Est du Cameroun); au centre on rencontre les Songhaï-Djerma (au Mali, près du Niger), les Bambara (au sud du Mali), les Mossi (hauts plateaux voltaïques); à l'ouest les ethnies dominantes sont les Dioula et les Sérères (centre du Sénégal) et les Soninkés (au sud-est de la Mauritanie et au Nord du Sénégal). D'autres ethnies ne sont spécialisées dans

l'exploitation agricole spécifique des bords des fleuves (culture de décrue) : on trouve ainsi à l'Est du Sabel les Sawa (ou Tchad, vallée du fleuve Chari) et à l'Ouest les Toucouleurs (aux frontières du Sénégal et de la Mauritanie, rives du fleuve Sénégal).

152 - Les éleveurs, peuples nomadisants et transhumants

Dans les zones semi-arides d'Afrique, on a tendance à scinder la production animale et la production agricole en se basant sur les différences entre les écosystèmes et sur les différentes ethnies participant à la production. Louis J. Serres, H. G. Tacher (1980). Pour ces auteurs cette dichotomie tend à s'atténuer, car de plus en plus les éleveurs purs ont tendance à se consacrer à une petite agriculture de subsistance, voire à louer leurs services dans les zones typiquement agricoles. Dans la zone sabelienne, vivent des populations dont la caractéristique principale est un mode de production pastorale basé sur un nomadisme à caractère saisonnier.

Pour Serres (1975) ou Bremaud et Pagot (1962) les nomades sont des individus sans domicile fixe qui se déplacent toute l'année de façon ~~saute~~ et brusque tandis que les transhumants ont des mouvements saisonniers avec leurs troupeaux afin de mieux profiter des ressources naturelles. D'autre part, De Planhol et Rogron (1970) considère les populations saisonnières comme d'authentiques nomades dont il donne la classification suivante :

- nomades à migrations aperiodiques (Centre du Sabel)
- nomades à migrations périodique à longue distance (Sabel)

DÉNOMINATION		Limites CLIMATIQUES		SOLS	ACTIVITÉS HUMAINES			VÉGÉTATION		
					Agriculture	Élevage	Forêts	physio-nomé générale	Voies et topiques	substant (terme)
Zones	Secteurs	pluie (mm)	periode active (mois)							
Désert	Saharien			minéraux - Caen	ovins	nomade/puits	0	steppe continente	steppe en brousse	steppe en brousse
	Sahel. Sahara-rien	100	0	minéraux puits	Ovis	nomade/puits transhumant/puits	0	steppe continente	steppe en brousse	steppe en brousse
	Sahelien	200	0	brun brun-rouge hypodermique	Creux intendues (mil) riz aquatique	transhumant marchés-puits	Charrage construction transhumante	steppe xérophile	dans arides dans arides glacis latitudinal dans le haut dépendable	steppe en brousse " " " " " " pâturage aquatique
Sahel	Sahel.	400	1	brun brun-rouge hypodermique verticils	itinérance saïtes mil. arabe riz aquatique	transhumant marchés-puits	Charrage construction transhumante	steppe mésophile	dans arides dans arides glacis latitudinal dans le haut dépendable	steppe en brousse " " " " " " pâturage aquatique
	Soudanien	600	3							

Source : Manuel sur le pâturage tropical et cultures fourragères (1^{ère} édition) I.E.M.V.T. Hassan - Affol.

II - Les facteurs de dégradation de la zone sahélienne

2.1. Le climat sahélien

2.1.1. Variations climatiques

Les recherches sur les variations climatiques en Afrique occidentale et plus particulièrement dans la région sahélienne et sud-saharienne se sont multipliées depuis une trentaine d'années.

Il est admis par les spécialistes que le climat général de l'Afrique s'est modifié fréquemment au cours des ères géologiques et qu'aujourd'hui il se trouve encore au cours d'évolution.

2.1.2. Evolution climatique et ses conséquences

Au cours du dernier million d'années selon Le Houérou (1979) le Sahara et les zones arides qui le bordent au Nord et au Sud ont connu une série de périodes alternativement humides et sèches, les périodes pluviales étant plus ou moins contemporaines des glaciations et les périodes interpluviales correspondant aux phases interglaciaires d'écarts sous les latitudes plus élevées. Dans son ouvrage : le dessèchement progressif en Afrique occidentale H. Hubert (1920) démontre que le Sahara quaternaire devait bénéficier de beaucoup plus de précipitations que le Sahara actuel. Si le fait en lui-même ne semble plus laisser subsister de doute, l'unanimité ne s'est pas encore faite par contre, lorsqu'il s'agit de préciser la cause de ce dessèchement actuel du Sahara et plus particulièrement du Sahel. Mais E.P. Stebling pour sa part n'accorde à ces phénomènes généraux qu'un rôle secondaire dans le dessèchement sahélien actuel qu'il impute en ordre presque exclusif

à l'homme, à ses feux, à ses déboisements ...

« A mesure, écrit-il que progressent nos connaissances relatives aux conséquences de l'intervention humaine dans l'équilibre naturel, il devient de plus en plus évident qu'il n'y a aucune raison que les périodes de sécheresse soient suivies de périodes plus humides ».

Pour lui la dégradation peut provenir soit des facteurs étrangers à l'homme (facteurs climatiques, édaphiques ...), soit au contraire des phénomènes d'origine essentiellement anthropique, sans toute fois que les spécialistes aient pu jusqu'ici s'accorder sur la part exacte qui revient dans cette évolution à chacune de ces deux catégories de causes.

On peut retenir que le climat du Sahel semble avoir subi depuis quelques années un accroissement de sécheresse sensible encore qu'il soit difficile de se prononcer sur les causes.

2.12.1- la variabilité de la pluviométrie

La variabilité de la pluviométrie semble constituer une caractéristique du climat sahélien.

Pour une région donnée de la zone climatique sahélienne, on observe ainsi une alternance d'années sèches et d'années pluvieuses ce qui constitue une difficulté majeure pour la végétation : après 6 à 8 mois de saison sèche absolue, si les pluies se révèlent insuffisantes ou inégalement réparties dans le temps et dans l'espace, on conçoit que cela entraîne des repercussions défavorables sur le potentiel végétal.

a) variations interannuelles

La quantité totale annuelle reçue par la zone climatique

Sahélienne peut varier chaque année: elle dépend de l'avancée (13 plus ou moins importante de l'équateur météorologique vers l'ouest. A Kaédi, en Mauritanie, l'année 1972 vit une pluviométrie totale de 128 mm, alors que la moyenne sur 30 ans de la pluviométrie totale annuelle est de 416 mm pour cette région: c'est un déficit de 69% par rapport à la moyenne Bernard. C. (1980). De plus au Sahel la diminution du volume des pluies s'est accompagnée d'une altération de leur répartition. Peyre et Fabregues - P. (1986). Et ceci est très important pour la vie végétale. Des pluies trop espacées peuvent, même si leur volume est important, laisser entre elles des périodes sèches assez longues pour que, par manque d'eau certaines plantes, alors en croissance se fassent jusqu'au point de non retour.

b) variations dans l'espace

Un deuxième aspect de la variabilité de la pluviométrie est constitué par les variations importantes que l'on observe au cours d'une même année, suivant les régions de la zone sahélienne. Le phénomène est dû au fait que l'équateur météorologique n'est pas une ligne droite parallèle à l'équateur, mais un front extrêmement contourné, susceptible d'être grand nombre extrêmement contourné, susceptible de varier localement et irrégulièrement sous l'influence d'un grand nombre de facteurs (vents, température, végétation, topographie).

2.12.2 - Le phénomène de sécheresse dans la zone sahélienne

La pluviométrie est un paramètre dont la turbulence est beaucoup plus importante que celle des autres paramètres climatiques: simultanément certaines régions sahéliennes reçoivent un excédent de précipitations (par rapport à la

moyenne) et d'autres subissent un déficit.

Le problème est difficile à résoudre parce que les seules données inévitables dont nous disposons sur la sécheresse qui soit géologiques, paléontologiques, morphologiques d'une part, pluviométriques et hydrologiques, d'autre part ne sont pas à la même Base et à la même échelle de temps (Ch. Toupet 1934).

Selon H. V. Le Houérou les climatologues se répartissent en deux tendances : les dynamistes et les synoptistes.

Les premiers disent schématiquement : nous sommes au début d'une longue période sèche. Pour lui la conclusion est logique, ce qui ne prouve qu'elle est exacte. La théorie est basée ou bien fondée sur quelques faits. Les zones de hautes pressions circumpolaires ont une tendance à l'expansion vers l'équateur depuis une quinzaine d'années. Il en résulterait un glissement vers l'équateur des grandes zones climatiques. Dans ce cas le Sahara tendrait à régresser vers le Nord, et à s'étendre vers le sud, provoquant la récente sécheresse au Sahel.

D'autres spécialistes de la climatologie dynamique de l'Ouest africain soutiennent qu'il y a relation étroite entre les températures au cours de l'hiver austral et la pluviosité dans la zone tropicale boréale.

De leur côté, les synoptistes démontrent, et les hydrologues font chorus, que les analyses statistiques les plus poussées de données climatiques et hydrologiques, accumulées depuis de cent ans en maints endroits des zones arides (Constantine, 1838; Alger 1843; Saint-Louis, 1855) ne permettent de tirer aucune conclusion sur l'évolution à long terme de la pluviosité, mais seulement l'existence

de longues années pluvieuses et sèches en se succédant dans un ordre imprévisible. Il n'y a donc pas de cycle au sens strict. Les tenants de la seconde tendance sont de loin les plus nombreux. Ils se fondent sur des faits contrôlables et contrôlés et non sur des hypothèses.

Les principales années sèches au Sud du Sahara sont : 1913 - 1916, 1940 - 1946 et 1969 - 1973 et aussi 1984.

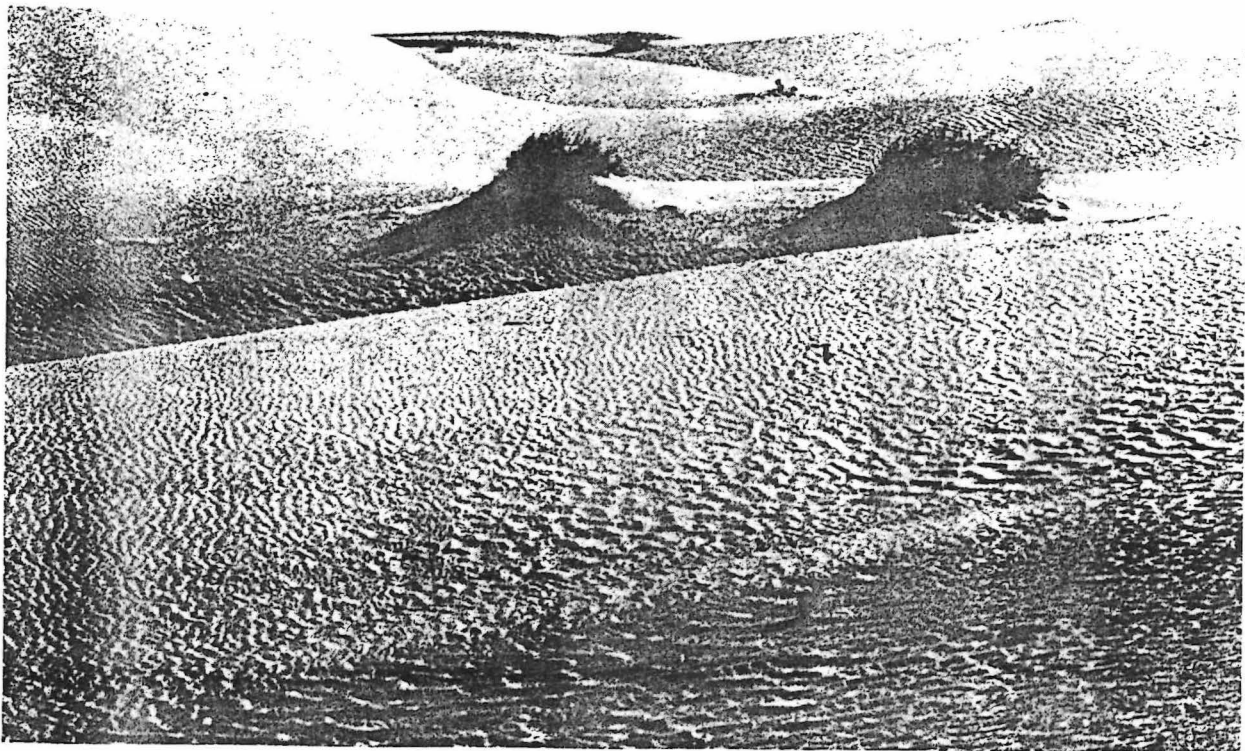
Un argument parfois avancé, surtout par les géographes et les historiens en faveur de la théorie climatique de la désertification actuelle, est le déclin ou la disparition de civilisations prospères sur les marges des déserts, en particulier vers la fin de l'empire romain et au moyen âge. Selon toujours le Horeau, s'il n'y a aucune preuve tangible de l'assèchement progressif du climat, quelle sont donc les causes réelles de la désertification ?

La théorie écologique, appuyée par des faits très nombreux attribue la désertification ou désertisation à la conjonction de deux phénomènes : l'occurrence périodique de sécheresses prolongées et la détérioration de l'équilibre écologique par l'homme et ses animaux.

Les causes et les mécanismes de cette détérioration ont été analysés par de très nombreux auteurs tant au Sud qu'au Nord du Sahara et au Moyen-Orient ; ils sont unanimes : le retour des séries d'années sèches est un phénomène normal des zones arides ; d'ailleurs la variabilité des précipitations annuelle est inversement proportionnelle à leur hauteur moyenne ; c'est un phénomène général classique.

22 - La dénudation de la zone sahélienne liée aux facteurs éoliques

Selon A. Anglade, L. Deschamps : "formés à partir de roches mères diverses sous l'action essentiellement des facteurs climatiques qui sont les agents principaux de la pédogenèse, évoluant ensuite plus ou moins rapidement sous l'action de ces mêmes facteurs, mais également du fait de l'action menagée dans bien des cas abusifs de l'homme, les sols tropicaux n'ont généralement qu'une lointaine ressemblance avec le substrat géologique qu'ils recouvrent". Et que la mise en culture de ces sols détermine un modelage qui s'opère le plus généralement dans un sens régressif tendant si des précautions ne sont pas prises à leur appauvrissement.



Mauritanie. Dunes de sable à Atar.

Photo C. M. I. D. O. M.

221. Les sols sahéliens et leurs caractéristiques

Nous extrairons ci-dessous l'essentiel de la classification française établie par G. Aubert, en faisant référence à l'ouvrage fondamental de Duchaufour.

a) Sols minéraux bruts

Ils sont caractérisés par une absence presque totale d'humus pouvant résulter soit d'une origine climatique soit d'une origine mécanique.

b) Sols peu évolués

Cette faible évolution peut résulter :

- soit de la sécheresse du climat, aboutissant à la formation des sols gris subdésertiques dont l'horizon superficiel est durci sur 2 ou 3 cm.
- Soit du mode de formation des sols
 - * ou par érosion sur pente
 - * ou par des phénomènes d'apport : c'est le cas par exemple des colluvions de bas de pente.

Ces sols plus ou moins riches en humus doivent à cet humus leurs propriétés essentielles.

c) Sols calcimorphes (ou calcomagnémorphes) et vertisols

Lorsque la roche mère est riche en éléments alcalins et que le mauvais drainage favorise l'accumulation de magnésium et de calcium dans l'ensemble du profil, les sols de cette catégorie sont parmi les plus riches; il s'agit des argiles noires particulièrement à la culture du coton.

d) Sols à Humus évolués

Ils sont de couleur brune dans l'ensemble du profil à texture assez fine, à horizon humifère riche en matière

(18)

Organique, à bon drainage interne et externe, le pH voisin de la neutralité; ils sont essentiellement formés sur des roches basiques; mais les hydroxydes libérés lors de la formation restent liés au complexe argilo-humique.

e) Sols ferrugineux tropicaux

Sols généralement pauvres en matière organique, ils sont de valeur agronomique souvent médiocre, surtout si le drainage insuffisant provoque leur engorgement.

f) Sols hydromorphes (d'après Duchaufour)

Les sols évolués sur place (à la différence des sols alluviaux) sont caractérisés par un engorgement temporaire ou permanent par l'eau. Cette eau stagnante, plus ou moins riche en matière organique provoque la réduction partielle des oxydes de fer. Le fer ferreux, ou bien subit un lessivage localisé (pseudogley) ou bien s'accumule dans le profil et donne lieu à des migrations ascendantes (gley). La genèse de ces sols est essentiellement conditionnée par l'économie en eau.

g) Sols halomorphes

Ils sont caractérisés par une richesse élevée en sels solubles divers. On distingue :

- Les sols salins à horizon de surface encore friable ou à horizon indurée en croûte saline.

- Les sols à alcali, à structure massive diffuse, dont le lessivage plus ou moins poussé détermine l'élimination du chlorure de sodium; l'hydrolyse des argiles et la libération du carbonate de sodium.

222 - Facteurs et modalités des sols subiliens

19

Les facteurs intervenant dans l'évolution des sols sont nombreux : le temps, le climat, l'eau pluviale, relief, roche mère, végétation, organismes vivants du sol, l'Homme, selon toujours A. Anglade et L. Deschamps.

La dégradation des sols et la désertification constituent deux phénomènes qui se recouvrent en partie du point que la définition exacte de chacun de ces termes a engendré une certaine confusion à la conférence sur la désertification. En général, la dégradation des sols peut se produire dans n'importe quelle zone bioclimatique, tandis que, lorsque le même processus est enregistré dans des zones arides, semi-arides et subhumides, on parle de désertification. M. J. R. Riquier.

Cette évolution régressive des sols se caractérise par :

- Les phénomènes d'entraînement des particules du sol.
- L'évolution des caractéristiques physiques des sols.
- L'évolution des caractéristiques chimiques des sols.

En soi, le processus de lente destruction du potentiel d'utilisation du sol est un phénomène qui peut se produire partout à la suite d'une transformation du paysage résultant de l'exploitation de la terre par l'Homme. Il devient dangereux lorsque cette exploitation ne laisse aucune chance de régénération à la nature.

