

Scientific Environmental
Monitoring Group
Universität des
Saarlandes Institut für
Biogeographie
SAARBRÜCKEN
Allemagne

Livestock and the Environment
Finding a Balance
Elevage et Environnement
A la Recherche d'un Equilibre

Sponsors de l'étude

Commission de l'Union
Européenne

Danemark

France (Ministère de la
Coopération)

Allemagne (Deutsche
Gesellschaft für Technische
Zusammenarbeit - GTZ)

Pays Bas

Royaume Uni
(Overseas Development
Administration)

Etats Unis
(Environmental Protection
Agency)

**IMPACT DES SYSTEMES D'ELEVAGE
PASTORAUX SUR
L'ENVIRONNEMENT
EN AFRIQUE ET EN ASIE TROPICALE
ET SUB-TROPICALE ARIDE ET SUB-
ARIDE**

par

Marc CARRIERE

Coordination de l'étude :

Food and Agriculture
Organization of the United
Nations

Etats Unis (U.S. Agency for
International Development)

Banque Mondiale

Juin 1996

CIRAD-EMVT

SOMMAIRE

RESUME.....	5
I - PRÉSENTATION DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE PASTORAUX	11
1- Cadre géographique.....	11
2- Système de production pastoral "à l'herbe" et système "mixte" en zones sèches.	14
3- Populations pastorales.....	16
4- Animaux d'élevage	19
5- Les milieux naturels et les contraintes pastorales	23
5.1 Les milieux naturels.....	23
5.2 Principales contraintes pour la production pastorale.....	26
6- Modalités d'exploitation traditionnelles du milieu naturel.....	29
II - IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'ÉLEVAGE.....	31
1 - Impacts sur le sol et l'érosion.....	31
1.1 La compactation superficielle du sol	31
1.2 L'érosion	33
2 - Effets sur la végétation.....	35
2.1 Le recouvrement de la végétation	35
2.2 La composition de la végétation	37
2.3 La biomasse végétale.....	38
3 - La désertification	38
3.1 Les sécheresses	39
3.2 Causes de la désertification	40
3.3 Résilience de la végétation.....	41
4 - Elevage pastoral et effet de serre.....	41
4.1- Le méthane	41
4.2- Dioxyde de carbone	42
5 - Ressources en eau.....	42
5.1 L'hydraulique pastorale.....	42
5.2 Dégradation autour des forages	43
5.3 La qualité de l'eau	44
6 - Biodiversité	45
7- Les activités humaines.....	47
7.1 Croissance démographique	47
7.2 Densité animale	48
7.3 Mobilité	51

7.4 Progrès en santé animale	51
7.5 Transformation des systèmes d'alimentation des animaux	52
7.6 Occupation des sols.....	54
7.7 Exploitation du bois de feu	57
8- Critères économiques et sociaux	58
8.1 Tenure foncière et accès aux ressources.....	58
8.2 Sédentarisation agricole des pasteurs	62
8.3 Main d'oeuvre pastorale.....	62
8.4 Propriété du bétail	63
8.5 Règles du marché	64
8.6 Place de l'élevage dans les productions nationales	66
8.7 Politiques d'élevage.....	67

ANNEXE69

BIBLIOGRAPHIE.....73

**IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT
DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE PASTORAUX
EN ZONES TROPICALES ET SUBTROPICALES
ARIDES ET SUB-ARIDES D'AFRIQUE ET D'ASIE**

RÉSUMÉ

I. INTRODUCTION

L'étude couvre les régions tropicales et subtropicales situées entre les latitudes 35° Nord et Sud, jusqu'à une altitude d'environ 2 000 mètres, et avec un climat aride ou semi-aride recevant moins de 600 mm de pluies en moins de 3 mois. Cela comprend les zones sèches méditerranéennes, de l'Atlantique à la vallée de l'Indus (320 millions d'hectares), avec la zone nord-africaine du Maghreb et une zone orientale et asiatique, de l'Arabie à l'Inde. En Afrique tropicale sont concernés le Sahel de la Mauritanie à l'Erythrée, une partie de l'Afrique de l'Est et les pays autour du désert du Kalahari en Afrique australe.

A) Place des élevages pastoraux

Les systèmes d'élevage pastoraux sont ceux pour lesquels plus de 90 % de la matière sèche consommée par le bétail provient du pâturage. La limite avec les systèmes mixtes élevage-agriculture dans lesquels plus de 10 % de la matière sèche provient des sous-produits de l'agriculture est fluctuante. Le passage d'un système à l'autre est récent et conjoncturel ; il dépend du climat et du contexte économique.

Les populations pastorales dans le monde sont estimées à 26 millions de personnes. Dans les régions étudiées, on dénombre 13,3 millions en Afrique et 2,5 millions en Asie occidentale. Elles représenteraient 10 à 25 % de la population totale des régions concernées (près de 14 % en Afrique du Nord). Le nombre des éleveurs strictement nomades décroît rapidement. Ainsi, en Afrique occidentale sahélienne, le taux de croissance des populations pastorales est inférieur à celui de la population totale : il est de l'ordre de 1,5 à 2 % contre 3 % par an. Les pasteurs s'identifient à certains groupes ethniques et culturels, souvent minoritaires par rapport aux élites dirigeantes.

La part de la population pastorale dans la population rurale varie beaucoup d'un pays à l'autre : 98 % en Mauritanie, plus de 60 % en Somalie et en Oman, 40 % au Tchad, plus de 25 % au Mali, au Niger et en Libye, 17 % en Arabie saoudite et au Maroc, 8 à 12 % au Soudan, en Syrie, en Tanzanie, moins de 6 % en Ethiopie, en Irak, en Algérie, au Nord-Yémen, moins de 1 % en Egypte.

Les effectifs du cheptel ne sont pas connus avec précision, car les statistiques ne différencient pas les systèmes de production. Sur la base des statistiques nationales, donc incluant les régions agricoles, les petits ruminants sont les plus nombreux (61 millions au Maghreb), avant les bovins (rapport de 1,5-2,5 à 1 en Afrique tropicale, de 10 à 1 en Afrique du Nord et en Asie occidentale). Les camelins sont 2 fois moins nombreux que les bovins en Afrique du Nord, 3 fois moins nombreux en Asie occidentale, 8 à 10 fois moins nombreux en Afrique de l'Est et en Afrique de l'Ouest.

B) Description des milieux naturels

Les milieux naturels sont surtout des écosystèmes de steppe (végétation ligneuse absente ou clairsemée, végétation basse discontinue, production végétale très saisonnière). La steppe est de type désertique, méditerranéenne aride ou sahélienne.

A chaque type correspond des systèmes particuliers : élevage nomade, semi-nomade à transhumant ou transhumant et sédentaire associé aux cultures.

Les contraintes pastorales sont la grande variabilité du disponible fourrager dans l'espace et surtout dans le temps (forte saisonnalité, variabilité interannuelle) et la rareté des ressources en eau. La mobilité est la principale adaptation fonctionnelle et opportuniste à ces contraintes.

C) Tendances

Les tendances à court terme (1978-1988) sont :

- une augmentation significative des petits ruminants,
- une augmentation des camelins,
- une croissance modérée ou une stagnation des bovins,
- une diminution des équins.

Depuis 1950, le nombre d'ovins au Maghreb a été multiplié par 2,5 tandis que le chiffre de population l'était par 2,7 et celui des surfaces céréalières par 0,5.

A plus long terme, le fait que le cheptel ait augmenté n'est pas admis par tous.

II. IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'ÉLEVAGE

Les problèmes d'environnement dans les zones arides et semi-arides tels que la sécheresse, la désertification, la charge animale, la résilience¹ de l'écosystème, l'extension des surfaces cultivées, ont des causes complexes et sont l'objet de controverses qui séparent diverses "écoles" ou lignes de pensées. L'objectivité est difficile, les points de vue pouvant diverger selon que l'approche est écologique, économique ou sociale.

A) Impacts physiques

1. L'érosion

Les risques d'érosion éolienne et hydrique sont forts en zones sèches en raison de la violence des événements climatiques et de la faible protection du sol par la végétation. L'importance du recouvrement végétal est à la fois une conséquence de l'érosion et un indice de risque érosif, que l'on peut associer à des indices d'érodibilité pour faire des prédictions.

2. La mesure du recouvrement de végétation

L'albédo de surface, mesuré à partir des images satellitaires, est inversement lié à l'augmentation de la brillance du sol consécutif à sa dénudation. Dans la zone semi-aride de l'Afrique de l'Ouest, ce paramètre a diminué de 20 à 60 % entre 1973 et 1979 mais n'a pas changé en zone aride.

3. La production de gaz à effet de serre

¹ Capacité de l'écosystème à supporter des contraintes inhabituelles et à retrouver spontanément l'état antérieur une fois qu'elles ont disparu.

Lorsque l'on applique les résultats des estimations de production de méthane selon les différentes sources, on trouve que le bétail recensé dans la zone d'étude participe à la production de gaz à effet de serre pour environ 0,4 % de cet effet. La productivité primaire des steppes est faible : le dixième de celle de la savane, le trentième de celle de la forêt tropicale. Le stockage du carbone est du même ordre.

B) Impacts biologiques

1. Le recouvrement du sol par la végétation

La comparaison de photographies aériennes anciennes et récentes sur le Sahel, tout comme les nombreuses observations au sol, révèlent de façon qualitative la tendance récente à la contraction de la végétation : les pentes se dénudent tandis que les parties basses deviennent plus couvertes et plus denses. Dans une région sahélienne du Burkina Faso, les surfaces dénudées sont passées de 15 % à 50 % en 20 ans.

2. La composition floristique

Les tendances actuelles dans les régions arides et semi-arides sont la régression des espèces pérennes ou à cycle long au profit des annuelles ou des plantes à cycle court. Sur la zone sahélienne, des peuplements d'espèces ligneuses peu adaptées à l'aridité ont disparu. Les plantes herbacées pérennes ont fortement régressé, alors que les peuplements graminéens annuels n'ont pas sensiblement changé. On observe une augmentation de l'hétérogénéité dans la répartition du couvert herbacé, avec l'apparition d'une structure "en mosaïque". Ces phénomènes traduisent à la fois les effets des successions d'années sèches et ceux du surpâturage. Le retour d'années pluvieuses au Sahel est accompagné d'une reprise de la végétation, ce qui laisse à penser que la cause majeure de l'évolution récente est la sécheresse.

3. La biomasse végétale

En zone sèche, la production primaire dépend fortement des pluies, et plusieurs modèles ont été faits sur la base de ce constat. Les estimations de biomasse par télédétection, avec validation de terrain, ont confirmé cette dépendance des productions aux pluies.

4. La désertification

C'est la dégradation des terres en zone sèche, due à des facteurs physiques comme les variations climatiques ou des activités humaines. Celles-ci provoquent la dénudation du sol, donc accroissent fortement l'érosion, appauvrissent la terre par les cultures ou la stérilisent par salinisation dans les périmètres irrigués. Le surpâturage est l'une des causes humaines de désertification, au même titre que l'extension des cultures et l'exploitation du bois. On estime que plus du tiers des terres arides du globe sont touchées par la dégradation.

5. Les feux

Les feux sont le plus souvent accidentels et isolés. Ils ne sont pas associés aux pratiques d'élevage. En Afrique, ils concernent potentiellement 10 millions de km². Dans les savanes semi-arides, 30% des surfaces brûlent chaque année. Les zones arides sont peu concernées par les feux.

6. Les programmes d'hydraulique pastorale

Ils ont permis de diminuer les risques de surpâturage auprès des points d'eau naturels, mais ils ont contribué indirectement à l'accroissement numérique du cheptel. La dégradation des terres autour des forages est surtout sensible sur sol limoneux ou gravillonnaire et ne dépasse guère 3 km de rayon. Les mêmes dégradations apparaissent autour des villages.

C) Impacts des activités humaines

1. L'extension des surfaces cultivées

C'est un paramètre important. Les surfaces cultivées s'étendent au rythme de l'accroissement démographique. La qualité des parcours diminue, car ce sont les meilleures terres qui sont cultivées. L'élevage perd en mobilité.

2. La densité animale

Elle ne peut être déterminée que sur des régions bien définies, pour lesquelles on dispose à la fois du nombre d'animaux et des surfaces utilisées par le bétail. Les chiffres disponibles diffèrent selon les auteurs.

La densité animale sur parcours s'accroît plus vite que la population animale en raison de l'extension des cultures, mais on peut considérer les champs comme faisant partie de l'espace pastoral puisqu'ils sont ouverts à la pâture après la récolte. Ainsi au Rajasthan occidental, le cheptel et les champs se sont accrus de près de 50 % en 10 ans, alors que l'espace pastoral a diminué de 15 %. L'importation de fourrage ou d'alimentation concentrée diminue en proportion la pression pastorale.

3. La lutte contre les maladies animales

Le premier effort pour le développement de l'élevage en Afrique a porté sur cette lutte. La mise au point de méthodes préventives et les campagnes de vaccination ont été des succès. Le fort accroissement numérique du cheptel lui est dû en partie.

4. Les systèmes d'alimentation des animaux

Ils donnent une place croissante aux céréales et aux sous-produits agricoles. Au Maghreb, la part qu'apportent les pâturages est souvent inférieure à 30%. Au Sahel, cette part est de 40% dans la région de Niono (Mali) et de 35% au Sénégal. Le système pastoral évolue vers une logique de systèmes mixtes d'agriculture-élevage. Cette évolution va de pair en Afrique du Nord avec le surpâturage de la steppe. Au Sahel, les conséquences environnementales sont moins évidentes.