Par H. Mensching et G. Winkler.

2221 - Phénomènes d'entraînement des particules du sol

Ce sont des phénomènes d'érosion imputables soit à l'action

(20)

du vent, soit à l'action de la pluie; les eaux fluviales pouvant également déterminer de tels processus.

a) Erosion éolienne

Celle consiste en l'enlèvement par le vent en climats arides ou semi-arides et sur des surfaces peu ou pas couvertes de végétation des éléments fins du sol dont la structure a été préalablement détruite soit par des écarts importants de température entre le jour et la nuit, soit par le plus souvent par l'érosion pluviale antérieure.

Si les régions désertiques sont les lieux d'élection de l'érosion éolienne, celle-ci est importante dans les régions sahéliennes ou même soudano-sahéliennes d'Afrique de l'Ouest : au Sénégal, au Mali, au Niger, au Tchad, où elle affecte des surfaces agricoles notables.

Cette érosion éolienne peut prendre diverses formes :

- Nivellement des surfaces.
- abrasement des matériaux constitutifs du sol.
- dépôts de ces éléments soit à plat soit sous forme de dunes ou de micro-dunes.

Selon J. G. Delwaule nous distinguerons trois Chapitres dans l'action du vent :

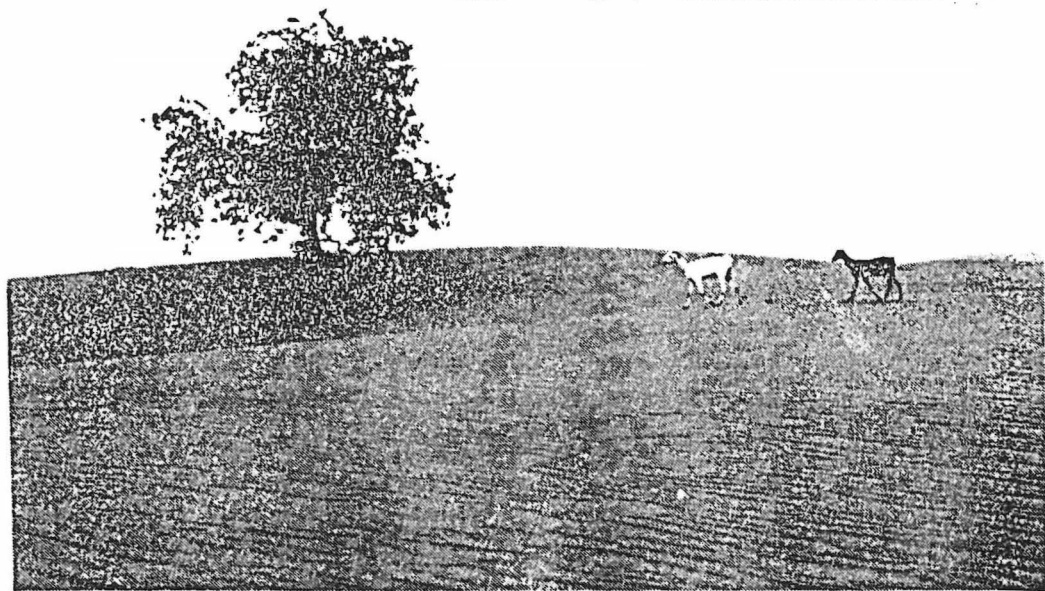
- L'avancée des dunes
- L'Barman
- Les grands vents.

a1 - L'avancée des dunes

Dans les zones sahéliennes et sahélo-soudanaises, il existe des petites dunes qui se mettent en mouvement, généralement à l'occasion de défichements.

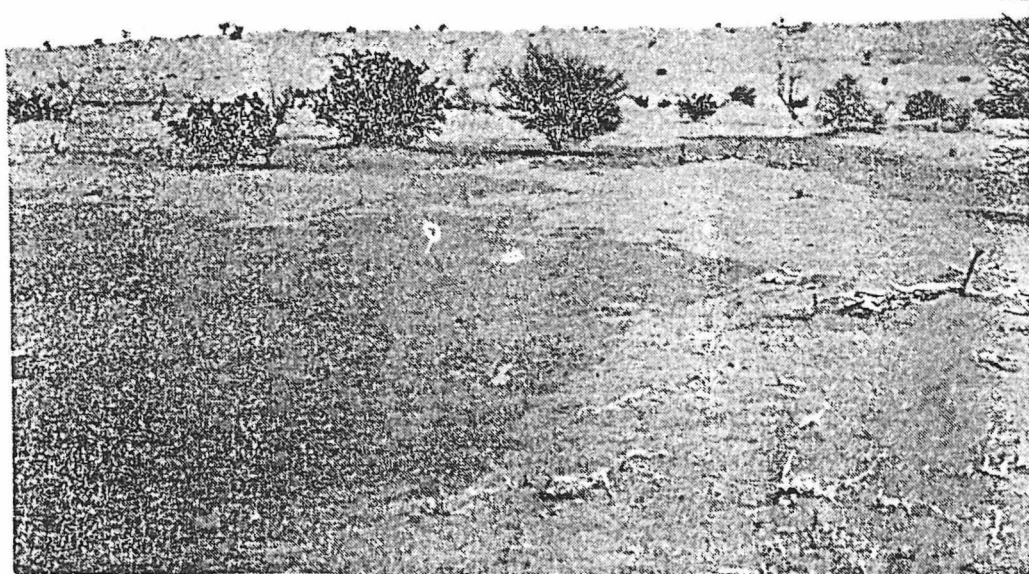
(21)

Au bréville nous en a cité quelques cas, cela peut actuellement se constater dans le Dallol Haouiri (Niger) du fait de l'extension des cultures, les dunes menacent d'envahir les bas-fonds ~~parcs~~ humides et fertiles (Ferkamas). C'est également le cas de certaines parties de Niayes au Sénégal.



MAI 1983

Remobilisation des dunes par le vent entre Bouza et Keita. (Niger)

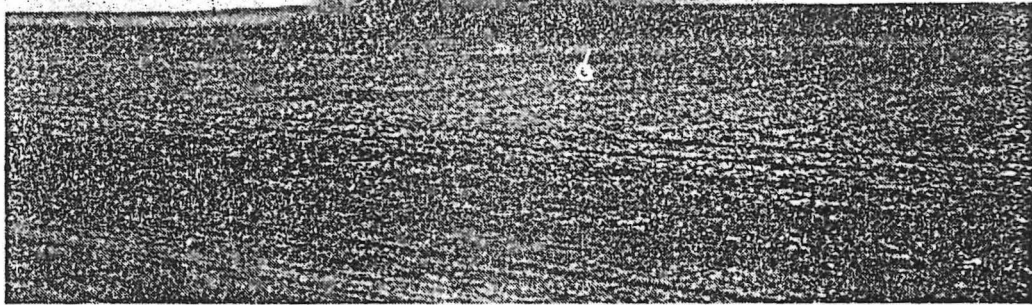


MAI 1983 - ZONE PASTORALE -

EROSION EOLIENNE : Mise à nu de l'horizon "B" (Niger)

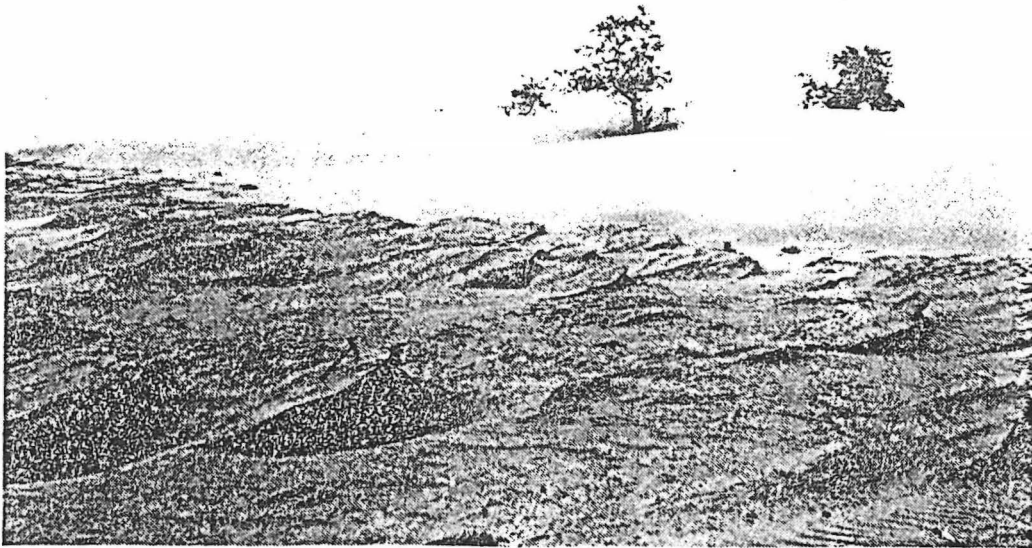
02 - L'horumattan : l'action érosive de l'eau est complétée

- On saison sèche en particulier de novembre par l'action de l'harmattan. Le vent a plusieurs actions sur les sols :
- il emporte les particules fines du sol et il emmène parfois celles-ci à des distances considérables (particules $\pm 0.50 \mu$)
 - il a une action mécanique sur les végétaux par les particules qu'il entraîne.
 - Il agit sur la physiologie des végétaux par son action desséchante.



MAI 1983

Abrasion éolienne par un micro-cyclone dans la région de l'Eghazer.



MAI 1983

Dégradation des sols dunaires par l'érosion éolienne, entre Bouza et Keita.

Il est difficile selon Delvaux de chiffrer cette action de.

désertification dans les zones d'emprunt de matériaux.

a3 - Les grands vents

Plus rares que l'humidité qui sévit chaque année de novembre à mars, les tornades ont une action mécanique beaucoup plus prononcée. "Ce sont des phénomènes particulièrement impressionnants où un véritable mur de poussière arrive à grande vitesse et à l'intérieur duquel on ne voit plus à quinze mètres" (Devedulle).

L'action de l'érosion éolienne se traduit en somme par une dégradation des sols : les éléments fins sont emportés, la concentration de sable des terres augmente, le sol prend une teinte cloire. Si le processus se poursuit, il apparaît des rides en surface puis de petites dunes plus ou moins espacées.

Le sable se met alors en mouvement, forme de buttes autour des buissons dans les zones d'accumulation et déchausse les bases des végétaux dans les zones de prélèvement.

2.2.2 - L'érosion pluviale et ses conséquences sur les sols.

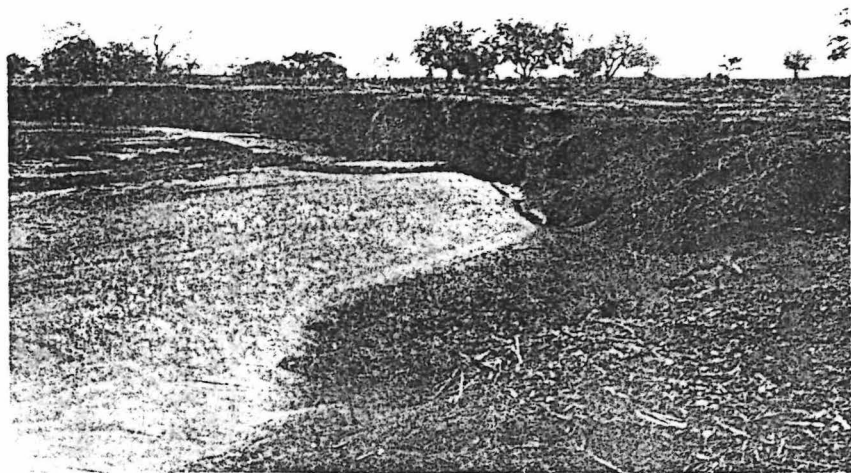
Celle consiste en l'entraînement par la pluie et du fait de l'action cinétique des gouttes de pluies des particules de terres.

L'érosion hydrologique ou pluviale comporte trois degrés : érosion en couche ou en nappe, érosion en rigoles et ravinement.

Le ravinement c'est l'aggravation du phénomène déterminant non seulement l'enlèvement du sol mais pouvant même attaquer la roche mère. Ceci entraîne des pertes de terres considérables.

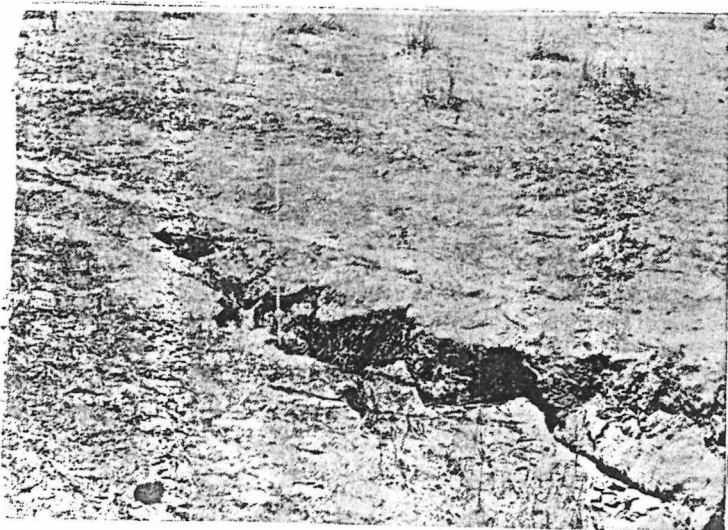
En soi, selon H. Mensching et G. Winckler, le processus de lente destruction du potentiel d'utilisation est un phénomène qui peut se produire partout à la suite d'une transformation du paysage résultant de l'exploitation de la terre par l'homme. Il devient dangereux lorsque cette exploitation ne laisse aucune chance de régénération à la nature.

En outre, le ruissellement peut par son intensité sur les (24)
sols très en pente, mettre à nu la nappe phréatique et aboutir
de ce fait à l'écoulement de l'eau de cette nappe et par
conséquent déterminer l'assèchement du sol en cause.

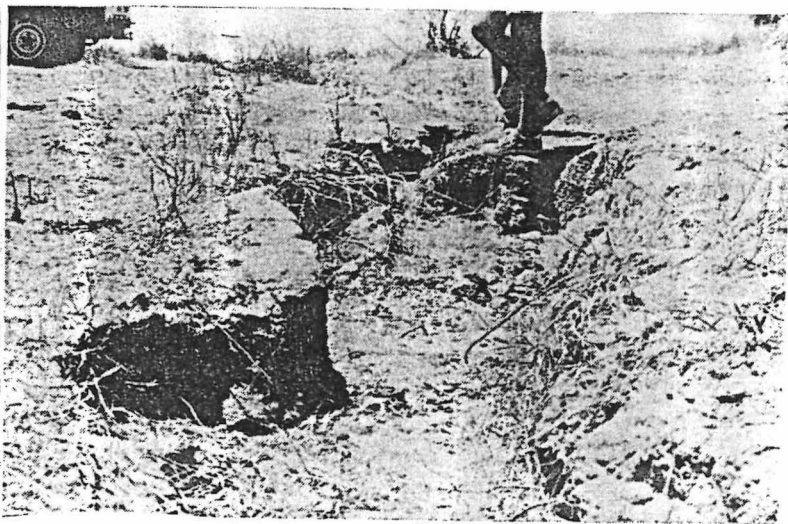


Niger. Disparition de champs par
écroulement des berges d'un kori.

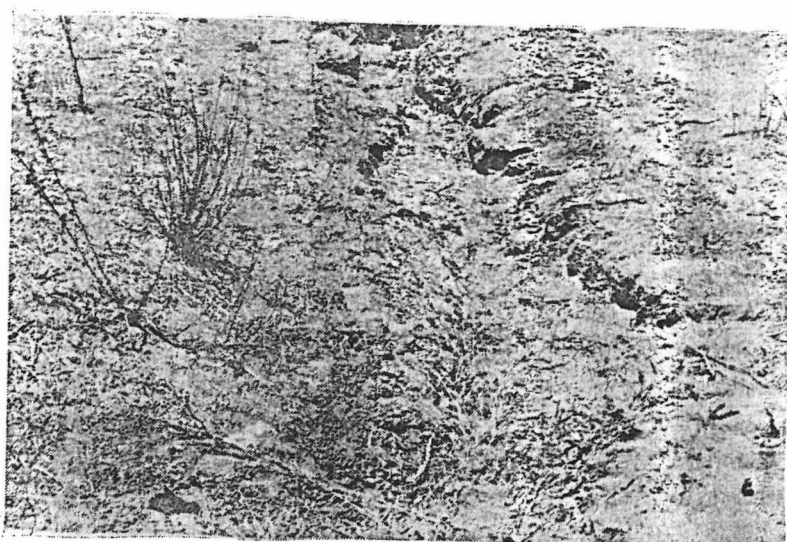
Photo Delwaulle.



(1)



(2)



(3)

Photo 1, 2 et 3.

Revers Nord de la dune de TIN
EJAR : 3 entailles.

Photos J. BOUGERE

(Burkina-Faso)

2223 - Evolution des caractéristiques physiques des sols

Malgré la variabilité des types de sols, deux processus d'évolution et de dégradation sont dominants dans la zone sahélienne : l'érosion par l'eau et l'érosion éolienne.

Selon Bernard Caisse (1980) - dans l'étude du milieu naturel sahélien et de l'aménagement agro-pastoral traditionnel "il faut tenir compte dans l'étude des sols d'une seconde caractéristique importante, c'est à dire leur sensibilité à l'érosion. Toujours selon lui le sahel est soumis à une alternance annuelle entre période sèche et saison de pluies : la dessiccation et l'érosion éolienne sont prédominantes pendant la saison sèche, le ruissellement et l'action de l'érosion hydrique pendant la saison des pluies.

Les sols argileux sont plus résistants à l'érosion. Cependant les sols vertigineux, bien que très argileux, possèdent une structure qui les rend très sensible.