5. La collecte de bois de feu

Elle occasionne le plus fort prélèvement sur les forêts tropicales. La pression démographique entraîne la surexploitation des végétations ligneuses. Au Sahel, la collecte du bois est devenue une tâche difficile.

D) Impacts des aspects économiques et sociaux

1. Le foncier

La propriété collective des parcours a d'abord été analysée comme devant conduire à la ruine des ressources. L'analyse de situations réelles a révélé certains avantages. On reconnaît à présent la nécessité de renforcer les droits à la terre des éleveurs, notamment à travers des associations pastorales.

2. La sédentarisation agricole des éleveurs

Elle s'est accentuée par suite des difficultés économiques résultant de la sécheresse. C'est l'indice de l'appauvrissement des éleveurs et de l'accroissement de leur précarité.

3. La propriété du bétail

Avec l'urbanisation croissante, le bétail devient de plus en plus la propriété des citadins. Les pasteurs nomades deviennent des bergers salariés. En Algérie, 70% du cheptel appartient à des commerçants. Ce changement marginalise l'éleveur car un certain nombre de décisions lui échappent.

4. Les règles du marché

Le comportement des éleveurs vis-à-vis du marché n'est pas expliqué uniquement par le prix du marché. Les variations climatiques entrent en ligne de compte, ainsi que des éléments de décision qui échappent à l'analyse ordinaire.

5. La place de l'élevage dans les production nationales

Les statistiques montrent l'importance de l'élevage dans l'économie nationale des pays tropicaux arides. Deux tendances antagonistes se développent : le maintien de la contribution de l'élevage dans les économies nationales et le risque croissant de détérioration des ressources naturelles pastorales.

6. Les politiques d'élevage

Les choix politiques doivent alors porter sur la prise en compte des objectifs des pasteurs, sans négliger le maintien de la valeur patrimoniale des ressources naturelles et des pâturages.

III. CONCLUSION

Face à un avenir sombre, il existe des possibilités d'intervention selon différentes voies : la recherche scientifique, les interventions techniques et coopératives, l'éducation, l'adaptation de la législation (règles d'utilisation rationnelle des ressources naturelles) et le choix de politiques appropriées (production avec maintien de l'environnement).

I - PRÉSENTATION DES SYSTÈMES D'ÉLEVAGE PASTORAUX

1- Cadre géographique

Cette étude est limitée aux zones tropicales et sub-tropicales arides et semi-arides d'Afrique, du Proche Orient, et du Moyen Orient. La carte de répartition mondiale des zones sèches (carte 1) publiée par l'UNESCO (1977) a servi de base à la délimitation du cadre géographique de l'étude. Les limites suivantes ont été adoptées:

- Limites latitudinales: environ 35 ° de latitude Nord et Sud, ce qui exclu l'ensemble des steppes arides d'Asie mineure et d'Asie centrale (Turquie, Kazakhstan, Ouzbékistan, Turkménistan, Kirghizistan).
- Limites altitudinales: à l'intérieur des zones tropicales et sub-tropicales d'Afrique et d'Asie occidentale, les grandes régions montagneuses ne sont pas prises en compte (voir l'étude "systèmes d'élevage extensif en zone tempérée et tropicale d'altitude); il s'agit des Atlas nord-africains, des hauts plateaux d'Abyssinie et d'Afrique orientale (Kenya, Tanzanie), et des montagnes d'Iran, d'Afghanistan, et du Pakistan.

Le périmètre de l'étude comprend donc cinq blocs (carte 2):

- Les régions sèches méditerranéennes d'Afrique du Nord (Maghreb).
- Les régions sèches méditerranéennes d'Arabie et du Moyen Orient jusqu'aux zones arides de l'Inde et du Pakistan.
- L'Afrique tropicale sahélienne, de la Mauritanie à l'Erythrée.
- Les basses terres d'Afrique orientale (Ethiopie, Djibouti, Kenya, Tanzanie).
- Les régions sèches tropicales d'Afrique australe (extrémité sud-ouest de l'Angola, Botswana, Namibie, Sud du Zimbabwe, Nord de la république d'Afrique du Sud), autour du désert du Kalahari.

2- Système de production pastoral "à l'herbe" et système "mixte" en zones sèches

Une classification des systèmes de production d'élevage a été proposée dans le cadre de cette étude par la FAO (Seré,1994), selon l'utilisation des terres, le niveau d'intensification, le type de produit et les fonctions socio-économiques de la détention de cheptel. Le système pastoral, ou "à l'herbe", implique que le bétail se nourrit au pâturage pour plus de 90 % de sa ration (en matière sèche).

La figure 1 fournit une image synthétique de l'importance relative des systèmes de production extensif à l'herbe en zones arides, par rapport aux autres systèmes de production d'élevage, pour les continents africain et ouest-asiatique (d'après Seré, 1994).

Au sein des zones tropicales sèches (arides et semi-arides), la distinction des systèmes "à l'herbe" et des systèmes "mixtes" d'agro-élevage n'est pas toujours évidente. On observe, en effet, tous les termes de transition possibles entre des formes strictement pastorales, et celles que l'on qualifie "d'agropastorales" (dans lesquelles plus de 10 % de la matière sèche nourrissant les animaux provient des sous-produits de l'agriculture et des chaumes). Le passage d'un mode d'exploitation à l'autre est souvent récent : au Sahel, par exemple, les grandes sécheresses des années 70 ont contraint bon nombre d'éleveurs ruinés ou très appauvris à se sédentariser pour cultiver des céréales. Cette mutation est sans doute conjoncturelle, face à une situation économique particulièrement difficile liée au déficit de précipitations ; il est alors probablement transitoire, et correspond à un agropastoralisme "d'opportunisme" (Bonfiglioli, 1990), dans l'attente d'une reconstitution significative des troupeaux.

Dès lors, la distinction "systèmes à l'herbe - systèmes mixtes" fournit une sorte d'instantané, qui ne traduit ni la situation d'hier, ni celle de demain, mais plutôt une étape dans un processus dynamique, et potentiellement réversible.

3- Populations pastorales

A l'échelle mondiale, les estimations relatives aux effectifs des populations pastorales sont très variables. Celles-ci représenteraient, au total, environ 26 millions de personnes, d'après Livingston (1985), mais avoisineraient, pour les seules zones arides, 30 à 40 millions d'individus selon Sandford (1983), dont 20 à 25 millions en Afrique. Ces différences tiennent à la définition même du pastoralisme, qui inclut, selon les auteurs, des proportions variables de semi-nomades, de transhumants, et d'agro-pasteurs sédentaires. Elles tiennent également au caractère potentiellement transitoire des formes d'élevage strictement pastorales, selon la conjoncture climatique (succession d'années sèches), économique (recherche d'une meilleure sécurité alimentaire par le biais des productions agricoles), ou politique (subventionnement des produits de l'élevage). Elles résultent, en dernier lieu, des difficultés inhérentes au recensement de populations qui sont, par définition, excessivement mobiles.

Dans le cadre géographique de cette étude, les estimations proposées (Tableau I) sont donc à considérer avec quelques précautions. Les populations pastorales représenteraient, globalement, 10 à 25 % de la population totale (Swift, 1988), ou encore 12 à 16 % pour les régions occidentales et orientales d'Afrique nord-tropicale (Bonfiglioli, 1992).

La dynamique des populations pastorales reste encore aujourd'hui peu connue; la plupart des auteurs s'accordent à dire que, d'une manière générale, le nombre d'éleveurs strictement nomades décroît rapidement, même s'il y a parfois confusion entre réduction du nomadisme, et réduction de la mobilité des pasteurs (Sandford, 1983). Dans le cas de l'Afrique occidentale sahélienne, le taux de croissance des populations pastorales pourrait se situer autour de 1,5 à 2 % par an (National Research Council, 1983), taux inférieur de 30 à 50 % par rapport à celui de la population totale (environ 3 % par an dans la plupart des pays concernés par cette étude).

La répartition géographique des principaux groupes de pasteurs est donnée par la figure 2. Sauf rares exceptions (Mauritanie, Djibouti, Somalie), les pasteurs appartiennent à des groupes ethniques minoritaires, peu représentés au niveau des élites dirigeantes.

4- Animaux d'élevage

- Effectifs:

De la même manière que pour les populations pastorales, il est difficile d'établir avec précision quels sont les effectifs du cheptel qui relèvent, en propre, des systèmes pastoraux extensifs en zones arides. D'importants déplacements d'animaux peuvent s'effectuer, de façon traditionnelle ou conjoncturelle, entre des parcours strictement pastoraux et des pâturages post-cultureaux (transhumance horizontale), ou entre pâturages de plaines et parcours altimontains (transhumance verticale). La limite entre les systèmes "à l'herbe" et les systèmes "mixtes" (pour les zones semi-arides), et entre les systèmes des zones "arides" et "d'altitude" (Atlas maghrébins, montagnes d'Afrique orientale), sont donc à la fois peu précises, et potentiellement variables.

Les effectifs du cheptel présentés ici (tableau II) se rapportent à la totalité des surfaces nationales, pour chaque pays de la zone d'étude.

- Espèces animales

Quel que soit le pays ou la région, on note une forte dominance des petits ruminants (ovins et caprins), par rapport aux autres espèces. Le rapport bovins sur ovins/caprins est de l'ordre de 1 pour 1,5-2,5 en Afrique tropicale et australe, et d'environ 1 pour 10 en Afrique du Nord et en Asie occidentale. Dans ces deux grandes régions, les bovins et les petits ruminants représentent, en terme de charge animale, des populations sensiblement équivalentes.

- Evolution actuelle

Les tendances à court terme (1978-1988) peuvent être résumées comme suit (Tableau II) :

- Augmentation significative des effectifs de petits ruminants pour l'ensemble des zones arides, et croissance plus modérée (ou stagnation) du cheptel bovin.
- Augmentation du cheptel camelin pour les zones les plus sèches d'Afrique.
- Réduction des populations équines (chevaux, ânes, mulets) dans la plupart des pays d'Asie occidentale.

A l'origine des deux premières tendances, les facteurs en cause peuvent être à la fois d'ordre écologique (utilisation plus diversifiée des ressources naturelles), zootechnique (meilleure rusticité des ovins, caprins et dromadaires, et en particulier meilleure résistance à la soif), ou encore d'ordre économique (remobilisation plus facile du capital animal, avec les petits ruminants). La réduction du cheptel équin en Asie occidentale suggère surtout un développement important des moyens de transport modernes (motorisation).

A plus long terme, les tendances dynamiques sont plus difficiles à cerner. L'augmentation du nombre de têtes, si elle est évoquée par la plupart des auteurs, n'est pas admise par tous:

"rien ne permet d'affirmer qu'il y a plus d'ovins aujourd'hui qu'au début du siècle" (Couderc, (1976), parlant des steppes algériennes).

Dans le même ordre d'idée, Scoones (1993) fait état, à propos des zones arides du Zimbabwe, de charges animales comparables entre les années 30 et le début des années 70 (fig. 3).

Ces appréciations locales sont cependant loin de faire l'unanimité, et sont en général largement démenties par les statistiques:

"La population bovine de la zone aride et semi-aride était, en 1974, de 71 178 000 têtes, ce qui représentait une augmentation de 70 % par rapport à 1949, et de 25 % environ par rapport à 1959." (UNESCO (1981), sur la base de l'Annuaire FAO de la production pour 1974).

figure 4

5- Les milieux naturels et les contraintes pastorales

5.1 Les milieux naturels

Sur l'ensemble des régions considérées, un biome domine nettement, **la steppe**. Elle est de type "méditerranéenne aride" au Nord, "désertique" autour du Sahara, du Kalahari, et dans la majeure partie de la péninsule arabique, et de type "sahélienne" dans les zones intertropicales arides et semi-arides.

Les principaux traits communs aux différents types de steppe sont d'ordre physiologique - la végétation ligneuse est absente ou clairsemée, la végétation basse est discontinue - et biologique - la production végétale est très saisonnière, elle est souvent faible -.

- Zone méditerranéenne:

Elle est caractérisée, au plan climatique, par des pluies hivernales intervenant pendant la période de jours courts. Dans le cadre de cette étude, les forêts dégradées (maquis et garrigues) et matorrals, qui représentent une part importante des terres affectées au pâturage en zone méditerranéenne semi-aride (400 - 600 mm), sont d'extension relativement limitée. Les steppes méditerranéennes de la zone aride (précipitations annuelles comprises entre 100 et 400 mm) constituent l'essentiel des terres de parcours (tableau III).

L'état des steppes méditerranéennes est jugé alarmant, en raison :

- d'un pâturage continu et généralisé, avec une densité animale d'environ 0,5 ovin / ha, alors que la capacité de charge est en moyenne de 0,25 ovin / ha ;
- de la mise en culture périodique (céréales), qui conduit à l'élimination des espèces fourragères vivaces ;
- du dessouchage des ligneux, utilisé comme combustible." (Le Houerou, 1977).