Les sols à dominance sableux, en particulier les dunes "fossiles" héritage des paléo-climats secs sont très sensibles à l'érosion éolienne : dès que l'importance de leur couverture végétale diminue à la suite d'une longue série d'années sèches ou de la destruction de la végétation par l'homme, les particules de ces sols se désagrègent progressivement et deviennent ainsi susceptibles d'être entraînées par le vent. "Les dunes fossiles constituent donc l'un des éléments fragiles du milieu naturel sahélien" (Bernard Caisse 1980) - Un autre "point faible" selon lui du milieu sahélien réside dans l'extrême sensibilité à toute forme d'érosion des

sols ferrugineux tropicaux de la frange sud du Sahel. (26)

En effet, la déssiccation provoquée par la saison sèche est un élément très agressif pour la structure instable de ces sols. La destruction de la cohésion des particules de sol à la surface entraîne une grande vulnérabilité à l'érosion éolienne (pendant la saison sèche) et à l'érosion hydrique (au moment de la saison des pluies).

En outre, une diminution de la couverture végétale des sols ferrugineux provoque également une baisse de cohésion et une désagrégation des particules, de même que les sols sableux (rappelons que la cohésion structurale d'un sol dépend en grande partie du pourcentage de matière organique qu'il contient, celle-ci jouant un rôle de "liant" par formation de complexes humiques).

Ainsi les différentes caractéristiques physiques des sols (texture, structure, densité réelle, densité apparente, porosité, perméabilité etc...) évoluent en fonction de l'importance de l'érosion, de la végétation supportée par le sol et également en fonction des phénomènes d'infiltration et de lessivage.

2.2.4. Evolution chimique des sols.

La composition chimique du sol évolue sous l'action de nombreux facteurs.

Les sols de la zone sahélienne se différencient les uns des autres par des caractères qui découlent de leur morphogénèse: ils sont la conséquence des conditions climatiques et de la topographie, certains ont également l'héritage

des pôleo-climats. En se déplaçant du Nord au Sud du (27)
Sahel, on observe successivement des sols arides désertiques
(très sensibles), des sols bruns arides et des vertisols
argilo-limoneux et argileux formés sur alluvions.
En effet, pour ces sols, la durée d'évolution est limitée par
le climat particulier de la zone sahélienne imposant un
temps de minéralisation de la matière organique très
court. La végétation est souvent abondante, en raison
de la très faible pluviométrie et de la médiocre qualité
des sols, ceux-ci souffrent d'une pauvreté relative en
matière organique.

223 - Aspects topographiques du Sahel.

Le relief du Sahel est pour sa plus grande part simple et
uniforme : partout se répètent les mêmes paysages,
dominés par l'horizontalité des formes.
Les plateaux superposés en énormes marches d'escalier et
limités par des falaises souvent abruptes, alternent avec
d'immenses plaines qui sont pour la plupart d'anciens
bassins sédimentaires recouvertes de dépôts sablonneux.
Les plateaux généralement constitués de grès, portent
souvent une croûte ferrugineuse. Certains plateaux
généralement taillés dans le vieux roc présentent un
aspect arrosé. Il existe quelques paysages montagneux
dont les sommets culminent à 1800 mètres (massif de l'Est).
Ces faciès topographiques sont des facteurs de
dégradation de la zone sahélienne selon certains
spécialistes en favorisant l'érodibilité du milieu.

23- Les facteurs de dégradation liés à l'exploitation (28) agro-sylvo-pastorale (actions anthropiques)

Les activités de l'homme lorsqu'elles sont mal conduites aggravent les conséquences de la sécheresse, qu'il s'agisse de mal-culture, de déboisement, de surpâturage ou d'irrigation mal menée
Michel Baumes (1987).

23.1- Les systèmes d'exploitation agricole et leurs conséquences sur le milieu sahélien

L'exploitation agricole des terres du sahel n'est possible qu'au sud de l'isohyète 300 mm/an, et ne peut vraiment se développer que dans la bande limitée par les isohyètes 500 et 700 mm/an. Les populations qui ont organisé traditionnellement leur mode de vie autour d'une exploitation agricole dominante sont le plus souvent fixées sur un tenoir : les agriculteurs sahéliens sont des "sédentaires".

Ils ont organisé leur agriculture autour de la culture de mil ou parfois du sorgho. La culture de mil base de l'alimentation est complétée par des petites parcelles de légumineuses telles le Voandzou et le niébé et parfois de l'arachide.

On rencontre également quelques cultures de céréales complémentaires, comme le fonio et le sésame (plante oléagineuse) qui peuvent se satisfaire de sols pauvres. Enfin la culture du coton complète parfois cet éventail. La culture du riz qui se fait traditionnellement est de plus en plus par la culture irriguée moderne (domaine des aménagements hydrauliques agricoles).

L'organisation des tenoirs est particulière au sahel : le plus souvent les terres s'organisent traditionnellement en deux zones plus ou moins concentriques autour du village. La fertilité des champs se fait auparavant par des longues

jachères et des contrats de fumure avec les éleveurs sédentaires et/ou transhumants.

Mais ces systèmes d'exploitation se trouvent actuellement confrontés à des sérieux problèmes : surexploitation démographique, ce qui implique une augmentation des superficies cultivées et la suppression des jachères.

Année	population humaine (milliers)	surfaces cultivées (milliers d'ha)	population animale (milliers)						
			Bo	OV	Cap	por	Ans	chev	cham
1961	18 644	13 187	14 443	9 760	13 988	151	1224	485	831
1972	23 932	14 479	18 737	13 750	17 050	460	1431	803	1097
1974	24 748	14 725	13 667	11 794	14 764	361	1347	737	962
1984	31 786	16 621	17 900	16 100	19 100	480	1966	788	1245
pourcentage d'augmentation (1961-1984)	70	26	24	65	37	218	61	62	50

Tableau 2: Evolution des populations humaine et animale et des surfaces cultivées au Sahel (Burkina Faso, Mali, Niger, Sénégal et Tchad)

Source : FAO

2.3.1.1 - Les pratiques agricoles, ses causes et ses conséquences -

Les systèmes d'exploitation traditionnels des terroirs sahéliens se sont modifiés pour certaines causes (augmentation de la population, réduction des superficies cultivables etc...) ce qui a des conséquences (ces causes ont été sur le milieu & dégradation de l'équilibre écologique) - Ces causes ont été analysées par de nombreux auteurs, tant au Nord qu'au Sud du Sahara; les conclusions sont d'unanimité (Guizel, 1958, Le Houérou, 1959, 1962, 1968, 1969, 1973, 1975; Rapp 1974; Aubreville, 1949; Monod

1958; Zohary, 1962, 1963; Flob, et Kattata, 1971; Boudet, 1971, 1970; Depierre et Billet, 1971; Delvaux, 1973; Roc G., 1973; Bunting, 1975; Embeyen, 1957; de Plantet, 1973; Pabot, 1956; pearse, 1970, 1971; Floret et Le Floch, 1972; Ionesco, 1972, etc -)

Dans les zones arides, les populations croît de 2 à 3,5% par an. C'est à dire qu'elle double tous les 20 à 35 ans; autrement dit elle est multipliée par huit en un siècle dans le premier cas et par 32 dans le second (Le Houérou H.N 1979) -

a) L'accroissement des surfaces cultivées

Les techniques culturales traditionnelles sont en recul dans la zone sahélienne depuis quelques années et que la croissance démographique intensifie la demande de la production vivrière.

Grainier A (1983). Par ailleurs selon lui le besoin de devises entraîne la progression des cultures de rente.

On constate de ce fait l'expansion des cultures pluviales, le développement des cultures irriguées et la réduction des périodes de jachère. Au dépend des pâturages arides, les superficies cultivées ont augmenté sensiblement au même rythme que l'accroissement démographique (Le Houérou, 1973) -

Les rendements sont demeurés stables ou ont légèrement regagné depuis vingt ans (Le Houérou, 1973).

Il faut donc cultiver de plus en plus grandes pour faire face aux besoins alimentaires de subsistance d'une population en expansion. Les superficies sont obtenues en défrichant les meilleurs pâturages sur sols profonds. Le système de culture laisse le sol nu et en proie à l'érosion pendant six à neuf mois par an. De plus par suite de la pression démographique, la durée de la jachère est réduite, ou même supprimée, ce qui diminue considérablement.

ment la fertilité des sols sableux du Sahel. Il faut donc (51)
de plus en plus des grandes superficies de mil pour subvenir aux
besoins de chaque famille.

Au bout de quelques années il ne reste qu'un sol stérile, érodé,
dont la partie supérieure a été emportée par la déflation
(Elbadji M. L., 1987).

« Il est tout à fait certain que la zone sahélienne même sans
aggravation de ses conditions climatiques, évoluerait
aujourd'hui vers des situations de désertification dans la mesure
où les paysans et les éleveurs persisteraient dans leurs
pratiques agricoles et d'élevage » Bonfils. B. (1987).

Ainsi pour Grainger. A. (1983) La surexploitation agricole
peut provoquer :

- L'appauvrissement des sols et la régression des rendements.
 - L'apparition de croûtes sur la couche arable exposée aux
précipitations.
 - L'intensification du ruissellement, l'érosion hydrique du sol
et son ravinement.
 - La disparition de la couche arable emportée par le vent.
 - L'avancee des dunes de sable sur la couche arable.
 - La destruction des cultures par les vents porteurs de poussière.
- Ce qui pour lui mène à la désertification

b) Le défrichement -

Quand la végétation disparaît la désertification s'accélère (Le
Houérou H. R. (1979)).

Toutes les cultures de subsistance, par suite d'une absence de
fumure nécessitent le renouvellement des terrains à emblaver
(brûlures, coupes inconsidérées etc...).

L'extension des diverses cultures au Sahel (mil, sorgho,

mière etc ---) est un facteur important de dégradation du couvert végétal Boudet C. (1972). Souvent dit-il les terrains de cultures sont choisis sur dépressions à bilan hydrique compensé par drainage oblique et le couvert ligneux relativement dense doit être éliminé à la mise en culture. L'accroissement démographique de la zone sahélo-soudanienne, la réduction des espaces disponibles ont parallèlement provoqué une colonisation agricole en direction du Nord. Les paysans ont défriché des champs jusqu'au cœur de la zone pastorale.



Figure 8.5.5. Désert artificiel créé par l'homme sur des sols argileux à 30 km au sud de Khartoum. Photo A. Rapp. 1975.

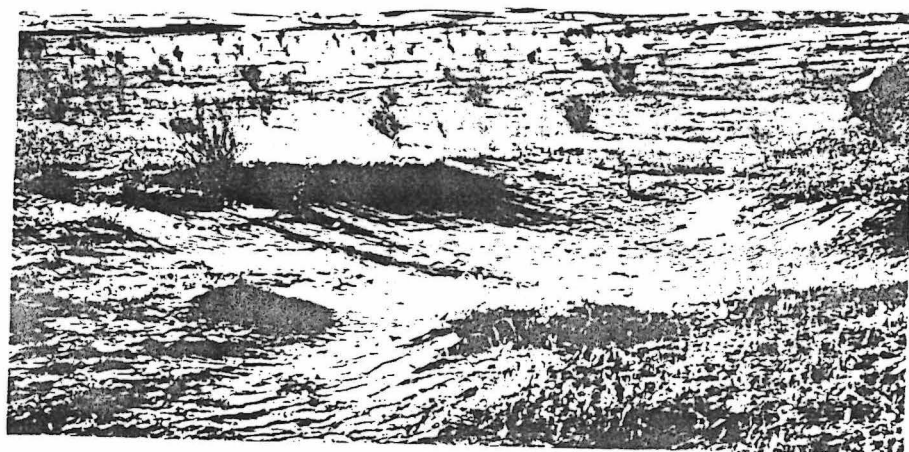


Figure 8.5.4. Dépression au premier plan et dunes mobiles à l'arrière plan. Sols sablonneux autrefois stables avec îlots de couverture végétale et *Leptadenia*. Nord de Bara, Soudan. Photo A. Rapp. 1975.

Le défrichage des sols pour y pratiquer l'agriculture entraîne une transformation beaucoup radicale des écosystèmes naturels que le pastoralisme. Les cultures sèches dénuident et perturbent le sol, ce qui accroît le risque d'érosion;

Certaines des techniques employées aggravent encore le risque. (33)
(Conférence des nations unies sur la désertification).

2312 - L'irrigation mal-menée

« Depuis de nombreuses années, l'irrigation est la solution offerte par le monde développé aux pays des tropiques pour l'augmentation de la production vivrière. . . Mais mal conçue et mal gérée, les réseaux d'irrigation se désertifient chaque année. Grunze A (1983) - Si les terres irriguées sont mal drainées, le sol s'engorge puis se salinise ou s'alcalinise, et il se forme une croûte de sel à leur surface. Le sol engorgé est difficile à cultiver. A la saison sèche, la chaleur favorise l'évaporation. Les eaux souterraines chargées de sel remontent alors à la surface. La salinisation et l'alcalinisation posent un problème toute les fois qu'une élévation artificielle des nappes phréatiques, associée à l'engorgement du sol, à un accroissement de la capillarité ou à une pollution due à un écoulement d'eau salée, empêche un lessivage adéquat des sables (Conférence des nations unies sur la désertification 23 Août - 3 septembre 1977) -

232 - Les systèmes d'exploitation pastorale et leurs incidences sur l'environnement sahélien

2321 - Les modes d'exploitation du milieu sahélien

L'exploitation traditionnelle des pâturages est régie par le nomadisme ou la transhumance Boudet-G. (1985) .

Au Sahel sub-désertique, le nomadisme est de règle. Les éleveurs conduisent leurs troupeaux (surtout chameaux, ovins caprins) vers les pâturages de végétation contractée dont la productivité est soumise aux chutes de pluies aléatoires et aucun cycle d'exploitation n'est peut être observé.

Au Sahel type, l'élevage est du type transhumant, chaque producteur

effectuant un principe précis, assurant un équilibre entre la production des pâturages et les besoins des troupeaux et défini par la tradition avec un souci de coexistence pacifique vis à vis des fractions voisines. Cette transhumance est traditionnellement nécessaire pour utiliser le potentiel fourager régional, varier les types de fourrages consommés, profiter des caux sèches et assurer l'abreuvement en eau et d'économie de travail pour l'homme.

2322 - Modifications subit par l'exploitation traditionnelle

Au cours des 50 dernières années, l'amélioration des conditions sanitaires apportée par les interventions médicales et vétérinaires de plus en plus efficaces a permis un essor démographique des populations du Sahel en même temps qu'un développement du cheptel vif. Boudet G. (1985).

Parallèlement disait-il, un vaste programme d'hydraulique pastorale permettait de réaliser un inventaire exhaustif des ressources en eau profonde épuisées, bientôt suivi par un programme de forages profond équipés de moyens d'entraînement mécaniques. De nouveaux pâturages pouvaient être exploités, les conditions de vie des éleveurs étaient améliorées mais le plus souvent le mode d'exploitation des pâturages n'était pas perfectionné. Souvent même, les meilleures conditions de vie et d'eau à volonté n'incitaient plus les éleveurs à maintenir leur transhumance et une certaine sédentarisation se manifestait par des forages et des grands fleuves, entraînant de profondes perturbations dans l'équilibre floristique des pâturages et même dans la survie de animaux.

La multiplication du cheptel qui a découlé de ces investissements a été légèrement tempérée par une augmentation de la commercialisation qui malheureusement n'a pas toujours été développée selon des normes zootechniques. Il en résulte une

(30)
Une augmentation trop importante du cheptel global dépassant les possibilités des pâturages toujours exploités sans amélioration de leur gestion et même parfois avec relâchement des méthodes traditionnelles.

En zone agricole (au sud de l'isohyète 350 mm) il y a eu une extension des surfaces cultivées due à la fois à l'accroissement de la population humaine, à l'introduction et généralisation des cultures industrielles (arachide, coton) d'où la diminution des surfaces cultivables.

2323 - Intensification de l'exploitation pastorale

La désertification du Sahel n'est que conjonctuelle, due à l'influence conjuguée des facteurs climatiques et d'une inadéquation de l'exploitation des pâturages. De Fabregues B. P. (1986) -

Dans les régions "habitées" la convergence des facteurs climatiques et humains aboutit à l'apparition de paysages désertiques nouveaux et ne correspond donc pas à l'avancée du désert mais plutôt mais à une désertification en place, parfois en des secteurs éloignés du "désert climatique" disait-il.

L'exploitation traditionnelle, si elle s'est poursuivie dans les grandes lignes jusqu'à nos jours, a cependant été perturbée par une forte augmentation des charges pastorales (Bernus, 1974). Le croît démographique des hommes et, parallèlement des troupeaux ont contribué marquement à cette surcharge, avec cependant pour des facteurs externes. Cette intensification pastorale in situ a été accompagnée d'une augmentation parallèle des troupeaux étrangers conduits par des éleveurs peuls venus généralement du Sud. Le manque de terre disponible qui en résulte a poussé vers le Nord les éleveurs peuls qui vivaient en association avec les paysans (Toucouleurs, Bambaras, Songhay, Haoussas, Kano, d'Ouest en Est). Le glissement vers la zone pastorale est marqué dans tout le Sahel. En Mauritanie, Bonnet-Dupeyron

(1952, ts - 15-25) décrit dès 1947 l'infiltration possible à l'ouest de l'Araba. Hervouet (1977: 63) montre que de 1942-1968, en Mauritanie sahélienne centrale le groupement connaît un accroissement annuel de 3,7% (contre 2,3% pour l'Araba), et que leur part relative n'a cessé de s'accroître au détriment des Hautes. Au Sénégal, en Mauritanie, au Mali, au Burkina-Faso et dans toute la zone sahélienne nomade, des puits profonds ont été forés. Des stations de pompage, captant l'eau des nappes profondes par des moyens d'exhaure mécanique, ont été installés au Faso, au Mali et au Niger à partir de 1960.

Comme les animaux ne peuvent plus s'éloigner à plus de 20 km des points d'eau en saison sèche, on obtient ainsi des charges trop élevées. En très peu d'années le pâturage est entièrement réduit. Ce type d'évolution est principalement insensitif à la création des forages.