- Zone désertique:

D'un point de vue climatique, la zone désertique se caractérise par des apports pluviométriques aléatoires, c'est-à-dire n'intervenant pas tous les ans (Emberger, 1938). Les terres de parcours se répartissent principalement sur les marges des grands déserts (Sahara, Néfoud, Roub al Kali, Kalahari), là où les précipitations annuelles atteignent en moyenne 50 à 150 mm. La production des steppes désertiques est excessivement variable dans l'espace et dans le temps; elle est généralement faible et localisée, mais atteint parfois des rendements importants à la faveur d'averses exceptionnelles (jusqu'à 2 à 3 tonnes de matières sèches à l'hectare selon Gauthier-Pilters, 1969). C'est le domaine de l'élevage nomade, basé sur une forte mobilité des hommes et des animaux.

- Zones intertropicales arides et semi-arides:

Diverses appellations existent pour qualifier le type de végétation dominant des zones

tropicales arides et semi-arides: steppes à fourrés, steppes à épineux, steppes à Acacia...

Tableau III : LES TERRES DE PARCOURS EN ZONE ARIDE D'AFRIQUE MÉDITERRANÉENNE (d'après Le Houerou, 1977).

Pays	surface des parcours (1000 km²)
Algérie	200
Egypte	30
Libye	90
Maroc	120
Tunisie	55
Total	495

Principaux types de parcours	surface (1000 km²)
. Steppes à Alfa (<i>Stipa tenacissima</i>)	40
. Steppes à Spart (<i>Lygeum spartum</i>)	30
. Steppes à Armoise et Gymnocarpe (<i>Artemisia herba-alba</i> , <i>Gymnocarpus decander</i>)	115
. Steppes sableuses (<i>Artemisia campestris</i>)	40
. Erbes surpâturées (<i>Peganum harmala</i>)	20
. Steppes halophiles (<i>Salsola</i> , <i>Suaeda</i> , <i>Atriplex...</i>)	40
. Pseudosteppes à nanophanérophytes (<i>Ziziphus</i> , <i>Retama</i> , <i>Acacia</i> , <i>Tamarix</i>)	20
. Forêts dégradées et guarrigues (<i>Pinus halepensis</i> , <i>Juniperus phoenicea</i> , <i>Argania sideroxylon</i>)	30
. Cultures	55
. Jachères	105
Total	495

Dans leur physionomie typique, il s'agit de formations herbeuses ouvertes, comprenant un tapis herbacé à base d'espèces annuelles (CSA, 1956). Le peuplement ligneux est souvent épineux, généralement dispersé, ou rassemblé en fourrés.

Ces steppes s'étendent sur une bande latitudinale ouest-est (Sahel) d'environ 3 millions de km². Elles sont relayées, en Afrique orientale, par des steppes de physionomie comparable, avec cependant quelques variations liées aux caractéristiques locales du climat (distribution bimodale des pluies), ce qui favorise une plus grande proportion d'espèces vivaces (Boudet, 1973). En Afrique australe, elles s'intercalent également entre les zones de forêt claire et de savane boisée, et les zones désertiques et sub-désertiques.

Ces steppes constituent un ensemble biogéographique relativement homogène, au sein duquel les subdivisions suivantes sont généralement admises:

TABLEAU IV. DIVISION ÉCOCLIMATIQUE DES STEPPES

Subdivisions écoclimatiques	Précipitations annuelles moyennes (mm)	Longueur de la saison des pluies (mois)
. Zone aride	100 à 400	1 à 4
. Zone semi-aride	400 à 600	3 à 5

Ces subdivisions correspondent à des ensembles phytogéographiques propres ; au sein du domaine sahélien, par exemple, on observe les transitions suivantes d'une végétation à l'autre :

- Les espèces sahariennes vraies (*Cornulaca monacantha*, *Calligonum comosum*, *Stipagrostis pungens*, *Atractylis aristata*) sont au contact des espèces typiquement sahéliennes telles que *Cenchrus biflorus* (Quezel, 1965), *Aristida mutabilis* (Bourreil *et al.*, 1975), ou encore *Acacia senegal* (Carriere, 1989a).

- La transition entre les zones arides et semi-arides (à partir de 400 mm de pluie) est plus discrète ; elle concorde avec l'apparition des formations arbustives à Combrétacées (*Combretum glutinosum*) et arborées à baobab (*Adansonia digitata*), à *Sclerocarya birrea* sur sols légers, ou encore à *Acacia seyal* sur sols plus lourds. Les graminées vivaces sont localisées aux sites les plus humides.

- A la limite sud de la zone semi-aride (à partir de 600 mm) apparaissent diverses espèces arborées soudaniennes (*Bombax costatum*, *Butyrospermum parkii*...) qui font transition avec les formations savanisées à graminées vivaces.

A ces ensembles phytogéographiques, correspondent également des modalités différentes d'exploitation pastorale : élevage de type nomade en zone désertique, semi-nomade à

transhumant en zone aride, transhumant et sédentaire associé aux cultures en zone semi-aride.

5.2 Principales contraintes pour la production pastorale

Elles sont essentiellement de deux ordres:

- Variabilité de la production fourragère dans l'espace et dans le temps:

Les hauteurs de pluies et la localisation des averses peuvent varier significativement d'une année sur l'autre; les exemples de cette variabilité interannuelle sont légion dans la littérature:

"entre l'isohyète 100 mm 1941-42 (années sèches), et l'isohyète 100 mm 1951-52 (années humides), le secteur délimité, qui peut être alternativement un désert que fuient les pasteurs ou une zone de pâturage attirant les animaux, couvre 340 000 km², soit 31,5 % de la superficie totale de la Mauritanie!" (Toupet, 1971).

- Ressources en eau:

Durant les longs mois de saison sèche (c'est-à-dire pendant la majeure partie de l'année), l'accès à la production végétale est conditionné par la présence et la localisation des ressources en eau:

- soit en surface, au niveau des dépressions, des lits d'oued, et des vallées, qui, selon leur configuration hydrographique, retiennent l'eau plus ou moins longtemps pendant la saison sèche, ou peuvent fournir un fourrage vert.
- soit en profondeur, par l'intermédiaire de puits ou de forages, pour capter les eaux souterraines.

De longue date, la mobilité des troupeaux a été la principale réponse fonctionnelle des éleveurs, face à la variabilité interannuelle des stocks fourragers, et aux difficultés d'abreuvement pendant la saison sèche.

A ces deux contraintes majeures, peuvent s'ajouter localement, en zone semi-aride, l'effet des feux de brousse. La steppe, contrairement à la savane, comprend majoritairement des espèces herbacées annuelles; dès lors, le passage du feu n'a d'autre conséquence que d'anéantir le stock fourrager potentiel. Ces feux peuvent avoir une origine accidentelle, ou correspondre à des objectifs agricoles (défrichements culturels), cynégétiques (pratiques de chasse), ou simplement sécuritaires (amélioration des déplacements, protection des villages).

- Capacité de charge:

L'idée que le taux de dégradation des parcours est proportionnel au nombre d'animaux qui y séjourne n'est pas nouvelle; elle reflète, d'une manière générale, l'opinion du grand public, et celle de nombreux pastoralistes professionnels (Sandford, 1983). Qu'il relève du "mythe ou de la réalité" (de Leeuw et Tohill, 1990), le concept de capacité de charge a été largement employé, au cours de ces dernières décennies, pour diagnostiquer, évaluer, prévoir, ou

aménager les ressources pastorales en zones arides. En ce sens, c'est sans doute l'indicateur clé qui a été le plus utilisé dans un passé récent, tant par les pastoralistes que par les développeurs.

Les critiques qui pèsent sur ce concept, tirent leur essence du fait que la notion de capacité de charge n'est pas équivalente selon l'objectif qui est visé:

"there is no single biologically optimal carrying capacity which can be defined independently of the different management objectives associated with different form of animal exploitation" (Behnke *et al.*, 1993).

A l'évidence, des systèmes d'élevage visant respectivement la production de lait, la production de viande de qualité, la croissance numérique du troupeau, ou le maintien de la biodiversité, ne peuvent agréer une même lecture du nombre optimal d'animaux que doit héberger un milieu pastoral donné. On pourrait ajouter, à l'actif de Behnke *et al.*, que même en réduisant la notion de capacité de charge à une vision "éco-centrique" du problème, celle-ci devrait être définie distinctement selon si l'on recherche en priorité:

- 1- le maintien de la couverture herbeuse du sol (lutte contre l'érosion).
- 2- le maintien de la diversité floristique (conservation du patrimoine biologique).
- 3- le maintien de la valeur fourragère des parcours (conservation des productions animales potentielles).

Dans le 1er cas, en effet, on cherchera à alléger la charge animale là où les sols sont les moins épais, les plus dégradés, ou les plus fragiles, comme par exemple aux abords des pôles d'activités agricoles. Dans le 2ème cas, on limitera les effectifs des troupeaux sur les parcours à forte diversité floristique, c'est-à-dire, en pratique, là où l'intensité des activités humaines est la plus faible. Dans le 3ème cas, on cherchera à équilibrer les charges animales en favorisant l'exploitation des zones les moins pâturées, et en réduisant celle des parcours déjà dégradés.

Bien qu'étant tous d'ordre "environnemental", ces différents objectifs conduisent donc à une appréciation distincte de la notion de capacité de charge.

Déséquilibre permanent et exploitation opportuniste:

Les deux autres points forts de la théorie du "renouveau écologique", reposent sur la prise en compte du caractère non prévisible des paramètres de la production pastorale. En zones arides et semi-arides, la variabilité des précipitations dans l'espace et dans le temps, à laquelle s'ajoutent parfois les effets insidieux des feux de brousse, font que le disponible fourrager est rarement identique d'un lieu à l'autre, ou d'une année sur l'autre, pour une population animale donnée. Il en résulte un "déséquilibre constant" entre l'offre et la demande fourragère, déséquilibre qui donne, d'emblée, une place importante aux facteurs climatiques, dans la dynamique des relations herbivores - plantes (figure 4).

Cette variabilité à la fois intra et inter-annuelle fait que le territoire pastoral prend un caractère fortement "polarisé", aussi bien à l'échelle locale (en fonction de la répartition des averses), qu'au niveau régional (complémentarité entre zones agroécologiques voisines). Dès lors, les pasteurs doivent se plier à la conjoncture, et déplacer leurs troupeaux là où l'herbe pousse, c'est-à-dire exploiter le milieu de façon "opportuniste".

Cet opportunisme, on l'aura compris, n'est pas nouveau; il caractérisait déjà bon nombre de

sociétés pastorales ancestrales. Du point de vue des connaissances scientifiques, l'innovation tient surtout à la réhabilitation que l'on fait des pratiques pastorales traditionnelles, qui, à l'issue de plusieurs décennies de Recherche, apparaissent finalement comme relativement rationnelles et conservatrices!

6- Modalités d'exploitation traditionnelles du milieu naturel

Pour bien saisir l'ampleur des transformations qui ont affecté les sociétés pastorales dans un passé récent, il est nécessaire de rappeler, dans les grandes lignes, ce qu'ont pu être les rapports des peuples pasteurs avec leur milieu naturel.

- *Le territoire pastoral: un espace à géométrie variable*
-

La géométrie du territoire pastoral, à un instant donné, est fonction de la localisation des ressources en eau et en fourrage. La précarité et la forte variabilité des précipitations en zones arides impriment au territoire un caractère fortement "polarisé". Cependant, les différents "pôles" du territoire ne sont pas tous équivalents. Il existe un maillage général, une sorte de trame de fond, formée par les zones d'influence principales de chaque fraction ethnique, et souvent matérialisée par un réseau de puits. Ces zones, où une emprise foncière est clairement reconnue, constituent les pôles les plus actifs du territoire, autour desquels vont s'inscrire, de façon plus conjoncturelle, un certain nombre de zones secondaires, délimitant ainsi le territoire pastoral du moment.

- *Mobilité: la course aux nuages*

L'image de l'élevage nomade qui domine encore aujourd'hui dans l'opinion publique, est celle d'une activité assez distendue, parfois empreinte d'une certaine oisiveté contemplative, propre aux grands espaces et basée sur de longs déplacements.

A y regarder de plus près, c'est surtout contraints et forcés que les éleveurs passent d'un lieu à un autre, car, comme le rappelle Pouillon (1990) "*ils n'adorent pas se déplacer*". Aujourd'hui partiellement réhabilitée, la mobilité des hommes et des animaux a longtemps été perçue comme un obstacle au développement économique de l'élevage, en général, et au contrôle politique des sociétés pastorales, en particulier. Essence même du pastoralisme, la mobilité a pourtant été la seule réponse fonctionnelle commune des peuples pasteurs, face à la distribution erratique des ressources en zones arides.

"Pratiquement, il n'y a aucune règle d'exploitation pastorale que celle qui consiste à faire consommer de l'herbe où et quand il y en a." (Le Houerou et Froment, 1969).

Cette règle d'exploitation suit quelques principes. En zones sub-désertiques, elle repose avant tout sur une étonnante rapidité de circulation de l'information entre les groupes d'éleveurs. Paradoxalement, elle implique également une forte dispersion dans l'espace des pasteurs et de leurs troupeaux, avec des rassemblements limités à quelques tentes (Gauthier-Pilters, 1969).

A l'échelle des grandes zones éco-climatiques, la mobilité des troupeaux prend souvent un caractère pendulaire, avec oscillations saisonnières entre des zones à précipitations estivales, et d'autres à pluies hivernales. C'est le cas, en Mauritanie, de certaines fractions Regeibat (cf. CTA / IEMVT, 1989), qui effectuent des déplacements de près de 1500 kms entre les pâturages d'hiver

du Maroc septentrional, et les parcours d'été des confins mauritano-maliens.