41 Hormis les cas typiques, les études menées au Niger et au Sénégal ont montré qu'il y a effectivement modification de la flore autour du forage, car la végétation à ses abords est rapidement utilisée par les animaux dès la fin de la saison des pluies, ce qui explique les grandes plaques dénudées observées en saison sèche, mais la production végétale totale d'une année est très souvent supérieure à ce qu'elle était avant (Coulomb, J., Senouf, Tocher (1981) -

2324. Le problème du pâturage abusif
Un broutage modéré a une action bénéfique en favorisant le tallage alors qu'un broutage excessif compromet la reproduction des espèces par épuisement des réserves de la plante allant jusqu'à l'annulation des possibilités de germination et de reproduction. Le surpâturage associé au piétinement en saison des pluies provoque le glazage de la partie la plus superficielle du

sol. Celle-ci devient alors ~~est~~ impropre à la germination (34)
des graminées annuelles. Les sols se dénudent ensuite par
plaques qui se réunissent en s'agrandissant pour former une
vaste étendue désertique. Lorsque la végétation a été détruite
surtout sur les sols limoneux ne restent que quelques pour-
cents de limon, le choc des gouttes de pluie disperse les éléments
fins qui vont obstruer les pores du sol, créant progressive-
ment une sorte de glaçage superficiel. Les sols affectés par
le glaçage voient leur perméabilité considérablement
réduite, avec des coefficients de ruissellement égaux ou
supérieurs à 80% (Le Houérou H.-R. 1979).

Les milieux deviennent très secs et les espèces vivaces, en
particulier les arbres et arbustes, y meurent en masse (Beynon,
1973, Bille 1972, 1973, Boulet, 1972).

Le phénomène, allié à la sédimentation en nappe, à l'érosion
constitue le mécanisme de la brousse tigrée (Boulet, 1972)
en particulier sur les schuicranes et gravillonnaires.

Le phénomène de glaçage est parfois provoqué par un
engraissement de cyanophycées comme l'ont démontré
Dartey, Ducloux et Gaston (1977) au Sahel Tchadien.
Les couches superficielles du sol diminuent de perméabilité.
Il y a une augmentation du ruissellement et diminution de
l'infiltration. Les lignes surexploitées et mal alimentées
en eau diminuent d'importance et disparaissent.
Ainsi selon Crutcher A (1983) le surpâturage a pour effet de
provoquer :

- Le recul de la production annuelle de végétation pastorale.
- la disparition progressive des espèces végétales préférées des
animaux, notamment des plantes vivaces qui retiennent
le sol.

- Le compactage et l'étanchéisation du sol qui résulte du piétinement au voisinage des points d'eau et du surpâturage des herbages de la saison humide non permanents -
 - La péjoration de la végétation établie sur des crêtes de dunes stabilisées, qui fait que le sable se démantèle et recommence à avancer.
 - Le surpâturage enfin provoque la désertification -
- 4^e Le maigre tapis herbacé, résultant d'une pluviosité déficitaire, est consommé par les animaux qui vont journellement à l'abreuvement. Cette absence de couvert herbacé favorise l'érosion éolienne de saison sèche et l'érosion hydrique de saison de pluies. Elles provoquent l'ablation de l'horizon de surface sur les hauts versants, tandis que les éléments fins vont colmater les bas versants. >> De Waspelaere, C. (1982), sur les horizons indurés disoit le ruissellement est accéléré, l'eau ne pénètre plus dans le sol et les arbres finissent par périr d'autant plus vite qu'il pleut moins.

233 - Exploitation des ressources forestières et pastorales et leur impact dans la dégradation de la zone sahélienne.

La destruction des ligneux est particulièrement intense autour des grandes villes, notamment au Sahel. Des villes comme Niamey, Zinder... Ouagadougou, Bamako, Sékoto, Kani, NDjamena consomment chacune plus de 200 000 tonnes de bois par an à raison de 1,5 kg par personne et par jour. Le Houérou H. N (1977). Il faut aller chercher du bois à de longues distances de 200 km et plus. Les conséquences écologiques sont la démantèlement du sol, la réduction du pâturage sous les ligneux, l'érosion et la stérilisation de vastes surfaces. Le Houérou H. N (1977) Le défrichement du couvert forestier des terres arides se fait

au rythme de quatre millions d'ha par an d'après les calculs (52)
de la FAO - l'Afrique est le continent le plus touché (elle
perd 2,7 millions d'ha/an) -

Et si l'arbre recule le "desert" avance dit Richard St Barbe
Baker, fondateur de "the Men of the tree".

En considérant les projections faites (1983) par Butler,
forestier de la Banque mondiale citée par Bauman. II (1987)
et les diverses publications de la FAO (1981 a et b, Monte-
lembert et élément, 1983) la situation concernant la
dendro-énergie apparaît dramatique -

Sur sept pays (Burkina-Faso, Cambie, Cameroun, Niger,
Sénégal) couvrant 5 300 000 km², la population est
actuellement de 34 000 000 d'habitants, dont 14 000 000
d'urbanisés, elle devrait être d'environ 43 000 000 d'habitants
en l'an 2000, dont 13 000 000 d'urbanisés. La consommation
actuelle de bois varie, suivant les régions de 0,5 à 1,5
m³/hab/an. Elle est actuellement de 22 000 000 m³/an et
devrait normalement s'accroître à 34 000 000 m³ en l'an 2000.
alors que la possibilité théorique de production totale tomberait
dans le même temps de quelques 42 000 000 m³/an à
environ 27 000 000 m³; les courbes indiquant cette évolution
se croisent vers 1995, qui serait donc la période où
la demande ne pourrait plus être satisfaite, puis que
le capital productif soit réduit.

Et l'écart actuel : la récolte de bois est supérieure à la
production Idris H (1976) - Selon lui le capital
biologique se dégrade avec le déboisement, notamment
dans les régions tropicale et subtropicale. Ainsi par exemple
la ville de Mopti, sur le Niger, au Mali, consomme
annuellement 130 000 tonnes de bois pour le fumage de

de person - Le déboisement autour de Nopti affecte une zone de 100 km de rayon (EBO, SIDA 1974). Kano, au Nigeria consomme chaque année 75 000 tonnes de bois à brûler et il n'existe aucune possibilité d'en recueillir dans un rayon de 64 km autour de Gbaguaboyou au Burkina-Faso (Larsten, 1975). Les régions boisées des environs de Kharoum sont maintenant entièrement dénudées et le bois destiné à la préparation du charbon de bois doit être récolté à de distances allant jusqu'à 400 km.

La tendance actuelle mène à la destruction des forêts aborigènes, à la disparition des écosystèmes et à la surconsommation des plantations (Idris-H. 1976). La destruction des sols, le manque d'eau et la dégradation de l'environnement sont les conséquences de ces processus.

2331. L'impact des centres administratifs

Les implantations permanentes ont provoqué la création de nouvelles agglomérations, la création des centres de commerce et des constructions de type soudanais à toit en terrasse aux dépens des pailloles légères ou de l'habitat mobile des nomades (Bernier, E. 1943). De ce fait arrivent-il, les besoins en bois (de chauffage et d'énergie) se sont considérablement accrus. Pour une ville comme Niamey "dans un rayon de 15 à 20 km autour de la ville, il n'est pas possible d'entretenir une régénération naturelle du fait que la population augmente et que les terrains, bien que très éprouvés du point de vue climatique, continuent à être mis en culture - en tant que zone de desertification totale dans un rayon de 40 à 50 km.

Delvaux et Roederer 1973 p 95-60

Le danger menace toutes les agglomérations car la consommation individuelle estimée à Niamey en volume à 1,5 stère par an (Delvaux et Roederer) semble égale ailleurs, elle est évaluée à environ 600 kg par personne et par an en zone

Parmi bien certaine que rurale. C'est dire que le risque de désertification est lié à la fois aux grandes concentrations humaines (Sud du Sahel et aux très faibles ressources en bois (Nord du Sahel). De ce fait, en zone pastorale, l'embranchement des branches supérieures par les bergers, la recherche de bois d'œuvre par les artisans nomades font figure aujourd'hui de prédation légères sur le milieu, en face des coupes systématiques pour le bois (de chauffage ou de construction) autour de tous les centres permanents (Bernus, 1949).

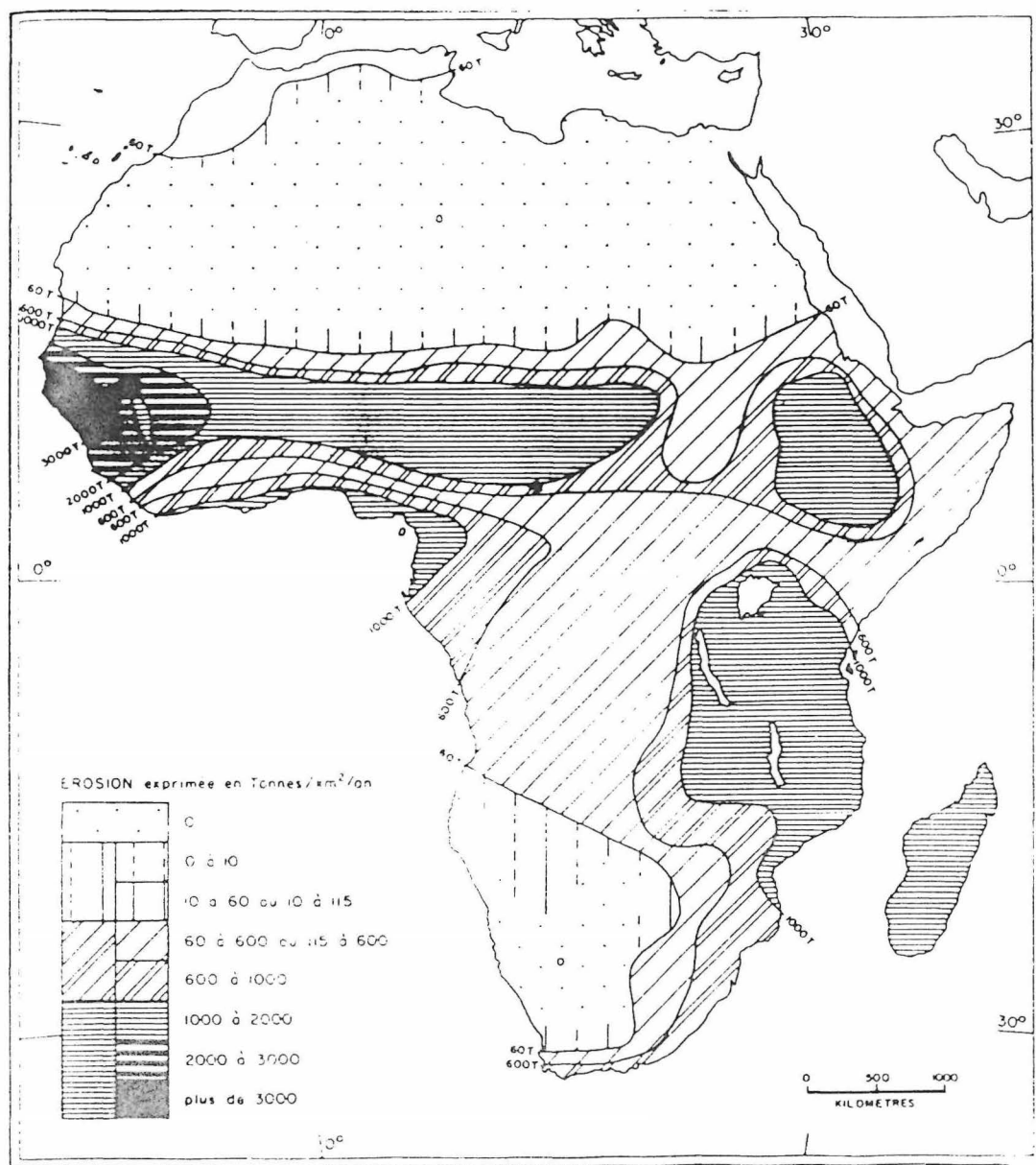
2332 - Evolution de l'exploitation agro-pastorale -

L'évolution de l'exploitation de la zone Nord-sahélienne est marquée par deux faits majeurs. La progression vers le Nord et l'extension des cultures extensives de mil sous pluie et les concentrations saisonnières autour des points d'eau à fort débit. La progression agricole tendant à prendre en priorité les meilleures terres, donc les meilleurs pâturages, le raccourcissement de la durée de jachères, la pression de l'élevage dans les zones agro-pastorale ou agricole font que l'espace réservé à l'élevage pastoral transhumant a tendance à diminuer (Coulomb, J.; Serres, H.; Tacher, G.; 1970).

L'espace occupé par les agriculteurs est même coup retranché du territoire pastoral (Etude de l'IEPVT 1977: pâturage de l'O.B.D du Sahel et de la zone de délestage au Nord-Est de Fado N'Gourma au Burkina-Faso). Dans cette zone selon les auteurs les terrains les plus fertiles sont utilisés par les agriculteurs pour l'alimentation humaine et ce sont les sols les moins riches qui restent pour l'alimentation des animaux. Depuis 1955, dans cette zone on observe une très large extension des périmètres cultivés, partout.

En zone sahélienne, ils ont conquis les terres les plus fertiles

En menaçant le sol à la où l'érosion éolienne et pluviale est la plus sensible - Dans les régions des collines sabêlo-soudanaises, on observe une descente progressive des cultures dans le fond des vallées, et l'abandon des pentes dénudées par l'érosion. Selon toujours les auteurs l'extension des terres agricoles apparaît en opposition directe avec l'expansion du troupeau puisque les territoires laisses à la disposition de l'élevage diminuent en superficie et qu'ils perdent leurs périmètres les plus fertiles.



Érosion normale pour l'Afrique (d'après FOURNIER, 1960)

III 1 - Conclusion générale

Une des premières caractéristiques de la zone sahélienne est l'aridité de son environnement. Les conditions d'aridité climatiques sont généralement aggravées par des conditions d'aridité édaphique engendrées notamment par des facteurs de dénudation (érosion éolienne et pluviale) suite à une utilisation inappropriée des écosystèmes sahéliens. La combinaison de la variabilité climatique et édaphique engendre des réponses biologiques et humaines variées. La sécheresse constitue une menace constante, cependant elle n'entraîne pas à elle seule à court terme une dénudation de l'environnement du type de celle que l'on constate actuellement dans la zone sahélienne.

Car le couvert végétal sahélien paraît être plastique pour s'adapter aux fluctuations climatiques et se régénérer progressivement lorsque les conditions redeviennent favorables.

Donc d'autres facteurs interviennent notamment l'accroissement de la population, l'expansion des superficies cultivées avec la déforestation qui en résulte (ce qui réduit les espaces pastoraux); et l'urbanisation rapide qui concentre la demande de bois de feu. En outre les changements intervenant au niveau des institutions politiques, économiques et sociales, nationales et locales ont pour effet de réduire l'autonomie locale et la capacité d'organiser des opérations conjuguées.

Ainsi la dénudation de la zone sahélienne se produit conjointement avec les facteurs climatiques, édaphiques et anthropiques. Ces derniers selon la majorité des spécialistes sont les principaux agents causaux dans le processus de dégradation du milieu sahélien.

1. Anglade . A., Deschamps . L., 1974 Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux. Paris : Maisons-neuve et Larose 770 p
2. Aubert . G., 1962 La classification des sols utilisée par les pédologues Français en zone tropicale ou aride. Sub africains. Paris : Janvier - Avril 1962 II.1 P 37-105
3. Aubert . G., 1963 La classification des sols. La classification pédologique française - Cahiers . O.R.S.T.O.M., pédologie n°3.
4. Aufréville . R., 1943 - climats, Forêts et désertification de l'Afrique tropicale - Paris : soc. ed. - Geogr. - Haut et cot' 352 p
5. Barnal . M., 1977 Les populations nomades de l'oudalan et leur espace pastoral. Paris : O.R.S.T.O.M 114 p.
6. Baumer . M., 1977 Agropastoralisme et désertification. Centre technique de coopération agricole et rurale CTA 263 p
7. Bernus . E., 1973 - exploitation de l'espace et désertification en zone sahélienne. Tr. Inst. geog. Reims (33-40) 43-53 -
8. Bernus E., 1976 - La sécheresse dans la tradition touarègue. Colloque "Comparaison des sécheresses dans le Nordeste Brésilien et dans le Sahel africain". IReat. Credeat. O.R.S.T.O.M Paris 16-18/1/86 8 p.
9. Bernus - E., Pelissier . P., 1978 L'homme responsable ou victime du désert? Courrier 1978 (47) : 42 - 43 -
10. Bille . J. C., Poupon . H., 1974 "Recherches écologiques sur une savane sahélienne du Faso septentrional" l'homme et la vie 28. 2. p 35-130
11. Boudet . G., 1972 Désertification de l'Afrique tropicale sahélo-soudanienne ser 2 (11) 515-524 -
12. Boudet . G., 1976 Les pâturages sahéliens. Les changes de sédimentation et les possibilités de régénération. principes de gestion améliorée des parcours sahéliens. Maisons-Alfort (France) I.E.N.V.T 63 p.
13. Boudet . G., 1977 - Désertification et semences biologiques au Sahel - Cah. O.R.S.T.O.M ser. bot. - Vol II (4) 233 - 300
14. Boudet - G. 1984 - Recherche d'un équilibre entre production animale et ressources fourragères au Sahel. Bull. soc. linguistique de géograph. 18 (3-4) 167-177.
15. Boudet . G., 1985 - Manuel sur les pâturages tropicaux et culture

- fourragères (Léa révisée), I.E.N.V.T. Maisons-Alfort 266 p.
16. Boudes - C., Bourgeot. R., Coutomb. J., 1977. Conférence des Nations unies sur la désertification, Nairobi. 25 Août - 3 septembre 1977.
17. Bourgeot. R., 1980. P.C.C. Lutte contre l'aridité en milieu tropical. Etude de l'évolution d'un système d'exploitation sahélo-saharien au Mali. I.E.N.V.T. Maisons-Alfort - 36p
18. Lepede. R., 1978. A propos du Sud-Saharien : l'homme et la désertification. Nations - solidaires (75) 6-7.
19. Chaperon. P., 1973. Quatre années de sécheresse dans le Sahel. Travaux O.R.S.T.O.M (Dakar) et colloque international sur la désertification (Nouakchott - Mauritanie).
20. C.I.L.S.S (Comité permanent inter-états de lutte contre la sécheresse au Sahel). "La mise en valeur des terres neuves du Sahel". Synthèse du Séminaire de Ouagadougou club du Sahel, 1979. 149/11-12 octo Ro 1978).
21. Lopans. J., 1974. Sécheresses et famines du Sahel (Tome I 157p ; tome II 144p) : Traspéro -
22. Conférence des Nations unies sur la désertification - Nairobi 25 Août - 3 septembre 1977.
23. Cairo. B., 1980. Le Sahel - Etude du milieu et de l'aménagement agro-pastoral traditionnelle. Montpellier - C.M.C.P. 1980 - 63p
24. Coutomb. J., Sene. H., Tacher. G., 1980. L'élevage en pays sahélo-saharien - PUF. Coll. techniques vivantes 192p -
25. C.T.F.T. (Centre technique forestier tropical). Contribution à l'étude de la désertification de l'Afrique tropicale sèche. C.T.F.T. Nogent sur Seine 1973 - 2p
26. Delaunay. J. C., 1977. Le rôle de la foresterie dans la lutte contre la désertification et sa contribution au développement. Paris - E.C.F.T. Tropiques - 1974 : 3-25.
27. Depierre. D., Gillet. R., 1972. Désertification de la zone sahélo-saharienne du Tchad. Bois et Forêts des Tropiques 135.
28. Dhonnou. G., 1981. Sécheresse et/ou désertification au Sahel - La météorologie. II série 1981 24. : 115 - 123.