- Modalités de production: la gestion de l'aléa

"...on est en présence d'un phénomène d'archaïsme véritable. Un retard dans l'éveil de la conscience collective, tant à propos des intérêts immédiats de l'élevage, qu'à propos de la sauvegarde du patrimoine d'élevage." (Couleau, (1962), parlant des pasteurs marocains).

Archaïsme, imprévoyance, ignorance ; tels ont été les qualificatifs employés à propos des pasteurs par les techniciens et les développeurs, jusqu'aux années 70. Un jugement sévère, qui trouve ses fondements dans l'inadéquation apparente entre la taille des troupeaux, d'une part, la mauvaise performance commerciale ("intérêts immédiats") et la dégradation des parcours ("sauvegarde du patrimoine"), d'autres parts.

Pourquoi les pasteurs ne se soucient-ils que du nombre de têtes, de la quantité d'animaux plutôt que de leur qualité? La réponse à cette question, si elle a longtemps échappé aux observateurs allochtones, est aujourd'hui largement reconnue. Pour les peuples pasteurs, nul besoin d'étudier les chroniques pluviométriques trentenaires, pour admettre qu'il y a, chaque année, un risque de sécheresse qui va, peu ou prou, décimer le troupeau.

"La sécheresse, comme les épidémies, constituent un véritable facteur de production..." (Bonte, in FAO, 1977).

Pour le pasteur, "*l'aléa climatique est normal*" (CMRADR, 1989). Dès lors, sa stratégie devient simple: garder le maximum de bêtes dans l'espoir qu'en année défavorable, il en restera suffisamment pour reconstituer le troupeau. Privilégier une composition hétérogène du troupeau, pour améliorer les chances de survie du cheptel familial. De ce point de vue, les pratiques les plus irrationnelles (économiquement parlant), peuvent trouver une justification profonde:

"... garder les vieilles bêtes (improductives) dans le troupeau correspond à la volonté de conserver du bétail immunisé." (UNESCO, 1981).

- Performances: la maîtrise de l'adversité

"La caractéristique la plus frappante (des stratégies d'élevage traditionnel) est une mystérieuse capacité à survivre, et parfois à prospérer, dans des conditions de considérable adversité." (Banque Mondiale, 1987).

De fait, si les groupes pasteurs ont pu se maintenir jusqu'à un passé récent, c'est qu'ils ont su, à l'évidence, maîtriser l'adversité. Pour des hommes qui dépendent presque exclusivement de la production fourragère, cette maîtrise implique qu'il y ait eu, au cours des âges, un renouvellement satisfaisant des ressources naturelles.

C'est donc dans l'histoire récente qu'il faut rechercher les causes profondes de la mutation des sociétés pastorales, et de la dégradation du milieu naturel. Car, si la viabilité à long terme des écosystèmes pastoraux et des systèmes de production qu'ils supportent, apparaît aujourd'hui comme un enjeu majeur, les conditions de cette viabilité, il y a peu, semblaient être encore réunies.

II - IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DE L'ÉLEVAGE

L'objectif de ce chapitre est d'évaluer les externalités positives et négatives des systèmes d'élevage pastoraux sur l'environnement, au sein du cadre géographique défini précédemment. L'approche quantitative, de nature économique, qui est souhaitée doit d'abord s'appuyer sur l'évaluation des impacts physiques et biologiques. On tâchera surtout de faire le point des grandes questions environnementales qui touchent les régions arides et semi-arides étudiées dans l'état actuel des connaissances.

Pour mener à bien cette évaluation, on s'appuie sur un certain nombre de paramètres des questions environnementales en rapport avec l'élevage, et appelés "indicateurs" pour les besoins de l'étude (tableau V).

La question des impacts de l'élevage sur l'environnement en zones arides fait généralement référence à un certain nombre de grands thèmes dont les principaux sont la **désertification, la sécheresse, le surpâturage, la sédentarisation des éleveurs, les droits d'accès aux ressources communes**. Ces sujets, très médiatisés, soulèvent de vives controverses entre spécialistes, car selon que l'on adopte une approche économique, sociologique ou écologique, les impacts sont appréciés de façon différente, voire contradictoire. Dans ces conditions, il peut être difficile d'apprécier la valeur, ou même le sens d'un impact, sans faire référence à une "école", ou à une ligne de pensée particulière.

Qu'elles soient d'ordre technique ou scientifique, les connaissances et les données acquises autour du thème "élevage - environnement" sont encore disparates. Même si l'on est bien armé pour effectuer un diagnostic précis et pertinent au niveau local, les mécanismes de changement d'échelle pour passer à des niveaux régionaux ou nationaux ne sont pas au point. En simplifiant des ensembles complexes d'interactions, on fait disparaître des éléments sans en évaluer la conséquence.

1 - Impacts sur le sol et l'érosion¹

1.1 La compactation superficielle du sol

C'est l'un des impacts directs du bétail sur les propriétés physiques du sol. D'une manière générale, on note un accroissement de la densité apparente du sol lorsque l'on augmente la charge animale (Humphreys, 1991). Il résulte du piétinement répété. Les sols riches en éléments fins, limons et argiles non gonflantes, sont les plus sensibles. Le tassement du sol se produit surtout au moment où il est humide, très peu lorsqu'il est sec. Le risque est d'autant plus grand que la saison pluvieuse est plus longue. Les sols sableux sont peu sensibles en surface. On mesure au sol, puis au laboratoire la densité apparente.

La diminution de la porosité qui résulte du tassement réduit les capacités d'infiltration accroit

le ruissellement au moment des chutes de pluies. La végétation, moins bien alimentée en eau, devient clairsemée puis disparaît, la flore s'appauvrit, la production de biomasse diminue. Ce sont surtout les ligneux qui révèlent ce phénomène. Les terres salées du delta du Sénégal, les *naga* du Tchad, les *sols hardé* du Cameroun illustrent cette dégradation. Ces terres ont fait l'objet de diverses expérimentations de restauration (Barral et al. 1983, Guervilly 1992, Peltier 1994, Rochette, 1989).

1.2 L'érosion

les risques d'érosion éolienne et hydrique sont forts en zones sèches et raison de la violence des événements climatiques et de la faible protection du sol par la végétation. Le paramètre clé dans l'étude de l'érosion du sol est le recouvrement de la végétation qui peut être considéré comme une variable à la fois explicative et prédictive (Stocking et Elwell, 1976).

D'une manière plus globale, l'érosion des sols résulte d'une combinaison de facteurs (climat, agriculture, élevage), dont il est bien difficile d'évaluer les parts respectives. L'intensité de l'impact sur les sols est plus forte sous l'effet des activités agricoles, comparativement aux activités pastorales ; dans le premier cas, il y a destruction de la couverture végétale et parfois aggravation de l'emprise érosive du fait de certaines pratiques culturales (labour dans le sens de la pente). A l'inverse, l'impact de l'élevage sur les sols peut être considéré comme plus important en terme d'extension géographique, en raison de la plus grande proportion de parcours par rapport aux cultures dans les zones arides.

TABLEAU VI : IMPACT COMPARE DE L'AGRICULTURE ET DE L'ELEVAGE

	Agriculture	Elevage
Intensité de l'impact:	++	+
Extension de l'impact:	+	++

Le principe de base de la lutte anti-érosive est la conservation ou la restauration d'un manteau végétal protecteur. C'est pourquoi la mise en culture des terres marginales dans les zones à faible pluviométrie (< 400 mm/an) est une pratique peu rationnelle :

- du point de vue écologique : car les sols restent dénudés la majeure partie de l'année, ce qui donne prise à l'érosion.
- du point de vue économique : car la récolte est loin d'être effective chaque année (1 année sur 5, en moyenne, au Niger central).

Dans bien des cas - on le note aussi bien au Sahel qu'en Afrique du Nord - cette pratique trouve sa justification dans l'appropriation foncière que procure la mise en culture. De ce point de vue, la lutte contre l'érosion peut théoriquement trouver quelques ébauches de solutions, aux échelles nationales, dans le domaine de la législation de l'accès aux ressources foncières.

L'encadré 1 illustre un exemple d'application, à une échelle régionale, de l'étude des relations végétation - érosion.

2 - Effets sur la végétation2 - Effets sur la végétation

2.1 Le recouvrement de la végétation2.1 Le recouvrement de la végétation

Le recouvrement de la végétation est un paramètre clé dans l'évaluation des phénomènes érosifs. A une échelle locale (village, terroir, bassin versant), on dispose de nombreuses informations sur l'évolution du recouvrement du sol, au cours de ces dernières décennies. Dans la grande majorité des cas, l'image qui domine est celle d'une **contraction de la végétation**, avec dénudation progressive des sommets et des pentes, et concentration de la végétation dans les points bas où le bilan hydrique est favorable. Ces observations qualitatives ont été notées à maintes reprises depuis les steppes sahéliennes de Mauritanie (Boudet et Carriere, 1986), jusqu'aux steppes arides saoudiennes (Batanouny, 1991). Les mesures chiffrées de ce phénomène sont plus rares (Tableau VII), et ne permettent pas d'effectuer des synthèses aux échelles régionales. A ce niveau, l'étude diachronique de photographies aériennes a été parfois utilisée ; ainsi, au Nord du Burkina Faso, De Wispelaere et Toutain (1981) ont constaté une progression des surfaces dénudées, passant de 15 à 50 % entre 1955 et 1974.

Plus récemment, l'utilisation de l'imagerie satellitaire a permis d'affiner les observations sur le recouvrement de la végétation, à l'échelle régionale, notamment à partir des **mesures d'albédo** de surface:

"Le paramètre albédo, parce qu'il permet une évaluation physique de la réflectance des surfaces, affranchie des perturbations liées aux conditions d'éclairement, s'avère être un bon indicateur des changements de surface en zones arides et semi-arides. Dans ces régions, en effet, la dégradation se traduit principalement par l'augmentation de la brillance des sols en raison de leur dénudation ou de l'appauvrissement du tapis végétal." (Courel, 1984).

Ainsi, le même auteur observe, pour le Sahel occidental, des diminutions relatives d'albédo de 20 à 60 % entre 1973 et 1979, et précise que "*les diminutions les plus importantes se situent entre 14° et 16° N [zone semi-aride] et 2° et 10° W*"; elle signale cependant que "*le secteur compris entre 18° et 20° N [zone aride] n'a pas subi de changement d'albédo entre 1973 et 1979*" (*Ibid.*, p. 306).

A l'heure actuelle, la tendance est à l'utilisation de la télédétection à des fins de plus en plus opérationnelles, avec évaluation de la productivité de la couverture végétale (Tucker *et al.*, 1983, De Wispelaere et Peyre de Fabrègues, 1991).

Néanmoins, si la régression du recouvrement végétal est perçue partout, et quantifiée par endroits, on n'est pas en mesure, aujourd'hui, d'évaluer la part respective des facteurs en cause dans ce phénomène (climat - agriculture - élevage).

2.2 La composition de la végétation

Pour le phyto-écologue, le relevé de végétation, c'est-à-dire la liste exhaustive des espèces présentes sur une station écologique, constitue une prise d'information à valeur hautement synthétique. La présence des espèces renseigne sur le domaine climatique, la nature et la composition du sol, l'humidité stationnelle, mais témoigne aussi de l'aptitude des plantes à la compétition de leur mode de reproduction, de leur sensibilité à la pâture, de l'histoire du site (adventices de cultures, espèces pyrophiles...).

On commence à disposer d'observations comparables, à la fois anciennes et récentes, sur la composition floristique du tapis végétal, qui permettent d'évaluer, à une échelle locale, l'évolution sur le long terme de la flore.

Ainsi, à la limite des zones sahéliennes arides et semi-arides, Casenave et Valentin (1989) notent une progression significative de *Balanites aegyptiaca* au détriment des Combrétacées, signe d'une "sahélisation du milieu". Au Sud de la Mauritanie, Boudet *et al.* (1987) observent une disparition quasi-totale du peuplement ligneux sur plateaux cuirassés, entre 1960 et 1987 (photo 2 et 3). Dans certains cas, les modifications de composition de la strate ligneuse ont été mises en relation avec les différentes contraintes du milieu, notamment la sécheresse (Poupon, 1980), mais aussi les facteurs anthropozoogènes. Ainsi, au Nord du Burkina Faso, Grouzis (1987) relate qu'à l'issue d'une expérience de mise en défend, le recouvrement du peuplement ligneux est passé de 1,5 à 9 %. Il précise que "la floraison et la fructification sont favorisées, ce qui augmente les chances de reproduction à long terme".

Pourtant, malgré l'abondance des informations aux échelles locales, les tentatives de synthèse au niveau de la région, du pays, ou de la zone agro-climatique, restent difficiles. Des efforts dans l'uniformisation des données et la constitution de bases de données doivent favoriser les comparaisons pour faciliter l'interprétation à un niveau régional.