29- DEVREE. H., 1977. Desert en marche - Forum Dec. 1977 (46)
1373-8.

30- Dreyne. H. E., 1977. Desertification of lands. Advances in desert and land technological development volume 3 242 p

31- Durhamffeur. P., 1962. Ecologie et pedologie - L'utilisation de la vegetation par la cartographie des stations en forets - B.T.E 172 p 727-72

32- Elbadji Hamane. L., 1987. Contribution à l'aménagement du canton de Tondikandia (Niger). Memoire pour l'obtention du diplome d'agronomie tropicale (D.A.T.) - option foresterie tropicale 65 p.

33- Edwards. L. R., 1978. La desertification et ya 30 ans l'avertissement etait clair. Courrier CE B7, Courrier-pref. (50) = 76

34- Fevre L., 1922. La terre et l'évolution humaine - Introduction géographique à l'histoire - Paris.

35- Gallus J., 1972. Compte rendu du seminaire sur la gestion des terres arides en Afrique de l'Ouest, Ouagadougou 26-23 Janv. 1971. Tokyo. Ann. Nations-Unies. 80 p.

36- Gillet. H., 1961. pâturages sahéliens. Le ranch de l'ouadi. Rimi. J. d'agriculture tropicale et de Botany appl. 8. 10-11. 220 p.

37- Glantz. H. H., 1977. Desertification: environmental degradation in and around arid lands. Boulder (Colorado) Westview Press 1977 - 343 p.

38- Glantz H. H., 1977. Drought as Defunition, delimitation and effect. In Drought. Geneva: UNEP special environmental report no. 9.

39- Guanga. R., 1973. La desertification, la responsabilité de l'homme, la solution possible, la question de l'énergie. London. Earthscan 110 p.

40- Guanga R., 1978. Structures, productivité et dynamiques des systemes écologiques sahéliens (Niger et Ouadi Burkina-Faso).

41- Kowitz. M., 1977. Colloque sur les conséquences de la sécheresse, sur la stratégie, sur les besoins des éleveurs et femmes nomades sahéliens - suggestions pour le développement. Niamey Juin 25-27/1975 - Abidjan REDES/USAID. 77 p.

- 42. Hubert P., 1921. Le dessèchement progressif en Afrique occidentale Française. Bull. Ét. Nat. scient. AOF n° 4.
- 43. Hubert P., Carbonnel J.-P., 1977. Approche statistique de l'aridification de l'Afrique de l'ouest. 11 p.
- 44. I.E.N.V.T. Sécheresse et désertification. Bibliographie. Paris n° 1974 = 3 p.
- 45. Katz R.W., Gantz M.H., 1976. Anatomy of rainfall under Monthly weather review 111. 764-772.
- 46. Loftoun M. Legouneux B., 1980. Problème de régions arides. Modélisation de l'agriculture pluviale 104 pp.
- 47. Letran J.C., 1977. Esquisse épistémologique au 1/5000 des lenteurs de la mise en œuvre avec notice et analyse des obstacles. Lutte contre l'aridité dans l'océan. D.C.R.S.T., O.R.S.T.O.M 53 p.
- 48. Le Houérou H.N. Le bœuf émirain (nomadisme et désertification). Cies 1977 (56) = 14-18.
- 49. Le Houérou H.N. Peut-on lutter contre la désertification? Colloque international sur la désertification. Nouakchott. 17-19 déc 1973 - FAO. Rome 13 p.
- 50. Le Houérou H.N., La désertification des régions. Recherche 1979 (99) 336-344
- 51. Le Houérou H.N. 1979. Écologie et désertification en Afrique. Trav. Inst. de géographie (39-40) 5-26.
- 52. Lesour M., 1975. La circulation générale de l'atmosphère et les oscillations climatiques tropicales. Coll. entre. Desert. Bulletin I.F.A.N. (Dakar).
- 53. Lesour M., La dynamique des précipitations en Afrique occidentale. A.S.E.C.N.A. Dakar 1972, 280 p.
- 54. Malley J., 1976. Modifications de l'environnement climatique d'un domaine de savane (Afr. de l'ouest) au cours des 30 dernières millénaires. In: Climat et développement O.R.S.T.O.M et Paris Colloque et séminaire 21-29 - 1976.
- 55. Michel B., 1977. Halte à la désertification du Sahel.

56. Nichon P., 1973 Le Sahara avance-t-il vers le Sud ? Bois et Forêts des tropiques. Paris 150 : 3-14
57. Mulleville P., 1985. Sécheresse et évolution des systèmes agricoles sahéliens - Le cas de l'écouvalan (Nord du Burkina Faso) Les Cahiers de la recherche et développement 6 : 11-13.
58. Nicholson S.E., 1981 - Rainfall and atmospheric circulation during drought and wetter periods in West Africa. Monthly weather review nos : 2191 - 2208.
59. Niger (UNESCO) - Mise à jour de l'étude de cas sur la désertification et renforcement de la stratégie nationale en matière de lutte contre la désertification. Projet UN/DES/NER/82 1003. Rapport final octobre 1983.
60. Pelisser P., et Diano S., 1978 - stratégies traditionnelles, prise de décision moderne et aménagement des ressources naturelles en Afrique soudanaise. In UNESCO Aménagement des ressources naturelles 35-57.
61. Paye De Fabeques B., 1963 - Etude des pâturages naturels sahéliens Ranch du Nord Senan (Rep. du Niger) Plaines - Affort I.E.M.V.T Et. agrostologiques nos 136 p.
62. Paye De Fabeques B., 1986 - Aspects pastoraux du développement de l'élevage en zone sahélienne dans le contexte de la pénurie de sécheresse 26 p.
63. Pianhol V., De; Reynon P., 1976 - Les zones tropicales arides et sub-tropicales. Paris 17. Colon 617 pp
64. Poupon H., Belle J.C 1974 - Influence de la sécheresse de l'année 1972-1973 sur la production à Fatick - du riz et la vigne 28 : 1-49-75
65. Rapp P., Le Houérou H.N et Kunkel R., 1976 - Peut-on arrêter l'extension des déserts ? Stockholm N.P.R. Ecology. Route 24 243 p.
66. Riquier J.P., 1978 - Land resource degradation - Bruxelles

67. Sansoucy R., 1981. Sahel. Fabrication de blocs de melange-ur.
revue Trimestrielle de géotechnique - 1980 -
68. Sera H., 1975. La gestion du troupeau. Analyse de migration
de transhumants (nomades) et de animaux en liaison avec les conditions saison-
nières - Leur impact sur l'état des pâturages - I.E.H.V.T. Hensens - Afpri
Paris -
69. Servant P., 1974 "Les variations climatiques des régions inter-
tropicales du Continent africain depuis la fin du pléistocène -
Société hydrotechnique de France (Paris) -
70. Sidi Kou A. H., 1974 - Sédentarité et mobilité entre Nya
et Ziguinchor. Etud. nigériennes 34.
71. Sincoulet J., 1974 "Les variations climatiques des
données climatiques et hydrologiques de la sécheresse en Afrique
de l'ouest sahélienne - O.R.S.T.O.M.
72. Stamp L. D. 1961. Histoire de l'utilisation des terres
aides. Paris UNESCO 427P.
73. Toutain G., Wispelaeere G. DE., 1977. Pâturages de l'O.R.D.
du Sahel et de la zone de déstockage du Nord - Est de Fatick (Mauritanie)
(Burkina Faso) I.E.H.V.T. Hensens - Afpri (France) Et. agraires trop. n° 51
74. Valentin C., 1983. Systèmes de production de l'élevage au
Sénégal - Effets du pâturage et du prélèvement sur la dégradation
des sols autour des points d'eau artificiels en région sahélienne -
Perlo. Nord Sénégal, Afpri et O.R.S.T.O.M. 348P.
75. Wispelaeere G. DE., 1980. Les photographies aériennes témoignent de la
dégradation du couvert ligneux dans un écosystème sahélien sénégalais
Influence de la proximité d'un forage. C.R. O.R.S.T.O.M. Ser. Sc. Hum. 17 13-11-85-186
76. Wispelaeere G. DE., Toutain B. Estimation du couvert végétal en 20
ans consécutivement à la sécheresse dans le Sahel voltaïque.
Photo-interprétation n° 3, 2, 7-18 -
76. Wispelaeere G. DE., Toutain B., 1976. Un exemple de
dégradation du couvert végétal sur une zone continentale finie dans le
Sahel voltaïque entre 1955 et 1975. Photointerprétation 3; 2 1-7 -

VI. MESURES DE LUTTE CONTRE LA DESERTIFICATION

Principes
dont doivent
s'inspirer
toutes les
mesures de
lutte contre
la déserti-
fication

211. Toute mesure engagée pour combattre la désertification doit s'inspirer des principes scientifiques et humanitaires reconnus depuis longtemps par les Etats Membres de l'Organisation des Nations Unies. La désertification est un problème humain et l'action visant à la combattre s'adresse nécessairement à des populations, et cherche à préserver, voire à améliorer, leur régime de subsistance. Ainsi, il faut se pénétrer de l'idée que les mesures de lutte contre la désertification ont des objectifs humanitaires et sociaux. Elles doivent se fonder sur la reconnaissance du droit des populations des régions arides à un niveau raisonnable de santé, de nutrition et d'instruction, et à des conditions de vie et de bien-être social s'accordant avec la dignité de l'homme.

212. On devra tenir compte des valeurs sociales traditionnelles et respecter comme il convient les modes de vie et l'expérience accumulée au cours des siècles passés en milieu aride.

213. Dans les programmes de lutte contre la désertification, les priorités devront être fixées en fonction de la gravité de ses incidences sur les populations intéressées et compte tenu de la vulnérabilité plus ou moins grande de ces populations, plutôt que de la seule vulnérabilité de la terre.

214. On devra adopter une approche intégrée associant des propositions de changements d'ordre technique ou écologique à des mesures d'intérêt social et économique visant à favoriser le développement.

215. Les mesures de lutte resteront inefficaces sans la participation librement consentie des communautés locales. Il faut se dire que l'action envisagée doit s'exercer dans le cadre des régimes de subsistance et des schémas sociaux existants. On s'efforcera de se ménager la participation des communautés locales, surtout en obtenant des notabilités qu'elles en donnent l'exemple. Il faudra peut-être créer des incitations à la participation des communautés locales. Le caractère pratique et l'intérêt des mesures proposées devront être démontrés le plus tôt possible grâce à des projets pilotes réalistes. De plus, la question de la participation de la communauté ne doit pas être envisagée seulement comme s'il s'agissait de demander à des experts venus de l'extérieur de persuader la population de faire ce qui, à leur avis, serait bon pour elle. Il importe également de tirer parti des connaissances des personnes habitant sur place. Il arrive parfois que la méthode la meilleure consiste à supprimer les obstacles qui s'opposent à l'utilisation des méthodes

judicieuses de culture que la population locale préférerait pouvoir appliquer.

216. Les programmes devront d'abord prévoir certaines mesures retenues parce qu'elles ont un rapport avec des problèmes locaux immédiats, parce qu'elles se prêtent à une action communautaire rapide, parce qu'elles sont applicables dans les limites des ressources existantes et parce qu'elles paraissent devoir donner des résultats probants dans des délais raisonnables.

217. On devra aussi tirer parti des situations de crise, qui bouleversent les structures sociales et les régimes de subsistance, parce que la population est alors mieux disposée à envisager des changements et à accepter le réaménagement des systèmes de subsistance en milieu aride qu'appelle la nécessité de maintenir la production à un niveau stable.

218. Idéalement, l'objectif serait de rétablir et de maintenir l'équilibre écologique des terres arides en vue d'une productivité soutenue, mais cet objectif doit s'accorder avec les besoins des populations locales. On devra tolérer, jusqu'à un certain point, que la gestion des sols admette une certaine perturbation de l'environnement, provoquée par d'urgentes nécessités humaines.

219. Par ailleurs, il faudra bien se dire que les pressions résultant de l'utilisation des sols comptent parmi les principaux agents de désertification. En conséquence, les modes d'utilisation des sols devront être modifiés, ce qui nécessitera diverses réformes sociales. Une certaine action autoritaire devra naturellement être exercée mais elle n'aboutira que si la communauté intéressée y réagit favorablement.

220. Lorsqu'elle est conditionnée par la précipitation, la productivité des terres arides par unité de surface est nécessairement faible. On ne pourra leur consacrer qu'un investissement modeste, en rapport avec leur productivité. Il faut donc que les mesures de régénération et de préservation soient conçues de façon réaliste afin de ne pas entraîner un investissement que la terre ne rendra jamais.

221. Comme la pluviosité restera toujours variable dans les régions arides, leur exploitation continuera à être très aléatoire pour la plupart des utilisations des sols et l'on devra en tenir compte dans les plans de développement. Cela dit, les mesures destinées à assurer la stabilité des régimes de subsistance et à les protéger des effets de sécheresses récurrentes ne devront pas les priver de leur pouvoir d'adaptation ni faire abandonner les tactiques de dilution des risques caractéristiques des pratiques traditionnelles en milieu aride.

222. Indépendamment des limitations que leur impose le climat, les écosystèmes des zones arides sont sensibles aux contraintes exercées par l'utilisation des sols, en raison de la fragilité de l'équilibre caractéristique de leurs terres et de leur dynamique. Le régime de subsistance le mieux conçu doit être surveillé sans cesse si l'on veut que cet équilibre soit maintenu. Il importe donc que les campagnes lancées contre la désertification ne revêtent pas la forme d'une série d'actions successives et isolées. Il faudra prévoir, dans les plans de développement, des systèmes de surveillance qui indiqueront la manière dont les campagnes se déroulent et le moment auquel elles devront être modifiées. D'où la nécessité d'organiser une recherche scientifique et technique autochtone, de façon que les méthodes d'évaluation, de surveillance et de planification ne figurent pas, elles aussi, sur la liste des importations.

223. Une entité géographique aussi étendue que la zone aride implique l'existence de structures biophysiques, économiques et sociales très diversifiées. Le phénomène de la désertification et les problèmes qui en résultent sont d'une diversité et d'une complexité comparables. Tout plan de lutte devra tenir compte de ce fait et de l'impossibilité d'appliquer des solutions passe-partout. Les recommandations devront faire état des différentes situations, tout en restant assez souples pour être applicables à des situations très variées.

224. L'étude du problème de la désertification confirme l'idée selon laquelle, si l'on n'est pas arrivé jusqu'ici à assurer un régime de subsistance équilibré dans les régions arides, ce n'est pas parce qu'on connaissait mal les processus physiques en cause, mais parce qu'on n'a pas su tirer parti des connaissances qu'on en possédait. Il en va de même, semble-t-il, de la façon dont on a conçu les mesures de lutte contre la désertification. En conséquence, on devra s'attacher en premier lieu, dans les plans d'action, à supprimer les obstacles à l'application des connaissances actuelles, à adapter ces connaissances aux situations locales, tant du point de vue social que du point de vue physique et à se ménager l'assentiment et la participation des communautés concernées. Les plans d'action devront être axés sur des mesures pratiques plutôt que sur les recherches à entreprendre.

225. Il ne faut pas considérer pour acquis que les mesures de lutte contre la désertification auront une place prioritaire dans les préoccupations des gouvernements. Le plan de lutte ne doit pas donner l'impression qu'on remet en cause des priorités nationales déjà fixées. Mais il ne faut pas oublier que l'action au ras du sol sera surtout menée par des organismes nationaux et l'on devra donc s'efforcer, dans la façon de présenter le plan, d'influer sur l'attitude des gouvernements à l'égard du problème de la désertification et

de les y intéresser activement. On aura plus de chances d'y arriver si les mesures de lutte sont reliées aux plans généraux de développement du pays et paraissent s'accorder avec les objectifs nationaux.

226. En raison de leur fragilité, les écosystèmes des zones arides sont particulièrement exposés aux risques liés à une mauvaise application des techniques. Des matériels et des techniques qui avaient fait leurs preuves dans des régions humides ont accéléré la désertification dans des environnements plus secs. Lorsqu'on proposera des innovations, on songera aux effets qu'elles auront sur l'environnement aride et à leur adaptabilité aux régimes locaux de subsistance. On devra songer aussi que, dans les pays en développement, la modicité des coûts, la simplicité d'application et l'acceptation des communautés locales sont autant de considérations importantes. De ce fait, on obtiendra sans doute de meilleurs résultats en modifiant les techniques et les pratiques existantes qu'en innovant de façon radicale.

227. L'approche écologique est la meilleure manière de se protéger contre les mauvais usages de la technique et c'est elle qui devrait inspirer toutes les mesures prises en ce qui concerne la terre - y compris les terres arides. D'après les principes de l'écologie, il faut considérer les écosystèmes comme des ensembles englobant des éléments interdépendants - végétation, animaux, sols, équilibre hydrique et énergétique -, toute modification apportée à l'un d'entre eux ayant des répercussions sur tous les autres. Il faut tenir compte des effets secondaires au même titre que des effets primaires. Les pratiques judicieuses d'utilisation des sols impliquent une collaboration avec les écosystèmes, et non un combat contre eux. Il faut que l'utilisation des terres arides soit judicieusement étalée dans le temps de manière à tenir compte des variations climatiques extrêmes qui y prévalent, et cela implique des périodes de repos et des jachères. La complémentarité de différents environnements est un élément déterminant en ce qui concerne les tactiques d'utilisation des sols, et ce fait doit susciter des échanges divers: l'utilisation doit être conçue en fonction des possibilités de la terre.

228. Ces principes directeurs une fois posés, on devra, avant de mettre en oeuvre des mesures de lutte, identifier les lieux où intervient le processus et en évaluer la nature et la gravité. Il ne s'agit pas ici de proposer de nouvelles recherches. Il s'agit plus simplement de reconnaître que la désertification est un phénomène complexe qui appelle des mesures spécifiques adaptées à chaque situation particulière.

229. Les formes précises que prendront les mesures de lutte contre la désertification dépendront nécessairement de la nature des sols et des régimes de subsistance qui sont

pratiqués sur place. Elles doivent aussi être inspirées par une compréhension véritable de la situation existante. On peut se référer, à titre d'exemple, du travail précis auquel il faut souvent procéder, à l'étude de référence intitulée Ecological Change and Desertification (Transformations écologiques et désertification), qui porte sur le phénomène de ravinement constaté au début du siècle sur les terrains de parcours de l'Arizona et que l'on a attribué au surpâturage. "L'examen attentif des faits a conduit Cooke et Reeves (les chercheurs) à proposer une explication beaucoup plus complexe. Ils ont noté qu'il n'y avait eu que peu de ravinement pendant les périodes où le bétail était le plus nombreux; et que le phénomène avait commencé à s'aggraver bien après que l'effectif du cheptel ait diminué. Ils ont alors cherché une autre explication et ont commencé par étudier la pluviométrie de la zone. Ils ont alors constaté, comme les chercheurs qui les avaient précédés, que si le volume de la précipitation annuelle n'avait pas évolué notablement et de façon constante pendant la période où le ravinement s'était produit, par contre, les pluies étaient devenues de plus en plus torrentielles pendant certaines saisons. Mais cela n'avait certainement pas suffi à provoquer le ravinement; en effet, l'étude historique de chaque cas a montré que des perturbations locales étaient presque toujours intervenues pour modifier la surface du sol (comme le creusement d'un fossé le long d'une route ou la mise en place d'un conduit d'écoulement). Poussés par l'enthousiasme et par un sentiment d'urgence face à la crise possible, les observateurs qui étudiaient les terres arides ont rarement le temps de prendre en considération de petits détails comme ceux-ci..."

Identifi-
cation et
évaluation
du processus
de déserti-
fication

230. On a constaté, à l'expérience, qu'il risque d'être difficile de déceler la dégradation progressive à long terme de certaines zones qui constitue un processus de désertification, en l'isolant des fluctuations écologiques à court terme résultant de variations périodiques de la pluviosité. On devra donc observer de façon continue la situation des écosystèmes arides pour découvrir assez tôt les nouvelles tendances, identifier les zones en voie de transformation et réunir les données nécessaires à l'étude des causes et des processus. C'est sur la base de ces données que les mesures de prévention ou de remise en valeur seront élaborées en définitive.

231. Comme il s'agit là d'un problème mondial, qui appelle donc une action et des échanges d'information internationaux, on devra mettre sur pied un système uniforme de surveillance dans le monde entier qui permettra d'échanger des renseignements sous une forme claire et sur une base uniforme. Les dispositions prises en ce sens pourront être identifiées et coordonnées sous le nom de "Veille mondiale du désert".

232. Cette surveillance au niveau mondial de la situation des écosystèmes arides et des utilisations des sols pourra être réalisée aux moindres frais par télédétection à partir de satellites spécialisés. Le système LANDSAT, déjà en service, pourrait assurer cette surveillance. Il fournit déjà des images avec une précision de détail de 50 mètres au moins et il devrait sous peu permettre d'en obtenir de plus précises.

233. En un premier stade, on utiliserait un satellite tel que LANDSAT pour identifier au sol et cartographier des objets distincts. On pourra y arriver à l'aide d'images en fausses couleurs (bandes LANDSAT 4, 5 et 7) ou en noir et blanc. En employant des bandes magnétiques qui peuvent être lues sur des calculateurs numériques, il serait possible d'obtenir des renseignements plus détaillés encore. Une très forte proportion des zones arides existant dans le monde (probablement 85 %) est déjà couverte par LANDSAT. Les cartes à établir serviraient à définir des types d'environnement fonctionnels, tels que les détermineraient leur géologie, leur morphologie et les modes d'écoulement de leurs eaux de surface, chaque type étant caractérisé par certains sols et par telle ou telle forme de couvert végétal. Les caractéristiques de chaque objet seraient déterminées d'après des images et confirmées à l'aide des données déjà connues sur la géologie, le sol et la végétation. Les résultats seraient vérifiés au sol, la "réalité du terrain" étant déterminée par la prise d'échantillons sur place et par cheminement.

234. La délimitation initiale des ensembles topographiques et pédologiques par un analyseur de photographies qualifié devrait être peu coûteuse, de l'ordre de quelques dollars par milliers d'hectares. La mise au point d'un système de vérification au sol constituerait une opération distincte et continue. Les différentes combinaisons de limites devraient permettre d'exprimer les données obtenues à l'aide de signes conventionnels, par exemple pour les pâturages, la végétation ou la salinité. La précision réalisable devrait convenir pour les études d'ensemble de l'état des sols utilisés dans la planification de leurs utilisations extensives, comme le pâturage, ou comme première étape dans l'identification des zones qui pourraient se prêter à une exploitation plus intensive. Les cartes obtenues constitueraient un cadre approprié pour l'échange de données d'expérience à propos d'environnements comparables.

235. Pour discerner les tendances de l'évolution des écosystèmes arides, on devra exercer une surveillance répétée sur des bases uniformes. On pourra la pratiquer grâce au réseau LANDSAT de stations au sol, recevant des satellites, les données obtenues par télédétection. Le rayon d'action effectif de chaque station est d'environ 2 700 km mais, pour le moment, seule une partie des terres arides est correctement

couverte. L'accès aux stations de réception au sol offre la possibilité d'exploiter les données conformément aux besoins locaux.

236. La mise en mémoire, l'utilisation et la reproduction des données fournies par la station de réception au sol, de même que leur intégration à celles provenant d'autres sources, supposent la création de systèmes informatiques de données et qui feront généralement partie de réseaux nationaux de données sur les sols. Les informations pourront être rapportées à une unité topographique ou à une subdivision géographique quelconque à l'aide d'un système normalisé, et l'expérience donne à penser qu'un réseau utilisant des mailles d'un ou deux kilomètres de côté offre une précision suffisante pour la surveillance générale des zones arides.

237. Des études de faisabilité entreprises en Amérique du Sud devraient démontrer l'intérêt d'une approche transnationale de la surveillance continue de la désertification par la méthode exposée plus haut. La construction d'une station de réception au sol et d'un réseau de données coûterait 2 millions de dollars par an, ce qui représente, on l'a vu, quelques dollars par millier d'hectares surveillé. La création d'un tel système et le contrôle de son fonctionnement dans des zones pilotes devraient prendre environ 3 ans, et il en faudra sans doute 5 pour que leur implantation se généralise. Il semble que le moyen le plus économique d'assurer une couverture mondiale serait de la réaliser par l'intermédiaire de groupements régionaux de pays.

238. Outre la détermination de la "réalité du terrain", les données obtenues par satellite pourront être complétées par des relevés aériens qui, bien que plus coûteux, permettent aussi une plus grande précision. C'est-à-dire que, pour poursuivre l'étude des zones qui, d'après les images LANDSAT sont atteintes par la désertification ou qui pourraient se prêter à une utilisation plus intensive du sol, on devra établir des cartes et procéder à un contrôle aux échelles plus réduites que permet la photographie aérienne classique.

239. Les données tirées d'images provenant de satellites et d'autres sources reliées entre elles par l'intermédiaire d'une banque de données, et complétées par les renseignements dont on dispose déjà, pourraient servir de base à un certain nombre d'activités importantes.

240. La première consisterait à établir une carte indiquant les divers types de désertification et la vulnérabilité relative de parcelles délimitées. On pourrait ensuite élaborer des plans régionaux de lutte, associés à d'autres plans d'amélioration de l'utilisation de sols, de réinstallation, ou

élaborés à d'autres fins répondant aux exigences de la situation. Dans le cadre du plan régional, on pourra définir des mesures spéciales de lutte et choisir des emplacements pour l'exécution de projets pilotes ou de démonstration.

Il faut aussi
évaluer les
conditions de
vie en zone
aride

241. Ces mesures appellent une surveillance continue des sols vulnérables, mais elles supposent qu'on connaisse bien les conditions de vie des populations des zones considérées. L'expérience acquise à l'occasion des programmes en cours a montré que les problèmes physiques liés à la désertification étaient en général plus faciles à résoudre que les problèmes proprement humains.

242. On devra donc s'efforcer, tout en évaluant les conditions physiques, de mieux connaître la situation des populations en cause. On entreprendrait une enquête, par exemple, en renforçant les services de recensements et en perfectionnant leurs techniques, sur les caractéristiques démographiques et la situation sanitaire, sociale et économique des populations. En s'inspirant des résultats obtenus, on mettrait au point des mesures de lutte contre la malnutrition, la maladie, la misère, l'analphabétisme et d'autres handicaps sociaux et économiques dont souffrent généralement les populations des régions arides. Des réformes sociales et économiques, telles que la réinstallation ou l'adoption de nouveaux régimes de subsistance, seraient proposées en tant qu'éléments d'un plan d'amélioration des conditions de vie, et non pas comme simples compléments de mesures écologiques.

243. L'acceptation de leurs aspects sociaux, économiques et techniques contribuera sans doute tout autant à l'efficacité des mesures proposées que leur conformité avec les principes écologiques. Des études devront être entreprises pour déceler les facteurs susceptibles de faire obstacle à cette acceptation et les moyens permettant de l'obtenir. Les monographies montrent bien l'importance cruciale que revêtent les régimes d'occupation et les types de fermage quand il s'agit de déterminer si les terres seront ou non convenablement gérées et entretenues.

244. Qu'ils concernent la terre ou la population, les plans doivent être souples. Ils doivent comporter des vérifications périodiques de la mise en oeuvre des mesures décidées et permettre par la même occasion de réévaluer le problème tant sur le plan humain que sur le plan physique.

Mesures de
lutte dans
le cas de
l'élevage
intensif

245. La lutte contre la désertification dans les zones d'élevage consiste généralement à adopter des pratiques de paissance qui facilitent la restauration de la végétation naturelle. Dans des zones trop sèches pour la culture non irriguée, la végétation naturelle constitue généralement la

pâture la plus facile à entretenir qui assure le meilleur rendement financier du troupeau et qui protège le mieux la surface du sol. Les mesures de lutte viseront évidemment à préserver un couvert végétal susceptible d'autoriser des activités d'élevage dans la plupart des conditions. Des mesures plus ambitieuses - par exemple un effort systématique de remise en valeur du sol par des programmes de plantation ou faisant appel à des moyens mécaniques - ne sont envisageables que dans des zones peu étendues où les processus physiques de désertification menacent les installations, les moyens de communication, les établissements humains ou des terres arables précieuses.

246. Il faut absolument que les pasteurs des zones arides admettent que leurs principales ressources sont constituées par les pâturages et non par le bétail. L'expérience de la sécheresse au Sahel a montré que la mort du bétail avait été provoquée bien plus par la dégradation des pâtures que par le manque d'eau. On devra donc - si on ne l'a pas déjà fait - prendre des mesures de conservation pour exercer un contrôle sur l'accès du bétail aux parcours des terres arides, en clôturant ces parcours s'il le faut et si cela est économiquement faisable.

247. On commencera par entreprendre des études pour déterminer la productivité pratique des principaux types de pâturages des zones arides selon les saisons, les conditions dans lesquelles la végétation peut se reconstituer lorsqu'elle est pâturée et les incidences sur les pâturages, d'une charge constituée par des troupeaux plus ou moins nombreux ou différenciés dans leur composition. On tiendrait compte, dans ces études du fait que les plantes vivaces ont un double rôle: protéger la surface du sol et nourrir le bétail en période de sécheresse. Logiquement, la première chose à faire pour évaluer les possibilités des pâturages en zone aride est d'en dresser la carte en précisant les caractéristiques de leur topographie de leur sol et de leur hydrologie.

248. Les études seront suivies d'évaluations de la capacité biogénique dans différentes conditions, qui permettront d'élaborer des stratégies d'exploitation des pâturages. On abuse déjà de l'expression "capacité biogénique" sans bien la comprendre, et la recherche, judicieusement orientée, devrait permettre de mieux situer et de quantifier cette notion. En attendant, il faudra se contenter d'estimations raisonnables pour mettre au point ces stratégies, qui devront faire état d'un certain nombre de possibilités.

249. On pourra par exemple mettre certains pâturages en défens ou les utiliser par rotation; créer des zones protégées servant de réserves pour le réensemencement naturel, interdire certains pâturages mis en réserve en cas de sécheresse ou

aménager à la faune et à la flore sauvages des refuges destinés à en préserver la diversité génétique. On s'attachera dans toute la mesure du possible à maintenir la mobilité du bétail, la souplesse et la diversité de la composition du troupeau et la faible charge animale, traditionnelle dans les zones arides. On envisagera de clôturer les parties des parcours où les mouvements du bétail sont devenus trop fréquents, notamment celles dont les espèces végétales sont très vulnérables en raison de la topographie ou des caractéristiques du sol, ou les zones particulièrement fragiles comme celles de la périphérie des villes.

250. On s'efforcera d'enrichir les pâturages locaux en y créant des dispositifs simples de collecte de l'eau (par exemple en aménageant des canaux d'évacuation et des digues dans les zones exposées aux inondations). Les zones ainsi aménagées devront généralement être considérées comme des réserves dûment gérées dont on peut tirer parti pour la reproduction du cheptel, comme ressource d'eau en cas de sécheresse ou pour la récolte de fourrages. On pourra également aménager des réserves gérées sous la forme de zones vertes, ainsi qu'il est proposé dans les études de faisabilité portant sur la création de réserves protégées de ce type dans les lisières nord et sud du Sahara. On envisagera d'utiliser ces zones pour l'agriculture de subsistance. On devra les isoler du reste des parcours par des clôtures et en inscrire l'utilisation dans un programme général d'exploitation des pâtures. On vérifiera périodiquement l'état des parcours pour déterminer l'effet des contraintes imposées par le pâturage au sol et à la végétation, en vue de modifier le régime d'exploitation s'il y a lieu et de diriger de préférence les troupeaux vers les zones de végétation éphémère.

251. Les stratégies de pâturage porteront surtout sur les densités moyennes de charge, mais il faut aussi tenir compte des concentrations localisées, par exemple le long des pistes et autour des points d'eau et des lieux habités et faire le nécessaire pour éviter les fortes concentrations d'animaux et le piétinement en certains endroits. On pourrait par exemple aménager des points d'eau d'importance moyenne en un réseau desservant adéquatement tous les terrains pâturés; on prendrait alors des dispositions pour réglementer rationnellement l'utilisation de ces points d'eau, notamment en faisant payer une redevance aux éleveurs qui tirent parti des réserves d'eau communales.

252. Si l'évolution de l'état des parcours donne à penser qu'il faut réduire la charge animale, diverses dispositions pourront être envisagées qui demandent à la fois de l'intuition et une préparation judicieuse: améliorer les moyens de transport, aider à établir des programmes de sélection visant à améliorer la productivité par tête,

s'efforcer de diminuer les risques de perte dans les troupeaux reproducteurs, etc. On créerait des débouchés susceptibles d'absorber sans difficulté le cheptel en surnombre, par exemple dans le cadre de programmes de gestion échelonnés, du genre de ceux que propose l'étude de faisabilité sur la stratification des terrains de parcours au Sahel, assortis de subventions et de mesures de soutien des prix s'il y a lieu.

253. Il faudra aider les systèmes pastoraux à faire face aux conséquences d'une sécheresse récurrente. Certaines dispositions sont envisageables à cet effet: l'aménagement de réserves de pâture et de fourrage, fourniture de moyens de transport du bétail pour en faciliter le mouvement, assistance financière à la reconstitution du cheptel après une sécheresse, assurance contre les pertes dues à la sécheresse, etc.

254. Le soutien mutuellement avantageux apporté par les cultivateurs du voisinage a été de tout temps pour les pasteurs une sauvegarde importante. Les arrangements adoptés à cet effet devront être maintenus et renforcés dans la mesure du possible. Il s'agit notamment d'arrangements commerciaux, d'ententes pour la mise en pâture des chaumes ou des jachères (en échange de l'engrais naturel laissé sur place), et de l'introduction de plantes fourragères parmi les cultures pratiquées. Ces arrangements revêtent des formes très diverses allant de l'introduction de l'élevage nomade dans les périmètres irrigués pour les cultures, comme c'est le cas dans l'Asie centrale soviétique, à l'intégration de l'élevage et à l'agriculture non irriguée dans des zones où l'utilisation des sols est réglementée, comme c'est le cas dans les zones vertes du pourtour du Sahara.

Lutte contre
la déserti-
fication des
zones de
pastoralisme
nomade

255. Depuis quelques années, les pasteurs nomades tendent de plus en plus à se sédentariser, ce qui s'explique par l'évolution des aspirations et des attitudes personnelles, par les catastrophes liées aux sécheresses ou résulte de la mise en oeuvre de programmes gouvernementaux. Le pastoralisme nomade n'est plus pratiqué alors que par une partie de la communauté pastorale, celles-ci acquérant progressivement les caractéristiques d'une communauté sédentarisée. Cette évolution va se poursuivre et on devra la faciliter dans la mesure nécessaire.

256. L'aide pourrait consister, par exemple, à créer des établissements humains judicieusement conçus, dotés d'un système d'approvisionnement en eau et services collectifs, et à aider les nomades à pratiquer une agriculture d'appoint, irriguée ou non, notamment des cultures vivrières ou fourragères. Dans les endroits où des nomades se sont établis, on devra prendre des dispositions pour réduire les effets, sur l'environnement, des concentrations de bétail et de la collecte de bois de feu en songeant qu'ils n'ont pas

l'habitude des astreintes de la vie sédentaire. On pourra créer des réserves de forêts ou de parcours au voisinage des périmètres ainsi habités.