Les évolutions sur le long terme de la composition floristique sont difficiles à analyser. En effet, il existe plusieurs causes simultanées dont il est impossible d'apprécier les importances respectives :

- Les changements d'une année sur l'autre de la présence des plantes annuelles résultent des pluies et de leur répartition, surtout au moment de la germination et aux jeunes stades.
- Les changements progressifs peuvent être liées aux évolutions climatiques que l'on observe actuellement, telles que l'augmentation de l'aridité au Sahel. Elles peuvent aussi être rapprochées de la pression croissante des activités humaines.
- Certains changements épisodiques proviennent de circonstances aléatoires telles que la conjonction d'années favorables ou défavorables à certaines espèces, surtout pérennes : on constate leur apparition, ou leur diminution, ou leur disparition temporaire. Des populations ligneuses au Sahel sont parfois constituées d'individus apparemment du même âge.

Les tendances actuelles signalées dans les régions arides et semi-arides sont les suivantes :

- Régression des espèces pérennes, au profit des espèces annuelles. Dans certains cas, l'influence de la pâture a pu être mise en évidence de façon expérimentale (Cisse et Breman, 1980).
- Régression des espèces à cycle long, au profit des plantes à cycle court. Cela peut être la conséquence d'un accroissement de l'aridité ou d'un effet négatif dû à la pâture pendant la période de végétation.
- Régression des espèces fourragères, au profit de plantes de moindre appétence. Les préférences alimentaires sont supposées favoriser les espèces peu consommées. En fait dans de nombreuses situations, les espèces multipliées par le bétail ont un réel intérêt fourrager. Au Sahel, par exemple les herbes comme *Cenchrus biflorus*, *Zornia glochidiata* et certains *Acacia* se développent avec un fort pâturage (Coulomb, 1979 ; Toutain, 1980).
- L'augmentation de l'hétérogénéité spatiale du tapis herbacé, avec apparition de structure "en mosaïque" (Grouzis, 1987; Carriere, 1989b), et spécialisation de l'habitat des espèces.

2.3 La biomasse végétale

Sous ces climats secs, la production primaire est fortement dépendante des ressources pluviométriques. Dans les années 70 et 80, de nombreux auteurs ont proposé des **modèles** reliant la production primaire à la pluie, aussi bien à une échelle locale (Floret et Pontanier, 1978; Strugnell et Pigott, 1978; Cornet, 1981; Hiernaux, 1984...), que régionale (Deshmukii, 1984; Diarra et Breman, 1975; Le Houerou, 1984...). Dans la majorité des cas, les **procédures d'estimations de biomasse** ont été conduites dans une optique "productiviste", la question posée étant celle du disponible fourrager, de sa variation dans l'espace et dans le temps, et de ses conséquences pour la production animale.

Plus récemment, l'utilisation de **la télédétection** a permis d'élargir considérablement l'information sur les biomasses à petite échelle, même si la précision de ces données reste étroitement dépendante d'une validation sur le terrain. Dans certains cas, cet outil a été utilisé pour mettre en place des "systèmes d'alerte précoce" en cas de sécheresse et d'absence de pâturage.

L'évolution de la production primaire au cours de ces dernières décennies a été fortement corrélée à celle du recouvrement de la végétation : contraction des peuplements, dégradation des parties hautes et des pentes, au bénéfice des points bas et sites à bilan hydrique plus favorable (Tableau VIII).

3 - La désertification

"The word *desertification*, created four decades ago, became a trap with ambushed scientists, planners, donor countries, governments of the affected countries, and the mass media!" (Mainguet, 1991).

Ce mot est un "piège" d'autant plus redoutable qu'il est quasi impossible de démêler les processus naturels inévitables des effets induits par l'homme. L'agenda 21 décrit la

désertification comme la dégradation de la terre en zones arides, semi-arides et sèches à cause de plusieurs facteurs comme les variations climatiques ou les activités humaines.

La désertification n'est pas l'avancée du désert. Ecologistes et botanistes confirment que l'aire d'extension des plantes spécifiquement sahariennes n'a pas changé. Par contre on assiste très nettement à l'aridification de régions entières ou seulement de portions de paysages, accompagnée d'une diminution des activités biotiques.

3.1 Les sécheresses

Les chroniques pluviométriques nous rappellent l'ancienneté des grandes phases de sécheresse (Le Houerou, 1977) :

- . 1913-16, 1944-48, 1968-73, au Sahel.
- . 1920-25, 1944-48, 1959-61, en zone méditerranéenne.

La "sécheresse" est devenue un thème d'étude important, tant pour ses causes, que pour ses effets à partir des années 70. Ce phénomène n'était pas nouveau puisqu'il a largement façonné, au cours de l'histoire, les stratégies traditionnelles de production d'élevage en zones arides.

En dépit de l'abondante littérature de ces vingt dernières années, la sécheresse suscite toujours de vives polémiques :

- A propos de ses causes, Elouard (1973) l'inscrit dans un cadre d'oscillations climatiques, à une échelle de temps géologique, "*évoluant inéluctablement vers l'aride*"; l'origine de la sécheresse est alors à rechercher "*dans les relations énergétiques entre le soleil et la terre*" (Granier, 1973), les tendances actuelles étant déduites des différentes théories sur le bilan énergétique de l'atmosphère (modèle de circulation générale, déséquilibre entre masses d'air polaire et équatorial).

Aux tenants de la climatologie dynamique sont opposés les climatologues classiques. Ceux-ci affirment, sur la base de l'analyse statistique des données climatiques accumulées, qu'aucune tendance à long terme n'est réellement prévisible, en dehors de l'apparition irrégulière de trains d'années pluvieuses et sèches (Sircoulon, 1976).

A ces deux écoles, s'ajoute l'apport plus récent de certains bioclimatologues, qui donnent une place prépondérante aux modifications des grands biomes par les activités humaines (régression des forêts tropicales, dénudation des sols), ainsi qu'à leurs effets sur le recyclage des eaux de pluie (Monteny, 1985), et sur les changements d'albédo du sol (Charney, 1975; Charney *et al.*, 1975).

- Concernant les conséquences de la sécheresse, il y a aussi des controverses :

"C'est la sécheresse et non le bétail qui dégrade les parcours sahéliens." (CIPEA Actualités, 1993).

Cette affirmation a provoqué, en réponse, "*une extrême consternation et une vive inquiétude*" (CIPEA Actualités, 1994). S'il est généralement admis que la sécheresse est l'une des causes

de la dégradation des parcours, la plupart des auteurs s'accorde à dire que l'homme y contribue également. Au centre de cette polémique, la question a longtemps tourné autour de l'appréciation des parts respectives des facteurs "climatiques", et "anthropozoogènes".

A la lumière de travaux plus récents (Behnke *et al.*, 1993), le débat a perdu un peu de sa vivacité : la sécheresse est un phénomène normal; la récurrence de séries d'années sèches est le propre de toute zone aride, et a toujours existé. Il faut donc considérer la sécheresse comme une caractéristique générale des systèmes de production en zones arides, et la préjuger comme une donnée initiale au problème de la production pastorale.

3.2 Causes de la désertification

Les causes de nature humaine sont celles qui conduisent à la dénudation prolongée des terres, donc à un fort accroissement de l'érosion, à appauvrissement de la terre par les cultures ou à la stérilisation par salinisation dans les périmètres irrigués. Le surpâturage est la deuxième cause humaine de désertification après l'extension des cultures et avant l'exploitation du bois. On estime que plus du tiers des terres arides du globe sont touchées par la dégradation.

Pour Sandford (1976), la désertification trouve son origine dans quatre grandes familles de causes :

- 1- Celles d'ordre "structurelle" (basées sur des arguments socio-économiques).
- 2- Celles qui relèvent d'évènements "naturels" (variabilité climatique).
- 3- Celles qui résultent de la "faillibilité humaine", en particulier de la vision "à court terme" des pasteurs, des gouvernements, des bailleurs de fonds, etc.
- 4- Celles liées à la pression des populations humaines et animales.

"Our own hypothesis would be that 70 % of the problem can be attributed to natural events and population growth, but that significant progress can still be made by working on the other 30 %, particularly on social and economic structures and the lack of technology, which lies in Sandford's human fallibility category." (Nelson, 1988).

En dehors du fait que la "faillibilité" des hommes (pasteurs et bailleurs de fonds confondus) ne compte que pour une maigre part (30 %) dans cette appréciation, on peut s'étonner de voir agrégées dans les 70 % restants des causes aussi diverses que le climat ("*natural events*") et la croissance démographique, même si l'une et l'autre paraissent inéluctables. Un simple regard sur le passé (tableau IV) nous rappelle que la sécheresse est loin d'être un phénomène uniquement contemporain. C'est à la suite de séries d'années sèches que les pasteurs ont élaboré, au cours des siècles, leur schéma traditionnel d'exploitation pastorale, dont la caractéristique principale est de s'accommoder de l'incertain et de l'éphémère. La sécheresse est un phénomène ancien qui peut être considéré, sur une large échelle de temps, comme une contrainte "permanente". D'ailleurs, elle n'a guère remis en cause de manière significative le renouvellement des ressources naturelles au cours des siècles passés. A l'inverse, la pression démographique résulte de l'accumulation progressive des termes successifs d'une série géométrique; c'est donc un processus lent au départ, mais assimilé à présent à un phénomène subit et dévastateur, l'explosion démographique.

Le nomade est-il le père ou le fils du désert ? De ce point de vue, il est bien difficile d'attribuer la "paternité" de la désertification au nomade. Si les causes de la désertification sont encore controversées aujourd'hui, les symptômes ne le sont pas moins. Les rares quantifications disponibles, à petite échelle (UNCOD, 1977), sont souvent remises en cause, sous couvert de l'argument suivant : la plupart des observations sur la désertification se rapportent à des décades particulièrement sèches (les années 70 et 80); l'apparente irréversibilité de la dégradation peut être remise en question dans un contexte climatique plus "normal".

3.3 Résilience de la végétation

C'est là qu'intervient la notion de **résilience**, c'est-à-dire la capacité de l'écosystème à supporter des contraintes inhabituelles et à retrouver spontanément l'état antérieur une fois qu'elles ont disparu. Ainsi, une enquête du Cilss (1989) a montré que la production céréalière du Sahel est passée d'une situation déficitaire de un million de tonnes en 1987, à un excédent de 1 million de tonnes en 1988. Au Niger, Toulmin (1988) fait état d'une "rapide et étonnante reconstitution de la végétation, qui semblait être irréversiblement dégradée". Les appréciations peuvent différer selon les observateurs, car on manque de critères objectifs. Ainsi, dans le même pays, et la même année, Carriere (in IBPGR, 1988) signale à propos de la graminée vivace *Andropogon gayanus* :

"Aucune nouvelle recrue n'a été observée, les populations étant pratiquement toujours composées de vieilles souches d'au moins 60 cm de diamètre. En d'autres termes, il semble que la seule reprise effective concernant *Andropogon gayanus* soit une reprise végétative."

4 - Elevage pastoral et effet de serre

"L'établissement et le progrès des sociétés humaines peuvent changer notablement et dans de vastes contrées l'état de surface du sol, la distribution des eaux et les grands mouvements de l'air. De tels effets sont propres à faire varier, dans le court de plusieurs siècles, le degré de chaleur moyenne." (Fourier, 1827).

Dès les années 1820, comme le rappelle Grinevald (1992), "*l'idée de l'effet de serre, y compris l'intrication entre ce grand phénomène de type "physique" et le développement économique de l'humanité, était lancé*". Quelques 170 ans plus tard, "l'idée" tend à être reconnue comme un problème majeur à l'échelle de la planète, même si les estimations et les pronostics restent encore peu fiables, du fait de la complexité des mécanismes en jeu.

Le méthane et le dioxyde de carbone sont des gaz à effets de serre produits, l'un par les ruminants, l'autre au moment des feux, et sont donc liés aux activités d'élevage.

4.1- Le méthane

Ce gaz serait actuellement responsable de 18 % (Leng, 1993) à 19 % (Dunglas, 1993) de l'effet de serre total. Par ailleurs, les ruminants produiraient 18 % de l'émission totale de méthane (Peyre de Fabrègues, 1993), avec environ 7,5 % des émissions mondiales au niveau du continent africain. Sur la base des effectifs bovins présents en zones arides et semi-arides d'Afrique et du Proche Orient (voir Tableau III page), la contribution globale du cheptel de la zone d'étude à l'effet de serre serait :

- . Part du méthane dans l'effet total: 18 à 19 %.
 - . Part du bétail dans les émissions de méthane: 18 %.
 - . Part du cheptel bovin mondial présent en zones arides et semi-arides: environ 10 %.
- Soit, globalement, une contribution du cheptel bovin présent sur la zone d'étude de l'ordre de

0,3 à 0,4 %. Bien qu'il ne s'agisse là que d'un ordre de grandeur, cette contribution peut être considérée comme faible.

4.2- Dioxyde de carbone (CO₂)

Les activités d'élevage en zones arides peuvent avoir deux effets distincts sur le cycle du CO₂ :

- La réduction de la biomasse végétale, fixatrice de CO₂, consécutive à la dégradation de la végétation. Les écosystèmes steppiques en zones arides ont une faible productivité, comparativement aux autres écosystèmes (tableau IX).

TABLEAU IX: PRODUCTIVITÉ PRIMAIRE NETTE DE QUELQUES ÉCOSYSTÈMES TERRESTRES (d'après Dajoz, 1975).

Ecosystèmes	Productivité primaire nette (moyenne) en g/m ² /an.
. Forêt tropicale	2 000
. Forêt tempérée	1 300
. Forêt boréale	800
. Savane	700
. Steppe	70
. Prairie tempérée	500
. Toundra	140
. Désert	3

La dégradation n'a pas été évaluée en biomasse perdue. Malgré l'étendue des steppes dans le monde, les pertes ne peuvent être très considérables, comparativement aux autres écosystèmes tropicaux et sub-tropicaux.

- Les feux : en Afrique tropicale, les feux de savane concernent potentiellement 10 millions de km². Dans la zone de l'étude, seules les régions semi-arides les mieux arrosées sont concernées : la biomasse doit atteindre environ 100 g/m² (matière sèche) pour que le feu s'étende. A partir des images satellitaire et par des observations au sol, De Leuw et Reid (1995) estiment qu'au sud du 15° nord, et jusqu'à 25° sud, près de 50 % des surfaces de savanes sont brûlées chaque année, et seulement 30% dans les savanes sèches semi-arides. Sur 82 millions d'hectares de savanes sèches des régions semi-arides, plus de 200 millions de tonnes de matière sèche seraient ainsi brûlées chaque année.

Les mises à feux en régions steppiques restent des phénomènes relativement isolés, et souvent accidentels. La contribution des steppes aux émissions de CO₂ dans l'atmosphère est faible.

5- Ressources en eau

5.1 L'hydraulique pastorale

Les politiques d'hydraulique pastorale ont fait couler beaucoup d'eau...et d'encre (voir par exemple: Bernus, 1974 et 1992; Serres, 1980; Thebaud, 1990; Barral, 1982; Sandford, 1989...). Si elles avaient au départ "*le mérite d'une grande cohérence*" (Bernus, 1992), c'est que les objectifs visés apparaissaient comme des étapes logiques et incontournables dans le scénario du développement de l'élevage :

- . Exploitation de pâturages naturels inutilisables une partie de l'année par manque d'eau.
- . Réduction des dépenses énergétiques liées à la marche.
- . Amélioration de la qualité de l'eau d'abreuvement, et diminution du travail de puisage dans le cas des points d'eau à exhaure mécanique.
- . Réduction des risques de surpâturage en fixant les conditions d'exploitation des parcours et des points d'eau, et d'une manière plus générale, organisation et gestion des déplacements des troupeaux.

Rares sont les observateurs qui virent, dans ces politiques, un risque quelconque:

"Avant, nous avions des pâturages sans eau, maintenant nous risquons d'avoir de l'eau sans pâturage."
(Feunteun, 1955, à propos du Ferlo des forages, au Sénégal).

Les conséquences des politiques d'hydraulique pastorale, dénoncées dès les années 70-75, peuvent être résumées ainsi :

. Accroissement numérique du cheptel:

"cheptel bovin doublé en vingt ans au Niger" (Bernus, 1992).

"le cheptel a triplé entre 1950 et 1975" (Barral *et al.*, 1983, à propos du Ferlo sénégalais).

"la population animale a augmenté de 73 % entre 1965 et 1975 au Botswana, et de 55 % entre 1957 et 1968 au Soudan [à la suite de la mise en valeur des ressources hydraulique]" (Sandford, 1989).

. Diminution de la mobilité des troupeaux, avec très tôt, déclin des transhumances saisonnières (GRENIER, 1957).

. Modification des modalités d'accès aux ressources foncières:

"la création de nouveaux points d'eau ayant probablement réduit l'accès à l'eau et au pâturage des premiers occupants." (Sandford, 1989).

Après un engouement légitime, au démarrage des politiques d'hydraulique, certains éleveurs ont, semble-t-il, rapidement déchanté; ainsi en est-il des pasteurs Somalis du sud-est de l'Ethiopie (Cossins, 1971), qui exhortaient les pouvoirs publics à placer les puits le plus loin possible de leurs zones de pâturage, ou encore des Touaregs Illabakan du Niger (Bernus, 1974):

"en 1970, les Illabakans firent une démarche auprès des autorités administratives pour demander la fermeture de la station d'In Waggen" [créée en décembre 1961]...

5.2 Dégradation autour des forages

La dégradation en auréoles autour des sites d'abreuvement, notamment des forages, est liée à la convergence, pendant la saison sèche, d'un grand nombre d'animaux vers un petit nombre de points d'eau. Ces dégradations sont parfois spectaculaires, mais ne concernent que des surfaces limitées. L'intensité de l'évolution de la végétation à proximité des forages dans le Ferlo sénégalais est proportionnelle à leur ancienneté et dépend grandement de la nature du sol (Barral et al., 1983) :

- sur sol sableux (où sont implantés la majorité des forages) l'évolution se traduit par une diminution plus ou moins intense de la densité ligneuse dans un rayon de 0,5 à 3 km. Cette diminution s'accompagne d'une modification floristique de la strate herbacée. Dans un rayon de moins de 1 km du forage, on note la germination d'espèces nitrophiles dont la production augmente à proximité du forage et atteint près de 1 t/ha de matière sèche. Le sol est remanié par le piétinement jusqu'à une quinzaine de centimètres de profondeur.

- sur sols limoneux et argileux, la dégradation assez importante, avec induration superficielle du sol et disparition progressive des ligneux. La végétation n'a pas le temps de se reconstituer en saison des pluies. L'auréole de dégradation fait au maximum 3 kilomètres de rayon.

- sur sols gravillonnaires, l'évolution est considérable, se traduisant par la disparition quasi totale de la forêt basse et par de l'érosion et du ravinement. Le phénomène est net dans un rayon de 1 à 5 km. La disposition en rayons à partir du point d'eau ou du village témoigne de l'influence humaine dans cette dégradation.

Les mêmes constatations sont faites autour des villages.

5.3 La qualité de l'eau

La pollution des eaux, qui constitue, selon Thomas et Barton (1994: domaine d'impact "crop-livestock interactions"), un risque à court ou moyen terme, lié à l'intensification probable des activités d'élevage, au sein de petites exploitations agricoles (confinement des animaux sur des surfaces réduites, utilisation croissante d'engrais chimique...). Ces mêmes auteurs signalent cependant que ces risques sont surtout importants en zones péri-urbaines, et dans les régions d'altitude à forte densité de population (*Ibid.*, p. 6).

6 - Biodiversité

"There is a considerable diversity in forage species in Africa, particularly in grasses and browse species. Perhaps as many as 3500 plants species play a significant role in feeding large african herbivores: 1500 grasses, 600 herbaceous legumes, 400 browse species and 1500 others (forbs). By comparison, less than 150 cultivated plant species contribute in a significant way to human food requirements in Africa." (Le Houerou, 1991).

A l'évidence, la biodiversité végétale est utile à l'élevage. La réciproque est-elle vraie ?

Dans ce domaine, les évaluations sont rares en dehors de quelques représentations théoriques (fig. 5). Localement, on dispose de quelques données ponctuelles lorsque des inventaires systématiques ont pu être effectués, sur un même territoire, à des époques distinctes (cf. encadré 3).

figure 8

On dispose seulement depuis peu des informations botaniques de base telles que les catalogues floristiques nationaux (Lebrun, 1973; Peyre de Fabrègues et Lebrun, 1976; Boudet et Lebrun, 1986; Lebrun *et al.*, 1991...) Ou *l'énumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale* (Lebrun et Stork, 1992 à 1996) qui répertorie l'ensemble des espèces connues. Il serait donc bien ambitieux de vouloir apprécier comment, et à quelle vitesse, évolue la diversité végétale dans les zones arides.

Avant d'en rechercher les causes, il convient d'apprécier préalablement l'ampleur du phénomène :

- En réactualisant les inventaires biologiques à petites et moyennes échelles (régions, nations), lorsque des données anciennes existent comme base de comparaison.
- En statuant, à partir de ces inventaires, sur la dynamique et l'intérêt "patrimonial" des espèces (fréquence, rareté, risque de disparition, limites d'aires spécifiques...). C'est là une base essentielle pour l'élaboration des listes d'espèces menacées et autres "livres rouges", qui, aujourd'hui, relèvent plus de l'exception que de la règle (cf. El Hadidi *et al.*, 1992, à titre d'exemple à suivre).

Dans cette optique, la réalisation d'atlas de répartition (Terrible, 1975; Morel et Morel, 1990), est à promouvoir, dans la mesure où ces atlas permettent, pour chaque espèce, une approche dynamique au niveau des populations, à des échelles régionales ou nationales (dans ce domaine, le degré carré est souvent utilisé comme maille cartographique élémentaire).

A l'heure actuelle, il y a, autour du problème de la biodiversité en zones arides et semi-arides, plus de questions que de réponses. L'amélioration des connaissances en la matière est contrainte par au moins trois points:

- Le manque de "naturalistes" de terrain, de systématiciens, botanistes et zoologistes.
- Le peu de cas fait des régions arides et semi-arides en ce domaine, l'intérêt se portant d'abord sur les zones humides.
- L'absence totale de rentabilité économique à court terme, d'où une certaine désaffection, sinon des bailleurs de fonds, du moins des pays emprunteurs

7- LES ACTIVITÉS HUMAINES

7.1 Croissance démographique

Les besoins des hommes peuvent être estimés à partir d'un simple chiffre : celui du doublement approximatif de la population au cours du prochain quart de siècle. A court terme, les conséquences pour l'élevage extensif en zones arides dépendent étroitement des modalités du développement agricole, dans la mesure où:

- L'augmentation de la production vivrière est aujourd'hui fortement corrélée à l'extension des surfaces mises en cultures (fig. 6), en l'absence d'intensification notable.
- Cette extension se porte de plus en plus vers les terres marginales, initialement pastorales, où la probabilité de récolte est toujours faible (une année sur cinq, par exemple, au Niger central, d'après Bonfils, 1988).

De ce fait, l'espace pastoral risque de se réduire, dans un avenir proche, à un rythme au moins équivalent à celui de la croissance démographique.

En regard de ce problème majeur, la solution qui s'impose est l'intensification agricole, et plus précisément l'amélioration de la productivité : contrairement aux attentes des théoriciens, ce type d'intensification est loin d'être la règle en Afrique sud-saharienne, comme l'attestent Lele et Stone (1993) :

"Dans les cas où la densité de population est élevée, nous avons noté un phénomène de migration vers les terres de faible rendement lorsqu'il n'est plus possible d'accroître les terres de forte capacité de production. Ce type d'"intensification à rebours", qui revient à exploiter (et épuiser) les éléments nutritifs du sol n'est pas viable, mais gagne du terrain."

Dans ces régions, l'augmentation de la production passe par une "*intensification interventionniste*" (*Ibid.*), qui suppose un rôle accru, sinon déterminant, de l'Etat, et des instances coopératives. D'un point de vue environnemental, une telle politique n'est pas sans risque; il suffit, pour s'en convaincre, de jeter un regard sur les effets cumulés de quelques décennies d'intensification agricole dans les pays développés d'Europe et d'Amérique du Nord, notamment en matière d'érosion des sols, et de pollution des eaux (à la différence près qu'en zones tropicales et sub-tropicales, les sols sont plus fragiles, et les ressources en eau plus précaires).

7.2 Densité animale

Traiter du problème des densités animales implique de connaître à la fois les effectifs du bétail, et les surfaces qu'il occupe (Tableau II). Le Tableau X donne une idée des variations inhérentes à ce type d'estimation, selon les auteurs. Voir avec quelle précision on peut calculer la capacité de charge d'un pâturage en annexe 1.

Concernant les surfaces utilisées par le bétail, des statistiques sont également disponibles à l'échelle des pays; elles permettent de calculer des densités animales (Tab. XI), mais restent peu précises. A plus grande échelle, les données chiffrées sont plus fiables, mais plus difficilement généralisables:

"... la pression démographique a conduit à une mise en culture de superficies croissantes de terres marginales, soustraites à l'élevage; au cours des 10 dernières années, dans le Radjasthan occidental, la surface cultivée a augmenté de 49 %, entraînant une diminution de l'espace pastoral de 15 %; dans le même temps, les effectifs animaux augmentaient de 53,2 %." (Gupta, 1971).

Dans ce cas de figure, la densité animale aurait augmenté de 80 % en 10 ans. Si un tel ordre de grandeur ne semble pas être représentatif de l'ensemble des zones arides, les facteurs mis en avant par l'auteur (croissance démographique, extension des cultures au détriment des parcours), sont cependant significatifs. A ce titre, les conséquences, en terme de densité animale, ne sont pas équivalentes d'une zone agro-écologique à l'autre. Au sud du Sahara, les terres de parcours qui sont mises en culture demeurent partie intégrante de l'espace pastoral, au moins pendant une partie de l'année. En ce sens, la transformation d'un pâturage en champ de mil n'affecte guère la densité animale. A l'inverse, lorsque les animaux sont alimentés à

concentrés importés, les densités animales augmentent sur les parcours, ces derniers n'étant plus seulement des lieux d'alimentation, mais aussi des lieux de stationnement.

7.3 Mobilité

Elément clé des systèmes pastoraux traditionnels, la mobilité de l'élevage s'est considérablement réduite au cours de ces dernières décennies. A l'échelle des zones arides africaines et ouest-asiatiques, deux tendances distinctes s'affirment aujourd'hui :

- Au Sud du Sahara, les mouvements du bétail s'effectuent de plus en plus de façon centripète autour des pôles d'activités agricoles. Les causes en sont le remplacement des parcours par les cultures, mais aussi le transfert de propriété du bétail vers les agriculteurs. Les conséquences sont plus difficiles à cerner. Globalement, on assiste à un renforcement des impacts d'origine anthropozoogène dans, et autour, des pôles agricoles. Il s'en suit une désertification "en auréole", qui pose, à terme, des problèmes de conservation des espèces et des habitats, car ces foyers de désertification portent, avant tout, sur des zones à fortes potentialités biologiques.