257. Depuis quelques années, les pasteurs nomades sont de plus en plus défavorisés par rapport à leurs voisins agriculteurs, surtout lorsque la précipitation est supérieure à la moyenne car les cultures tendent alors à empiéter sur les pâturages. On veillera à ce que l'accès traditionnel des pasteurs aux parcours et aux points d'eau leur soit maintenu, au besoin par des dispositions réglementaires ou des mesures fiscales.

258. On n'a guère cherché jusqu'ici à renforcer le pastoralisme nomade sur la base des pratiques traditionnelles, avec toutes les adaptations dont elles sont susceptibles. On pourra s'attacher à améliorer la qualité du bétail par des programmes de sélection visant à accroître le rendement des petits troupeaux et à réduire les pertes dues à la maladie. On peut assurer un pâturage équilibré en prenant des avis techniques, visant de préférence à renforcer les pratiques et l'autorité traditionnelles. Des régimes de sélection et de commercialisation peuvent être introduites dans le cadre des systèmes traditionnels. On créera de nouveaux points d'eau, pas trop importants, peu coûteux à construire et faciles à entretenir, en étudiant les possibilités d'emploi de pompes éoliennes. L'utilisation de cette eau devrait être réglementée dans le cadre de programmes généraux de paissance et être axée sur une bonne exploitation de tous les pâturages.

259. Ces régimes de subsistance fondés sur l'élevage qui se situent souvent à la limite de productivité de l'environnement, sont vulnérables aux sécheresses prolongées et graves qui se produisent périodiquement. Il faudrait parer à de telles situations en constituant des réserves de denrées et en prévoyant des mesures de secours.

260. Les migrations saisonnières ou permanentes caractéristiques de ces communautés leur apportent depuis longtemps des compléments de revenus sous la forme d'envois d'argent par d'anciens nomades devenus salariés. Les plans de lutte contre la désertification doivent viser à favoriser et à aider ces mouvements de population par des programmes de réinstallation conçus à l'intention des personnes désireuses de partir. On pourrait aussi ménager localement la possibilité d'autres moyens de subsistance (emplois dans l'industrie touristique, artisanat ou services, nouvelles activités industrielles ou agricoles). On veillera à réduire sélectivement le nombre de départs des travailleurs les plus capables dont la perte appauvrit la communauté.

Lutte
contre la
désertifi-
cation des
zones
d'élevage
commercial

261. L'élevage commercial tend à pâtir du fait que les probabilités de perturbations autour des installations fixes sont plus grandes. On se préoccupera donc des dispositions à prendre pour faire circuler et parquer le bétail; il faudra peut-être déplacer périodiquement certaines installations (parcs, portails d'enclos et abreuvoirs) pour les soustraire aux effets préjudiciables auxquels ils seraient exposés.

262. L'élevage commercial se caractérise par l'utilisation de moyens de transport mécanique et d'autres équipements particuliers. On veillera à ce que les pistes et les chemins soient bien tracés et bien nivelés, surtout quand il est question de les empierrer. On étudiera aussi la possibilité de stabiliser les surfaces des voies existantes si on peut ainsi se dispenser d'en tracer de nouvelles. On prendra des précautions particulières lorsque l'écoulement des eaux de surface se fait le long ou en bordure des pistes.

263. La cherté de la main-d'oeuvre employée dans l'élevage commercial fait qu'on l'y réduit au minimum, ce qui crée des difficultés en cas de travaux exigeant un personnel nombreux, comme les travaux de plantation. Les propositions d'aménagement pastoral comporteront une évaluation de ses incidences sur l'environnement et une estimation du coût probable des mesures de remise en valeur, qui serait déductible du revenu imposable.

264. La vulnérabilité aux fluctuations des prix, même de ceux pratiqués sur des marchés internationaux lointains, créée pour l'élevage commercial, un risque qui vient s'ajouter à celui de la variabilité du climat. La stagnation des marchés peut entraîner l'abandon d'exploitations et la perte d'installations, et décourager les investissements à long terme. On mettra sur pied, s'il y a lieu, des programmes de commercialisation et de stabilisation des prix bénéficiant d'une aide de l'Etat.

265. En revanche, l'élevage commercial a certains avantages: la charge animale est moins forte; il est plus facile d'organiser les mouvements du bétail et l'utilisation des points d'eau et les possibilités de transport du bétail et du fourrage (par fer ou par route) sont meilleures. Ces avantages font ressortir la nécessité de politiques plus avisées en ce qui concerne la charge animale et visant à éviter le surpâturage. Des politiques éclairées prévoiraient notamment le maintien de terrains de parcours publics à l'intérieur du district pastoral. Des dispositions seraient prises à l'avance pour y transporter le bétail quand les circonstances l'exigeraient, pour réduire la charge animale en période de sécheresse, la rétablir au retour des pluies et pour ménager l'accès à des fourrages en période de sécheresse. Une aide extérieure pourrait être nécessaire à cette fin.

266. On peut combattre les formes extrêmes de désertification par des engins mécaniques dans certaines situations localisées. Il faudra encourager la recherche visant à améliorer les méthodes de revégétalisation, notamment en ce qui concerne le traitement du sol, la formation de piqûres ou de rigoles, l'ensemencement et l'épandage d'engrais. L'aide pourrait comporter des conseils techniques, des prêts, la fourniture de plantes mères, de semences et d'engrais, et l'octroi de subventions pour exécuter les mesures approuvées.

267. L'élevage commercial peut bénéficier d'économies d'échelle. Il est aussi plus assujéti que l'élevage pastoral à certaines astreintes de la part des pouvoirs publics, soit directement par les clauses de contrats de location, soit indirectement par leur politique financière ou fiscale. Ces moyens permettent de lui imposer le respect des pratiques recommandées en ce qui concerne la charge animale et on peut aussi en tirer parti pour subdiviser ou remembrer les propriétés en un sens propre à favoriser le mode d'exploitation recommandé.

Lutte
contre la
désertifi-
cation des
zones de
culture non
irriguée

268. Les études sur la relation entre l'agriculture et le climat faites par exemple par l'Organisation météorologique mondiale en Asie occidentale et au Sahara, ont beaucoup contribué à éclairer les rapports entre le climat et les besoins en eau des cultures céréalières et à définir la probabilité de retour des bonnes saisons sur la base d'observations climatologiques. Il faudrait développer et approfondir ces études en multipliant les observations météorologiques, et en étudiant les besoins en eau des cultures aux différents stades de leur croissance et selon diverses caractéristiques du sol. Ces études, grâce aux bonnes estimations des risques climatiques qu'elles contiennent, permettent de fonder des politiques de zonage et de déterminer les dispositions à prendre pour décourager l'extension des cultures au-delà de certaines limites climatiques.

269. Concurrément, et parce que la production végétale constitue une utilisation plus féconde du sol, on s'efforcera d'accroître la superficie des cultures fiables en introduisant des lignées ou des types de plantes résistant mieux à des conditions de climat extrêmes, et en améliorant les façons culturales et les méthodes de conservation de l'eau. On stimulera ces initiatives par des projets de démonstration et des services de vulgarisation. En sélectionnant les plantes qui résistent à la sécheresse et à la présence de sels, il faudra tenir compte des qualités génétiques des plantes locales, que celles-ci aient été ou non déjà domestiquées.

270. Il faudra encourager les recherches débouchant sur une amélioration des prévisions météorologiques et des systèmes

d'alerte connexes, notamment pendant des périodes critiques d'ensemencement, de germination et de moisson.

271. Il importe de prévoir des plans visant à remettre en valeur des terres et à mieux tirer parti des cultures non irriguées dans les programmes intégrés d'utilisation de zones fonctionnelles (de bassins versants, par exemple) et qui tiennent compte de l'interdépendance des hautes terres, des piémonts et des vallées dans l'utilisation des sols.

272. Pour formuler un plan, il faut commencer par dresser des cartes des types de sol et de leur utilisation à une échelle appropriée, à l'agriculture (du 50 000e ou 250 000e, suivant les conditions). Les unités de superficie cartographiées seront classées suivant leur utilisation potentielle en fonction de risques tels que l'angle et la longueur des pentes, la présence de pierres ou de roches, le danger d'inondation, la qualité du drainage et la vulnérabilité à l'érosion éolienne.

273. Les recommandations sur le parti à tirer des diverses superficies constitueront le plan, qui devra tenir compte des limites de l'agriculture non irriguée déterminées par la pluviosité, la topographie, la nature des sols et les rapports avec les modes d'utilisation des terres voisines (foresterie ou pâturage). Les terres marginales situées au-delà de ces limites devront cesser d'être cultivées; à cet effet, on en fera l'acquisition ou l'on offrira des stimulants financiers; ou on pourra aussi créer des réserves de forêts, de pâturages ou d'eau. Quand ces mesures entraîneront un bouleversement du régime traditionnel de subsistance, elles n'auront de chances de réussir que si elles s'inscrivent dans des programmes plus étendus de réaménagement rural prévoyant des modifications appropriées du mode d'occupation des sols (remembrement, programmes de réinstallation offrant d'autres moyens d'existence, etc.).

274. La mise en jachère nue ou en friche d'une terre dévégétalisée constitue un moyen de conserver son humidité au sol. Comme plusieurs autres techniques analogues, la mise en jachère nue accroît la vulnérabilité à la désertification. On peut se prémunir contre elle par une amélioration des méthodes d'agriculture non irriguée et des mesures visant à maintenir le tapis végétal et à améliorer la structure du sol. Les actions envisageables pour parer aux risques et améliorer la productivité varient beaucoup selon les situations et les systèmes d'agriculture non irriguée.

275. Dans les régions de type méditerranéen, on encouragera l'association traditionnelle de l'arboriculture et des cultures de plein champ. On y pratiquera aussi l'élevage, ce qui accroîtra la diversité et la résilience du système et par suite sa résistance aux contraintes du climat.

276. Dans quelques zones de la région méditerranéenne, certains moyens traditionnels de conservation du sol et de l'eau (terrasses, systèmes d'épandage de l'eau, etc.) sont tombés en désuétude. Il faudrait les remettre en honneur, les entretenir et même les perfectionner et fournir une aide à ces diverses fins. On encouragera la plantation d'arbres servant de brise-vent ou exploités en taillis qui fourniront du combustible. On évitera, en labourant, de pulvériser la couche superficielle légère et les engins agricoles (dont certains restent peut-être à concevoir) devront pouvoir travailler des terrains tels que les terrasses pentues. La culture en bandes permettra au sol de mieux résister à l'érosion éolienne. On pratiquera davantage la rotation des cultures, notamment des légumineuses et moins la mise en jachère.

277. La rotation des cultures, y compris celle des plantes de couverture destinées à être enterrées par labourage, doit être également introduite dans les systèmes mécanisés de monoculture non irriguée. On y limitera le plus possible le brûlage ou l'enlèvement des débris et on y fera venir du bétail qui paîtra les plantes fourragères ou les résidus des récoltes. On encouragera la culture en bandes, par des incitations s'il y a lieu, ainsi que la création de brise-vents dans les plaines sans arbres. Pour combattre la salinisation du fond des vallées, on pourra semer des variétés de plantes à racines profondes ou des plantes fourragères tolérant le sel.

278. Dans les cultures sur brûlés, type de culture itinérante si caractéristique de l'agriculture non irriguée dans les zones arides à pluie d'été, l'agriculteur remet en culture des parcelles revigorées par la jachère dont la durée peut atteindre jusqu'à vingt ans. Réduire par trop cette périodicité risque d'avoir des effets préjudiciables à la reviviscence des plantes, à leur repousse et à la fertilité du sol. Si ces effets se manifestent, on devra reprendre la périodicité antérieure, soit en agrandissant la superficie cultivable, soit en atténuant la pression démographique par la réinstallation ou par la création d'autres moyens de subsistance.

279. On peut parfois dans ces zones extraire de la repousse naturelle, pendant la période de jachère, des substances d'une certaine valeur, telles que la gomme arabique. On peut accroître la valeur de la repousse en plantant des arbres ou en adoptant de saines pratiques de foresterie.

280. On voit parfois se perpétuer dans ces zones des espèces végétales traditionnelles et d'anciennes pratiques de travail de la terre, alors que des variétés nouvelles et d'autres techniques maintiendraient mieux la fertilité et la structure des sols tropicaux et réduiraient les effets de l'érosion fluviale et de l'encroûtement du sol. On étudiera partout de près l'agriculture de brûlis afin d'en atténuer les effets sur le sol.

281. Lorsque les terres sous culture non irriguée sont dégradées, l'effort de régénération doit s'inscrire dans le cadre d'actions plus étendues liées à la gestion de l'eau, à l'amélioration de l'utilisation des sols et à la lutte contre l'érosion. On pourra, dans le cadre de projets plus larges, prendre des mesures spécifiques selon la forme que revêt la dégradation.

282. On peut enrayer le ravinement, forme d'érosion particulièrement inesthétique, en plantant des arbres vers l'amont du bassin et en marge des ravins, et en végétalisant les zones qui les alimentent en eau courante. On peut aussi établir des talus et des rigoles de dérivation en travers de leur extrémité amont, et installer de petites levées et des dessableurs le long de leur cours. Quand les conditions s'y prêtent, on peut se borner à combler les ravins et à en reniveler les bords.

283. On peut enrayer l'érosion en nappes, qui affouille la couche superficielle sur de grandes étendues, par des talus et des rigoles épousant les courbes de niveau, par des bandes herbeuses établies le long de ces courbes et par des terrasses.

284. On peut combattre l'érosion éolienne, qui dépouille le sol des cultures non irriguées et provoque des déplacements de sable et la progression des dunes, en plantant des buissons et des arbres en brise-vent (à des intervalles égaux à quatre fois ce que sera leur hauteur finale). On peut construire des palissades ou planter des haies de buissons et d'arbres résistants faisant obstacle à l'avance du sable au vent des zones menacées. On peut recouvrir le sable nu de paillassons, d'un revêtement bitumineux ou de paillis faits de débris végétaux.

285. On peut stabiliser les surfaces sableuses en y semant ou en y plantant une succession appropriée d'espèces végétales, notamment d'espèces qui poussent bien dans le sable, de légumineuses et de plantes de couverture, en même temps que des buissons et des arbres. On peut aussi niveler les dunes ou en modifier la forme pour supprimer les pentes exposées au vent, en même temps que l'on prend des mesures pour éviter qu'elles se reforment.

Lutte contre
la déserti-
fication des
zones de
culture
irriguées

286. Chaque année, la superficie irriguée détruite par la désertification (plusieurs centaines de milliers d'hectares) est sans doute à peu près égale à celle des nouveaux périmètres placés sous irrigation. La destruction ou l'abandon d'ouvrages agricoles aussi complexes et aussi coûteux à établir met en jeu de gros investissements. En effet, les terres irrigables sont peu abondantes, et la création de nouveaux réseaux coûte très cher, d'où l'importance qui s'attache à entretenir les réseaux existants en prenant des

mesures préventives contre la désertification chaque fois qu'ils en sont touchés. Et les monographies consacrées au Pakistan et à l'Irak prouvent clairement que l'on peut lutter avec succès contre la désertification dans les réseaux d'irrigation déjà atteints.

287. La forme la plus courante de désertification des zones irriguées est l'engorgement au sol, qui le contamine par des sels et des alcalis, surtout lorsqu'il est mal drainé ou mal lessivé. Des études et essais préliminaires sont donc d'autant plus nécessaires à une bonne conception des ouvrages d'irrigation qu'on envisage de créer. La salinisation est en effet presque toujours due à des erreurs de conception.

288. Pour les éviter, on devra connaître les réserves d'eau disponible pour l'irrigation, ainsi que sa charge en alluvions et en sels, y compris les variations saisonnières de leur volume. Il faudra étudier de près le sol du périmètre à desservir, sa texture et sa salinité et, en particulier, ses propriétés hydrauliques, car ce sont elles qui détermineront les besoins de drainage et le volume d'eau d'irrigation dont on disposera. Il faudra calculer les besoins en eau des régimes de culture envisagés et déterminer l'emplacement et la teneur en sel de la nappe phréatique, ainsi que leurs fluctuations saisonnières. Cela nécessitera une certaine connaissance des propriétés hydrauliques des couches inférieures du sol, ainsi que de la manière dont elles emmagasinent et transmettent leur eau.

289. Ces études devront aboutir à l'élaboration d'une carte des risques de salinisation, faisant apparaître les inconvénients qu'ils pourraient avoir pour le régime de culture envisagé. Grâce à cette carte et aux études préalables, on pourra poursuivre les travaux de conception en accordant une importance en particulier à la distribution de l'eau, à l'efficacité des systèmes de drainage et à la subdivision du réseau nécessaires pour pourvoir aux besoins estimatifs en eau. Enfin, on devra tenir compte des services et des communications dont le réseau aura besoin et des établissements qui en assureront le fonctionnement et qu'il desservira.

290. Aussi bien pendant sa construction qu'une fois entré en service, un réseau d'irrigation doit être géré par une autorité dotée d'un personnel qualifié et de fonds suffisants, et habilitée à réglementer l'utilisation des sols. Surtout lorsqu'il s'agit d'un ouvrage neuf, elle devra entreprendre l'exécution des projets pilotes, susceptibles de devenir des projets de recherche et de démonstration à mesure que s'en révélera l'utilité.

291. Les ouvrages d'irrigation nécessitent beaucoup d'entretien. Les principaux canaux de distribution doivent avoir des berges bien aménagées et être dotés d'un bon revêtement, par exemple en béton, pour réduire la filtration. Il faut empêcher la vase et les mauvaises herbes de pénétrer dans les canaux de distribution et de drainage, où ne doit apparaître aucune mare d'eau stagnante. Les pertiteurs ou les vannes d'alimentation du réseau doivent être conçus et entretenus de manière à réduire au minimum la charge alluviale. Les parcelles à irriguer doivent être nivelées de façon à assurer un arrosage et un lessivage bien répartis; les zones sujettes aux affaissements doivent être nivelées périodiquement. Il convient d'assurer un lessivage adéquat, mais on veillera à empêcher la surirrigation.