- Au Proche Orient et, dans une moindre mesure, en Afrique du Nord, la mobilité de l'élevage a évolué de façon radicale et singulière: ce n'est plus l'animal qui va chercher le fourrage, mais le fourrage qui vient à l'animal. De ce point de vue, l'accès aux ressources est quasiment devenu un faux problème, comme en témoigne Al-Saleh (1976), en Arabie Saoudite:

"there are no ranges that are considered inaccessible to pastoralists (except in the Empty Quarter) because almost every range site can be reached by lorry from one or more water points."

La principale conséquence en est l'étalement de l'impact de l'animal qui va pouvoir s'exercer n'importe où. Il faudra également prendre en compte dans tout projet de développement la mobilité réelle de l'élevage.

7.4 Progrès en santé animale

Delpy écrivait en 1933 :

"On ne sait pas assez qu'à l'heure actuelle, toute la région sahélienne est ravagée par la peste bovine; 60 % des veaux meurent chaque année du fait de ce fléau. (...) Il est donc clair que la suppression de la peste augmentera de 60 % les disponibilités annuelles."

De fait, **les grandes épizooties** ont longtemps constitué le principal facteur de régulation des populations d'herbivores, interdisant, jusqu'aux années 50, tout accroissement durable du cheptel tropical. Prévention et prophylaxie furent donc les premiers postulats du développement de l'élevage, développement rapidement étayé par les succès de la recherche immunologique menée en laboratoire (Pagot, 1977).

Les campagnes de vaccination ont progressivement effacé le principal fléau qui pesait sur l'élevage africain, les grandes maladies contagieuses du bétail. Dans ce domaine, les résultats avaient largement atteint les espérances:

"il est hors de doute que l'avènement de la protection vaccinale de masse constitua le facteur principal de l'impressionnante croissance numérique que connut, à partir des années 45-50, le troupeau colonial." (Landais, 1990).

Le cheptel, libéré des grandes épidémies ravageuses d'antan, s'est fortement accru numériquement.

7.5 Transformation des systèmes d'alimentation des animaux

"Céréales et concentrés d'origine agro-industrielle prennent des proportions considérables, au détriment de la production fourragère et pastorale. En période de sécheresse, le recours aux aliments concentrés est devenu systématique, et tend même à se répandre dans les périodes favorables, compte tenu des rapports de prix en vigueur entre produits animaux et coût du concentré." (Bourbouze et Lazarev, 1991).

De fait, les modalités d'alimentation des herbivores domestiques en zones arides ont considérablement évolué, au cours de ces dernières décennies. Partout, la part de la production fourragère des parcours tend à diminuer, au profit des produits et sous-produits agricoles:

"Range forages now provide only about 20 % of the feed needed by livestock in Saudi Arabia." (Sidahmed, 1992).

De même, en Afrique du Nord, Bourbouze et Lazarev (1991) notent que:

"les dernières enquêtes produites au Maghreb soulignent les régressions des apports pastoraux qui ne représentent plus respectivement que 6, 12 et 28 % du total des ressources pour l'Algérie, la Tunisie, et le Maroc."

Au sud du Sahara, les résidus de récoltes (mil, sorgho...) se substituent de plus en plus aux fourrages naturels. En zone sahélienne semi-aride, ces derniers ne représentent guère qu'une petite moitié des apports alimentaires annuels (environ 40 % dans la région de Niono, au Mali, d'après Dicko, 1980; 35 % au Sénégal (sous une pluviométrie de 500 mm), d'après Guerin *et al.*, 1986). Au nord du Burkina Faso, résidus de culture et pâturages naturels atteignent un même ordre de grandeur, du point de vue des disponibilités fourragères (Quilfen et Milleville, 1983), la période des récoltes du mil marquant "*un repli assez général du bétail vers les champs*" (Milleville, 1992). Plus au Nord, les cultures fourragères (luzerne) tendent à se développer au sein de la production agricole oasienne (FAO-FADES, 1984), et les éleveurs y ont fréquemment recours, comme en témoigne El Sammani (1989) au Soudan:

" Feeding on grown fodders has now become an established item in nomad's annual production expenses."

Bien que la nature des produits alimentaires utilisés (céréales, concentrés, cultures fourragères, pailles et résidus de récolte...) soit différente d'une région à l'autre, il y a, dans tous les cas, modification des systèmes d'alimentation du bétail, avec régression des apports fourragers strictement pastoraux.

Ces transformations ne sont pas sans incidence:

- D'une part, sur l'approche méthodologique retenue pour cette étude, qui prend en compte la dichotomie "systèmes à l'herbe - systèmes mixtes", sur la base des apports alimentaires respectivement agricoles et pastoraux (Séré, 1994). A la lumière de travaux récents, il semble que l'importance des systèmes pastoraux "à l'herbe", en zones arides et semi-arides, soit aujourd'hui relativement limitée, sinon anecdotique. En Afrique du Nord et au Proche-Orient, Sidahmed (1992) estime que:

"This system has almost disappeared in the past 10 years."

En Afrique sud-saharienne, l'utilisation croissante des résidus de culture conditionne de plus en plus les déplacements du bétail, même dans les zones où les précipitations annuelles restent faibles, comme par exemple au Niger central:

"En saison sèche, les zones cultivées constituent l'essentiel du territoire pastoral. Les troupeaux investissent en premier lieu la "Fadama", glanant dans les vallées les restes de culture de sorgho (...) Après épuisement des résidus dans les vallées, les animaux sont menés en pâture dans les champs de mil, et y consomment, là encore, les résidus de culture sous pluies. Ce n'est qu'après épuisement de ces restes de récolte que les animaux gagneront leurs rations sur les terrains non cultivés" (Carriere, 1990).

- D'un point de vue environnemental, la transformation des systèmes d'alimentation peut également avoir des conséquences:

. Au niveau du renouvellement des ressources naturelles : lorsque la part des produits d'origine agricole augmente, le niveau trophique des parcours constitue un facteur de moins en moins limitant pour l'alimentation des animaux. Ces derniers peuvent donc séjourner sur des parcours peu productifs ou déjà dégradés, contribuant ainsi à parachever la dégradation du pâturage. En Afrique du Nord et au Proche-Orient, ce phénomène est largement amplifié par l'utilisation de véhicules motorisés, qui permettent aux éleveurs d'apporter eau et fourrage aux animaux stationnés sur la steppe (photo. 1).

. En Afrique sud-saharienne, l'engouement croissant pour les résidus de récolte conduit à une concentration accrue d'animaux, pendant une période de plus en plus longue, dans et autour des zones de production agricole. En terme d'impact environnemental, les effets d'une telle pratique sont plus difficiles à discerner. Il y a, à l'évidence, renforcement de la dégradation du milieu naturel, en auréole autour des zones de cultures. Dans certains cas, cependant, on a pu noter que les résidus agricoles, fussent-ils de maigre valeur fourragère (mil), étaient utilisés en priorité, même lorsqu'il subsistait, aux alentours, des fourrages naturels disponibles (Carriere, 1990). Une telle pratique suggère, de la part des agro-pasteurs, une volonté d'appropriation des résidus, dans un espace où l'accès aux champs, après récolte, est théoriquement libre. Dans un tel cas de figure, qui est fréquent dans toute la zone d'extension agricole, l'impact des activités d'élevage tend à se concentrer sur une surface plus réduite et déjà altérée (les cultures), et à se diluer, corrélativement, sur les parcours les plus éloignés.

Dans tous les cas, l'élevage devient une production de plus en plus dépendante du secteur agricole. En zones arides et semi-arides, les systèmes pastoraux traditionnels, basés sur l'utilisation quasi-exclusive des ressources fourragères naturelles, tendent à devenir l'exception.

A l'heure où le fonctionnement traditionnel de ces systèmes commence à être compris, et leur rationalité reconnue, les connaissances acquises en la matière pourraient bien être destinées aux musées...

Les conséquences de cette évolution sont, en premier lieu, d'ordre écologique. Dans un tel schéma, en effet, le niveau trophique de la ressource ne constitue plus un facteur limitant vis-à-vis de la dynamique des populations d'herbivores, même si certains auteurs voient, à terme, un renversement possible de la situation:

"Increasing crop residue availability during the dry season, because of increased cultivated area, enables more animals to survive and thus the pressure on the natural rangeland will increase. Because the fodder situation during the rainy season normally is relatively favorable, it will take some time before the positive influence of crop residue availability on cattle productivity will be overruled by the degrading fodder situation of the rangelands during the rainy season. Finally, the condition of the rangelands during the rainy season may become limiting and force a decrease in animal productivity." (LELOUP, 1994).

A petite échelle, l'importance des produits et sous-produits agricoles reste difficile à chiffrer. En Afrique de l'Ouest, par exemple, les cultures de mil couvrent environ 110 000 km² (Tostain, 1985), avec un rendement moyen estimé à 0,6 tonne/ha (Lambert, 1983), et un rapport grain/paille compris entre 0,25 pour les mils précoces, et 0,12 - 0,16 pour les mils tardifs (Jacquinot, 1972). Sachant que les besoins d'un animal peuvent être estimés à 6,25 kg de matières sèches par jour et par Unité Bétail Tropical (Boudet, 1984), les résidus de culture de mil permettraient de nourrir, au niveau de la région considérée, quelques 3,2 à 3,8 millions d'UBT, pendant les 8 mois de saison sèche. En pratique, à la limite nord de la zone d'extension des cultures, la récolte n'est pas effective tous les ans. C'est alors l'ensemble de la production du champ de mil qui est utilisé comme fourrage.

En Afrique du Nord, si la part des résidus de récolte reste prépondérante, les concentrés jouent un rôle de plus en plus important dans l'alimentation des animaux. Ainsi, Boutonnet (1991) rapporte qu'entre 1971 et 1985, en Algérie :

"la part de l'alimentation concentrée (orge grain + son) est passée de 16 % à 31 % de la ration totale, celle des parcours de 21 % à 10 %. La part de la production des terres céréalières (pailles + chaumes + jachères + grain + son) est restée prépondérante, de 77 % à 79 %."

Et l'auteur de conclure:

"Il faut donc se rendre à l'évidence: l'élevage ovin et bovin algérien est un produit de sa céréaliculture et non des parcours."

7.6 Occupation des sols

L'extension des surfaces cultivées au détriment des parcours est un paramètre clé des interactions entre l'élevage et l'environnement en zones arides. Cette extension n'est cependant pas illimitée (Tableau XII, figure 7), et comme le rappelle Sidahmed (1991), à propos de l'Afrique du Nord et du Proche Orient :

"Only 37,6 % of the total land area is suitable for intensive agricultural production (arable 7,2 %, forests and woodland 7,6 %, and permanent pastures 22,8 %. (...) Except for the Sudan (only 19,5 % of potentially arable land is under cultivation) there is a very limited land reserve remaining for horizontal expansion in arable agriculture."

Au Sud du Sahara, et en particulier au Sahel, l'absence d'intensification agricole (en terme de productivité), fait que les surfaces cultivées s'étendent à un rythme équivalent à celui de la croissance démographique. Dans le cas du Mali, par exemple, Breman et Traore (1987) estiment que 0,35 à 1 hectare sont nécessaires pour obtenir les 250 kg de céréales qui permettent de nourrir 1 personne pendant 1 année. Avec une population totale de 8,3 millions d'habitants, et un croît démographique annuel de 3 % (Jeune Afrique, 1992), ce sont quelques 80 000 à 250 000 hectares de terres qu'il faut, chaque année, prélever sur les surfaces pastorales ou forestières maliennes.

Schématiquement, on peut considérer que les surfaces mises en culture ont été multipliées par deux en l'espace d'un quart de siècle, corrélativement au doublement de la population, aussi bien en Afrique sud-saharienne (De Wispelaere et Toutain, 1976; Gallais, 1984), qu'en zone méditerranéenne (Le Houerou, 1977). D'abord effectuées au niveau des sites à fortes potentialités agricoles (vallées, bassins versants...), les mises en culture se sont peu à peu étendues aux terres plus marginales, initialement inféodées aux seules activités d'élevage. A cette dynamique interne, qui traduit un certain ajustement entre la production agricole et la demande en produits vivriers, s'est parfois greffée une dynamique exogène, liée au développement des productions commerciales (cf. fig. 8).

Figure 5

"les populations nomades ont perdu certains de leurs meilleurs pâturages que les colons ont transformé en terres à blé, et cette transformation a accentué la surpopulation animale dans les steppes." (O.E.C.E., 1951).

Ces dynamiques agricoles, auxquelles s'est ajoutée, dans certains pays, la délimitation domaniale des terres collectives et forestières (ou assimilées comme telles), ont eu pour effet immédiat la réduction de l'espace traditionnellement dévolu à l'élevage extensif. Les conséquences indirectes, plus insidieuses, peuvent être résumées comme suit:

- Diminution de la qualité fourragère globale des territoires pastoraux, les meilleures terres étant prioritairement mises en culture.
- Réduction de la mobilité de l'élevage, par suppression des parcours saisonniers situés dans les zones d'extension agricole.
- Régression des systèmes d'alliance entre groupes pastoraux, comme en témoigne Pascon (1974) au Maroc:

"La contraction des parcours Béni M'tir a eu pour conséquence la rupture d'un très fragile équilibre garanti par un pacte pastoral entre ceux-ci et les Béni M'guild. Ceux-ci ne pouvant plus obtenir les mêmes parcours qu'autrefois chez les Béni M'tir, refusèrent à ceux-ci les parcours d'été qu'ils leur offraient en contrepartie."