292. On construit parfois des ouvrages destinés à irriguer des sols dont les exploitants n'ont pas été familiarisés, par la tradition ou d'autre manière, avec ce type d'agriculture. Or, le travail des sols lourds sous irrigation appelle des compétences particulières, de même que l'application d'eau d'irrigation à tel ou tel stade de la pousse des plantes. Des services de vulgarisation sont nécessaires pour assurer le bon fonctionnement de ces ouvrages. Il faudra aussi accorder aux propriétaires une aide sous la forme de crédits, de plans d'achats et de commercialisation et, s'il y a lieu, les aider à constituer des coopératives agricoles. On les encouragera à améliorer l'utilisation de leurs terres par des stimulants économiques, des avantages fiscaux, etc.

293. Lors de la conception des ouvrages d'irrigation, les exploitations individuelles ou familiales devront être organisées de façon à en assurer une utilisation de l'eau suffisamment intensive, sans que la superficie à desservir soit trop grande pour empêcher un bon entretien, condition qui est clairement précisée dans les monographies. On les encouragera à réaliser un juste équilibre entre les cultures de subsistance et les cultures marchandes, entre l'arboriculture et l'agriculture. On pourra y ajouter des cultures fourragères si les conditions se prêtent aussi à une certaine activité d'élevage. On veillera tout particulièrement à la façon dont les exploitations sont allouées, et à ce que soient établis et appliqués les règlements nécessaires à leur bonne gestion.

294. Les cultures irriguées, lorsqu'elles réussissent, font inévitablement naître des agglomérations ou même des villes généralement habitées par des gens peu habitués à vivre dans l'encombrement et aux difficultés qui en résultent. C'est pourquoi il faut prévoir des logements et en faire coïncider l'occupation avec l'allocation des exploitations. Les maisons doivent être alimentées en eau de boisson et dotées

d'installations sanitaires ce qui est d'autant plus indispensable que certaines maladies peuvent être transmises par le réseau d'irrigation lui-même dans ces zones. Il faudrait même ménager aux nouvelles communautés tous les services collectifs habituels: centres de santé, services d'enseignement sociaux et culturels, dont l'implantation doit être prévue dans le plan d'utilisation des sols. On devra aussi créer des services de transport.

295. Pour les réseaux d'irrigation alimentés en eau souterraine, on se heurte à des difficultés particulières du fait que la qualité de cette eau est généralement moins bonne que celle des eaux de surface et que le risque de salinisation est aussi plus grand. Le volume limité des eaux souterraines peut empêcher un lessivage adéquat. On devra veiller au juste équilibre entre les réserves d'eau et les besoins des sols, et faire en sorte qu'il y ait assez d'eau à la fois pour l'irrigation et pour le lessivage. De façon générale, l'utilisation de l'eau souterraine nécessite une discipline plus stricte que celle de l'eau de surface.

296. Cette discipline peut être assurée, notamment, par une centralisation des décisions touchant l'implantation des forages et des puits et l'installation du matériel de pompage. Il faut surveiller constamment des indices tels que le niveau de la nappe phréatique, son abaissement et la salinité, et disposer d'un personnel capable d'exercer cette surveillance et de procéder à toutes enquêtes nécessaires.

297. Un réseau alimenté en eau souterraine est souvent mal drainé, ce qui accroît les risques de pollution de la nappe par des écoulements d'eau d'irrigation saline. Il comporte fréquemment de petits canaux de distribution commandés individuellement qui perdent de l'eau par suintement et sont plus exposés que d'autres aux risques de salinisation.

298. Beaucoup de ces inconvénients tiennent à ce que les vieux ouvrages alimentés en eau souterraine se sont souvent développés sans aucun plan et que leur fonctionnement est gêné du fait de droits acquis sur les sols et sur l'eau. Il faudrait rationaliser certains de ces réseaux, au besoin en versant une indemnité aux intéressés. L'évaluation des eaux souterraines, ainsi qu'une cartographie et une classification des types de sols - données dont on se sert pour faire les plans d'un nouvel ouvrage - faciliteraient la rationalisation des vieux ouvrages et leur réévaluation continue.

299. Quand des terres irriguées ont pâti de la salinisation ou d'autres formes de désertification, la première étape de leur régénération consiste à évaluer les dommages. La détermination des changements survenus dans la topographie, le degré de

salinisation des sols et le volume et le niveau des eaux souterraines permettent en effet de juger de ce qu'il faut faire pour lessiver et drainer les sols touchés et des autres travaux requis pour restaurer le réseau (renivellement de la surface du sol, remise en état des canaux d'irrigation, etc.). Le mode d'exécution du drainage - par puits tubulaires, drainage par tuyaux ou collecteurs-fossés - dépendra de l'état des eaux souterraines, des propriétés du sol et du coût de la terre et de la main-d'oeuvre. Le choix entre ces différentes solutions peut dépendre d'une étude comparée des coûts et des avantages.

300. Une fois la situation exactement connue, on peut déterminer l'ordre de priorité des tâches, qui peuvent comporter l'abandon des terres les plus touchées ou l'exécution d'un programme de régénération conçu en fonction des disponibilités en eau, en main-d'oeuvre et en moyens d'investissements. Le programme une fois exécuté, on peut ré-allouer les terres régénérées, mais non sans qu'on en ait bien réglementé l'utilisation. Cette remise en valeur offre une occasion de faire adopter des pratiques propres à empêcher le retour de la désertification.

Lutte contre
la déserti-
fication
liée aux
industries
extractives

301. Les régions arides recèlent depuis toujours des trésors de ressources minérales, notamment le pétrole dont ne peut plus se passer le monde moderne, et on peut s'attendre que les nouvelles découvertes y soient exploitées selon un schéma désormais familier: importance des recettes tirées de ces richesses au regard des autres sources nationales de revenu, direction et financement assurés de l'extérieur de la région, et exportation quasi-totale des profits réalisés.

302. Dans le passé - c'est du moins l'avis général - on aurait exploité ces ressources sans tenir compte des conséquences locales sur le plan humain ou des effets sur l'environnement. En revanche, on reconnaît aujourd'hui qu'il faut protéger la région et ses habitants des pires conséquences de cette exploitation, et que celle-ci doit, au contraire, apporter une contribution appropriée au développement et au bien-être de la région. A cet effet, on devra faire état dans les projets d'exploitation minière, d'une évaluation de ses effets sur l'environnement et les propriétaires des mines devraient payer intégralement le coût des mesures de protection et de régénération de l'environnement. L'exploitation de ces richesses devra être conduite de telle façon qu'elle contribue au développement de toute la région.

303. Il risque d'être difficile de respecter les principes lorsque de grandes richesses sont en cause mais, chaque fois que des intérêts concurrents se disputent des ressources rares, comme l'eau ou le sol, on devra assigner la priorité aux droits

et aux besoins des communautés locales. Lorsqu'on s'apprêtera à procéder à des travaux de forage ou d'exploitation minière, la population locale devra participer dûment à la planification et à toutes les autres décisions qui la concernent, et des dispositions devront être prises pour qu'elle continue à être consultée.

304. Les régions arides devront bénéficier des mêmes normes de protection de l'environnement que les zones plus humides. Elles pourront même nécessiter des précautions additionnelles en raison de la fragilité particulière du milieu aride et des risques auxquels l'exposent la pollution de l'air, la pollution des eaux souterraines, les nuisances dues à la poussière et les dégradations de la couche superficielle du sol. C'est ainsi qu'on devra y imposer des restrictions à la pente des routes sans revêtement et à leur utilisation par les véhicules gros porteurs. Il faudra également prendre des précautions contre la pollution du sol par le pétrole, surtout lors des opérations de pompage.

305. Le forage et l'exploitation minière, ainsi que le personnel qui leur sont affectés et dont une grande partie est recrutée à l'extérieur, ont des incidences de toutes sortes sur la région avoisinante. Il faudra peut-être constituer des réserves de faune et de flore au voisinage des zones exploitées, tout en imposant des restrictions à la chasse ou à la cueillette dans une périphérie plus étendue. Le personnel recruté à l'extérieur devra être logé dans des installations bien conçues disposant de services appropriés.

306. Les entreprises de forage ou d'exploitation minière considèrent généralement les communautés locales comme des sources de main-d'oeuvre et des fournisseurs de matériaux et de denrées alimentaires, et cela peut avoir des conséquences préjudiciables aux communautés qui jouent ce rôle. Il peut arriver que des communautés traditionnelles, jusqu'alors isolées, se trouvent brusquement en contact avec des groupes humains très différents, souvent déracinés, parfois violents, et habitués à un régime social changeant et fragile. Il sera difficile de respecter le principe qui veut que les droits et les besoins des communautés locales soient protégés et que ces populations aient toute possibilité de participer à la nouvelle entreprise et d'en tirer avantage.

Mesures de
lutte contre
la déserti-
fication
liée au
tourisme

307. Beaucoup des considérations relatives au forage et à l'industrie extractive valent pour les activités et installations touristiques dans les déserts et les régions arides. Il faut que les communautés locales aient leur part des profits du tourisme, qui doit leur offrir des possibilités d'emploi, améliorer les communications, faciliter l'accès à d'autres services annexes et élargir les débouchés ouverts à la

production locale, notamment à celle de l'artisanat. Cela dit, avant que ces communautés puissent avoir leur part des profits du tourisme, on devra peut-être les protéger des incidences de cette industrie.

308. Il faudra par exemple protéger les régimes locaux de subsistance, tels que le pastoralisme, des perturbations provoquées par l'activité touristique. La documentation distribuée aux touristes devra contenir des informations sur les populations locales, ses coutumes et son mode de vie, pour inciter à respecter les pratiques de la région et ses habitants eux-mêmes. Il faudra peut-être aussi protéger les sites ou les objets importants du point de vue de la culture traditionnelle. Dans la répartition entre des besoins concurrents de ressources rares telles que l'eau, le sol et les pâturages, on devra accorder la priorité aux besoins des communautés locales. Le meilleur moyen de respecter ce principe et de protéger les intérêts en cause est de faire participer ces communautés à la planification et la gestion des activités touristiques.

309. Il faudra aussi faire en sorte que l'environnement naturel n'ait pas à souffrir de ces activités. On accordera beaucoup d'attention au choix de l'emplacement, à la conception et à l'entretien des routes touristiques, des camps et des zones de loisirs. On imposera des restrictions au trafic routier, notamment à l'emploi de véhicules tout-terrain, et les routes très fréquentées devront être revêtues. Les hôtelleries et les camps seront dotés d'installations pour ce qui concerne l'adduction d'eau, l'hygiène et l'élimination des déchets; le contrôle de la circulation locale sera réglementé. Les rejets non autorisés de détritrus seront frappés de pénalités. La faune et la flore, surtout les espèces menacées ou d'intérêt particulier, devront être protégées. Il en ira de même pour les sites archéologiques et scientifiques, les formations géologiques originales et les curiosités naturelles.

310. Le concept de gestion de l'environnement, si important pour le maintien de la productivité agricole, devra être étendu à l'industrie du tourisme. On pourra être conduit à constituer des réserves ou des zones interdites auxquelles les touristes n'auront pas accès et qui serviront de refuges et de zones de restauration de la flore et de la faune. On pourra aussi envisager la création de parcs naturels où les activités touristiques pourraient s'exercer sous contrôle, les touristes pouvant observer les écosystèmes naturels typiques et intéressants sans leur causer de dommages. On ferait état, dans la gestion de ces parcs, du concept de "capacité d'accueil d'activités ludiques", d'utilisations "différées" ou successives, pour tenir compte de la vulnérabilité saisonnière des espèces et diluer les effets des activités touristiques. Ces parcs devront naturellement être dotés d'un personnel qualifié

assez nombreux, et assez instruit pour fournir aux touristes les informations nécessaires.

311. Le développement du tourisme devra être soumis à un contrôle d'ensemble dans l'intérêt de la protection de l'environnement. Ce contrôle pourra être exercé par les ministères du tourisme ou par des offices du tourisme, où communautés locales et utilisateurs du sol seraient représentés ou pourraient se faire entendre. Chaque proposition de projet touristique comportera une étude de son impact sur l'environnement et ne sera approuvée que s'il est prévu des mesures appropriées de protection de l'environnement. Le coût de ces mesures et d'une restauration éventuelle serait inscrit au budget du projet.

Lutte contre
la déserti-
fication
liée aux
établisse-
ments
humains

312. Dans les régions arides, l'établissement humain va de la maison unifamiliale clôturée d'épineux, à la grande ville moderne, avec ses millions d'habitants. Mais il est constitué le plus souvent par des villages ou de petites villes qui ont grandi pour répondre aux besoins des régimes de subsistance pratiqués en milieu aride. Diverses dispositions pourraient y améliorer les conditions de vie et en limiter leurs effets dommageables sur l'environnement.

313. On devra constituer, dans leur périphérie, des réserves s'étendant à quelques kilomètres de leur périmètre et où le pâturage, les activités de culture et le ramassage de bois de feu seraient soumis à des restrictions. Ces réserves seraient soigneusement clôturées sur leur pourtour et aux endroits où une route les traverse. On les considérerait comme des zones de restauration de la végétation naturelle, mais elles pourraient être réaménagées et plantées si leur état de dégradation était avancé.

314. Des mesures spéciales seront nécessaires pour enrayer une dégradation physique rapide autour des agglomérations lorsqu'elle met en péril ses sols et ses jardins. On devra peut-être, par exemple, stabiliser les sables en mouvement, mettre un frein au ravinement ou combler les ravines. À l'intérieur et au voisinage des agglomérations, les voies de communication devront être empierrées ou améliorées d'autre façon. Des clôtures devront être érigées de part et d'autre de la voie pour empêcher toute divagation des véhicules sur les terres qui la bordent. Dans les agglomérations, on devra aménager les espaces découverts qui constituent des sources de poussière et où l'eau stagne après la pluie. Il faudra peut-être les engazonner ou y créer des brise-vent, mais on songera à l'intérêt que présente un couvert végétal qui résiste au vent, demande peu d'entretien et consomme peu d'eau, dans le cas, par exemple, de surfaces gravillonnées qu'on peut agrémenter en y plantant des arbres et des arbustes indigènes. On prévoira des moyens d'évacuer les eaux de pluies d'orage, assez rares, mais souvent diluviennes.

315. Les services d'approvisionnement en eau, d'hygiène, d'enlèvement des ordures et de voirie ne devront pas simplement satisfaire aux normes classiques; il faudra les renforcer pour faire face aux contraintes particulières à l'environnement désertique.

316. On prendrait des mesures propres à encourager et à aider les habitants à améliorer les conditions de vie dans leur logis et celles du cadre où il se situe. On pourrait leur fournir des matériaux isolants ou de protection ou encore une aide pour remettre en état leur demeure et aménager des jardins et des zones de végétation protectrices ou fournissant de l'ombre. On peut faire beaucoup pour améliorer l'habitat, mais il faut aussi veiller à limiter le développement des agglomérations.

317. Les projets d'expansion ou la création de villes nouvelles devront comporter une évaluation des incidences sur l'environnement qui tienne compte des risques de désertification pouvant en résulter. Elle comportera des estimations de la demande d'eau et d'énergie à prévoir et de la demande de sols jusqu'alors exploités à d'autres fins, ainsi qu'une étude des conséquences qui en résulteront. On y fera aussi état des besoins estimés en matière d'évacuation des ordures, d'hygiène et d'autres services.

318. Les logements neufs et les agglomérations nouvelles devront être conçus de telle façon que l'environnement désertique leur impose des contraintes moins sévères ou grâce à une orientation et à son agencement judicieux des constructions, à l'emploi de dispositifs de protection, d'isolement thermique et de refroidissement et à l'aménagement de zones de séjour en plein air, tous ces éléments devant s'accorder avec le mode de vie local. Les toits devront être conçus de façon à recueillir et emmagasiner l'eau de pluie et se prêter à l'utilisation de dispositifs de chauffage solaire. Les agglomérations devront comporter des abris et les espaces découverts seront aménagés de façon à réduire les nuisances causées par le vent, la poussière et les mouvements du sable. La constitution de réserves et de zones de détente dûment organisées à la périphérie des villes devra être partie intégrante des plans d'urbanisme.

319. On encouragera la recherche sur les problèmes d'habitat et d'architecture dans les régions désertiques. On étudiera les possibilités d'exploitation de l'énergie solaire pour les besoins des ménages et ceux de l'industrie, l'emploi de l'énergie éolienne dans les petites installations et celui d'autres sources d'énergie qui pourraient contribuer à réduire l'utilisation du bois comme combustible. On étudiera les possibilités d'employer des matériaux locaux dans la

construction. On pourra améliorer encore les dispositifs d'isolation et de refroidissement faisant appel, en particulier, à l'énergie solaire. On examinera aussi les essences arborées ou arbustives susceptibles d'être employées à des fins de protection et d'esthétique dans les agglomérations de la zone désertique. On poursuivra l'étude des techniques de dessalement et de recyclage de l'eau, et celle de l'emploi de l'eau saumâtre à des fins sanitaires et industrielles. Des études aideraient à améliorer l'emmagasinement de l'eau dans le sous-sol et l'épuration de l'approvisionnement en eau. On pourra aussi s'attacher à mettre au point des méthodes d'élimination des déchets s'accordant mieux avec l'aridité de l'environnement.

320. Les rapports entre les établissements humains et leur arrière-pays doivent faire l'objet d'un certain contrôle. Depuis quelques dizaines d'années, le développement urbain dans les zones désertiques et à leur proximité provoque un dépeuplement des zones rurales avoisinantes. Si cette émigration devait persister, il faudrait en tenir compte dès l'établissement des plans de logement et de services collectifs. Les plans d'urbanisme devraient être intégrés aux schémas régionaux de mise en valeur et de réinstallation.

321. Le développement urbain, qui exige de l'eau, du combustible, des matériaux de construction, des terrains et de la main-d'oeuvre, ne doit pas se réaliser au détriment des régimes de subsistance voisins. On veillera à ce que le développement planifié des établissements ne compromette pas la satisfaction des besoins et le respect des droits prioritaires liés à ces régimes, et l'on s'inspirera de ces considérations dans la conception et la localisation de l'habitat humain. Concurrément, on informera la population rurale de l'intérêt que les agglomérations voisines peuvent présenter pour elle et on l'associera à la planification de communautés nouvelles et aux activités de préparation du développement des établissements existants.