Le bilan est l'accroissement des activités d'élevage sur un espace pastoral de plus en plus réduit. Mentionné dans quelques textes des années 60-70, il sera clairement mis à jour à l'occasion des grandes sécheresses, notamment celles qui ont frappé le Sahel au cours des années 70.

A l'heure actuelle, face au grignotage des surfaces végétales naturelles, les solutions envisagées sont d'abord d'ordre technique. Pour beaucoup, le "*remède contre le manque de terre*" réside dans "*une intensification de l'agriculture grâce à des engrais judicieusement utilisés*" (Breman *et al.*, 1990), permettant, du même coup, une "*stimulation de l'élevage*" (*Ibid.*). Cette solution technique n'est pas sans comporter quelques risques de pollution.

7.7 Exploitation du bois de feu

Le bois de feu est le produit qui fait l'objet des plus importants prélèvements sur les ressources forestières des zones tropicales sèches puisqu'il représente plus de 85% des sources d'énergie dont disposent les populations. Les besoins annuels par personne se situent autour de 0,6m³ (0,74 en Afrique Soudano-Sahélienne) de bois sec par personne. Elle est 8 fois supérieure aux besoins de bois d'oeuvre. La pression démographique a aussi pour effet d'entraîner la surexploitation des formations ligneuses. Les régions africaines de savane situées autour des grandes agglomérations et le long des axes de communication sont particulièrement concernées. Dans ces zones, les prélèvements sont supérieurs à la production.

En milieu rural, la récolte du bois de feu est une lourde tâche. Au Sahel, il n'est pas rare de devoir parcourir 10 à 20 km à pied pour se procurer un fagot. La satisfaction des besoins minimaux se fait dans de nombreux pays en surexploitant les ressources naturelles. Il y a en Afrique 131 millions de personnes en milieu rural dans cette situation. (EUROFOR, 1994).

TABLEAU XIII . DEBOISEMENT DANS LES ZONES SECHES

	Superficie des zones	Superficie couverte par les formations forestières (1990)		Déboisement (1981-1990)	
	<i>(Millions d'ha)</i>	<i>(million d'ha)</i>	<i>(% de la zone)</i>	<i>(moyenne annuelle en millions d'ha)</i>	<i>(% de perte annuelle)</i>
Afrique	823,1	151,2	18	1,1	0,7
Asie	280,6	41,1	15	0,5	1,2
Amérique Latine	145,4	46,0	32	0,6	1,3
Ensemble	1249,1	238,3	19	2,2	0,9

Cette surexploitation, associée aux défrichements d'origine agricole et parfois au surpâturage, amoindrit la forêt dans les nombreux services et fonctions qu'elle assurait et qui sont menacés, non seulement en raison du déboisement, mais aussi de la réduction de la biodiversité des formations ligneuses qui subsistent.

Les difficultés rencontrées par les systèmes de gestion des ressources renouvelables face aux pénuries de combustibles ligneux, aux menaces relatives à la sécurité alimentaire, à la réduction de la diversité génétique et au déboisement ont été identifiées grâce aux différents plans nationaux de lutte contre la désertification.

8- CRITÈRES ÉCONOMIQUES ET SOCIAUX

8.1 Tenure foncière et accès aux ressources

On peut résumer brièvement la situation en citant Marty (1990) :

Nous sommes confrontés à une série de facteurs de dégradation bien connus, mais encore médiocrement maîtrisés. Au nombre de ceux-ci, la réduction des pâturages résultant du développement des surfaces cultivées, désormais appropriées de façon privative. (...) Désormais, nombre d'éleveurs ont pris conscience que, même dans des conditions climatiques aléatoires, l'agriculture est la seule forme de mise en valeur reconnue et protégée. Ainsi, ce n'est que par une reconnaissance du foncier pastoral que l'on pourra surmonter la crise extrêmement grave que vivent les sociétés pastorales."

A court terme, cette crise ne peut que s'accroître, compte tenu du caractère permanent et

continu des forces en jeu (croissance démographique, extension des cultures, raréfaction des ressources...). Certains indicateurs sont d'ailleurs là pour le confirmer, notamment:

- La monétarisation croissante des échanges entre agriculteurs et éleveurs, l'accès aux résidus de récolte devenant de plus en plus difficile pour les pasteurs (Van Driel, 1994).
- La mise à contribution des éleveurs, dans certaines régions, pour supporter les charges de fonctionnement des ouvrages hydrauliques à vocation pastorale; ceci n'est d'ailleurs pas sans soulever d'épineux problèmes de gestion, comme le rappelle Bernus (1991) :

"comment demander des redevances régulières à des éleveurs aux ressources variables?"

La théorie de "la tragédie des biens collectifs" (Hardin, 1977) est appliquée aux terres de parcours :

"Freedom in a commons brings ruin to all."

Cette liberté, c'est en particulier celle de l'accès aux ressources fourragères pour les pasteurs ; elle doit conduire à la ruine des parcours, du fait de l'incontournable opposition entre intérêt individuel, à court terme, et intérêt collectif, à long terme. Cette théorie repose sur l'argument suivant (CMRADR, 1989) :

"Le bénéfice individuel provenant de l'introduction d'un maximum d'animaux appropriés privativement, est supérieur à la perte individuelle consécutive à la réduction du pâturage disponible, entraînée par l'introduction de plus de bétail. Chaque animal ajouté au troupeau apporte donc un gain supplémentaire à l'éleveur, alors que le coût de réduction des parcours est supporté collectivement."

Cette théorie a largement fait école dans les années 70. Elle s'est trouvée étayée par la thèse du "dilemme des prisonniers", héritée de la théorie des jeux, qui plaçait d'emblée l'éleveur devant l'alternative pragmatique suivante : un éleveur ne peut pas choisir d'utiliser un parcours aujourd'hui ou plus tard, car ce qui n'est pas pâture aujourd'hui par ses animaux peut l'être par le bétail d'autrui ; son choix se limite alors à utiliser le parcours aujourd'hui ou jamais.

Depuis lors, l'application aux parcours de la théorie de la "tragédie des communs" a perdu de son écho. Parmi les arguments cités à l'encontre de la théorie de Hardin, on peut retenir:

- L'absence de fondements anthropologiques et sociologiques dans les comportements attribués aux pasteurs (Sandford, 1983).
- Le fait qu'il y ait parfois confusion entre absence de propriété et propriété collective (Bromley, 1992), et que bien souvent l'accès libre n'est qu'apparent (Runge, 1986).
- L'argument, plus général, qui rapporte que le risque d'épuisement est aussi démontré dans le cas d'une appropriation privée des ressources naturelles (Clark, 1973).

En matière de tenure foncière, force est de constater qu'aujourd'hui l'opinion de la plupart des pastoralistes a largement évolué :

"La présente variété des types de tenure des parcours peut être le meilleur départ pour de nouvelles approches réglementaires." (Swift, 1987).

En d'autres termes, il convient de partir des droits existants, et de les considérer comme étant potentiellement fonctionnels. Pour Runge (1986), la propriété collective des ressources peut être viable parce qu'elle est souvent moins coûteuse à entretenir et à renforcer, et qu'elle peut constituer une protection contre l'échec individuel. De l'avis général, les problèmes de tenure foncière et d'organisation sociale traditionnelle semblent être, dorénavant, au centre des réflexions sur le développement pastoral, comme en témoigne la conclusion d'un rapport du "Land Tenure Center" sur l'Afrique de l'Est (Bennett, 1984) :

"Consequently, the one recommendation for future research is for a series of case studies, carefully selected, of how land tenure and social organization intersect development policy and project implementation".

De tragédie, la gestion traditionnelle des biens collectifs est devenue stratégie : face à ce problème général de maîtrise foncière et d'accès aux ressources, techniciens et développeurs semblent suivre un même fil conducteur: reconnaître et renforcer les droits d'accès à la terre pour les éleveurs, en misant essentiellement sur deux éléments clés :

- La réhabilitation des us et des coutumes traditionnelles en matière d'accès aux ressources, lorsqu'elles semblent être encore plus ou moins fonctionnelles. C'est ainsi qu'ont pu ressurgir du passé des systèmes de gestion ancestraux du type "*Hema*", comme en Syrie (Masri, 1991), ou leurs dérivés (type "*Herima*"), au Mali (National Research Council, 1990).

Mais cette nouvelle approche n'est pas sans soulever quelques questions :

- D'une part, parce qu'au cours de ces dernières décennies, l'espace pastoral s'est largement modifié : il est raisonnable de penser que les règles d'accès à cet espace ont corrélativement évolué.

- D'autre part, parce qu'en matière de tradition, les "anciens" jouent un rôle fondamental ; or, dans la plupart des pays des zones arides, les jeunes de moins de trente ans constituent une grosse majorité de la population totale (près des 3/4 sur les exemples présentés fig. 9). En dehors du fait qu'à moyen terme, toute dynamique sociale repose en grande partie sur ces classes jeunes, on peut s'interroger sur l'efficacité de la transmission de la culture pastorale, au fil des générations. Il y aurait, là aussi, à lutter contre une forme d'érosion: celle du patrimoine culturel pastoral.

- La promotion des "associations" pastorales, et autres organisations coopératives, qui visent à regrouper les producteurs en entités socio-professionnelles fortes et indépendantes, capables, entre autre, d'assurer l'articulation nécessaire avec la société globale et les instances gouvernementales. Pour Thebaud (1988), ces organisations représentent

"la clé de voûte du maintien et de la préservation de la production pastorale, et du mode de vie des éleveurs."

Pour les plus optimistes, c'est également la meilleure manière d'envisager à la fois la réhabilitation des écosystèmes dégradés, et de promouvoir les productions pastorales par une meilleure intégration aux ensembles économiques et politiques qui les englobent:

"it will cost less than going from crisis to crisis, and will eventually reduce the cost of emergency aid to zero and render pastoral production systems productive." (Sihm, 1989).

8.2 Sédentarisation agricole des pasteurs

Au Sahel, la sécheresse des années 70 a provoqué sur le bétail de lourdes pertes : 40 à 60 % du cheptel dans le Nord-Sénégal (Toure, 1988), respectivement 30% des bovins, 12% des petits ruminants, et 8 % des dromadaires pour l'ensemble du Sahel (FAO, 1976).

Privés alors d'une partie substantielle de leur moyen de production, les pasteurs sahéliens ont dû chercher refuge près des espaces cultivables, et mettre en culture les terres encore vacantes, qui n'étaient d'ailleurs pas toujours les meilleures. Cette stratégie de survie, cependant, n'était pas vraiment une innovation. Bonfiglioli (1988) rapporte, en effet, qu'à la fin du siècle dernier, certaines communautés peules du nord Nigéria ont connu un tel processus de sédentarisation agricole à la suite d'une importante épidémie de peste bovine. L'originalité du processus, dans les années 70, est qu'au lieu d'être transitoire, la sédentarisation des pasteurs s'est révélée quasi-permanente. Les pasteurs ne parvenaient plus à reconstituer leur cheptel, du fait d'un environnement naturel trop précaire, d'un contexte économique trop fluctuant et d'un cadre social marqué par l'entrée en force de nouveaux acteurs sur la scène de la production pastorale : les agriculteurs.

8.3 Main d'oeuvre pastorale

Au cours de ces dernières décennies, l'évolution de la main d'oeuvre pastorale a été à la fois qualitative et quantitative. Les principales forces en jeu sont la modification de la propriété du bétail, l'absorption de la force de travail dans des secteurs d'activités non pastorales (agriculture, industrie), l'exode rural et l'urbanisation croissante. Sur ce dernier point, les prévisions des instances autorisées ne sont guère optimistes; la FAO (1991) prévoit en effet que, d'ici à l'an 2020, dans la plupart des pays du Proche Orient, près de 60 % de la population totale sera fixée en milieu urbain.

Les conséquences de ces divers facteurs, pour l'élevage pastoral, sont multiples. Elles se traduisent, tout d'abord, par une modification de l'encadrement des troupeaux : au pasteur nomade qui se déplaçait avec sa famille s'est substitué un berger salarié. Celui-ci a en charge les gros troupeaux des propriétaires absentéistes (riches agriculteurs, commerçants, fonctionnaires, citadins). Cette évolution n'est pas récente, comme en témoigne Bedrani (1987), à propos de l'Algérie, puisque déjà, en 1968, 38 % des animaux présents sur la steppe n'appartenaient plus aux pasteurs.

Cette évolution concerne également les petits et moyens troupeaux, les pasteurs d'antan étant appelés vers des pôles d'activité économique plus productifs que l'élevage : l'agriculture, mais aussi les exploitations minières, comme en Mauritanie (Bonte, 1975), ou les industries pétrolières, comme dans de nombreux pays du Proche Orient (cf. FAO-CARDNE, 1991). Dès lors, le travail pastoral revient aux vieux et aux femmes, ce qui pose, en matière de politique de développement, quelques problèmes d'ordre éthiques (Encadré 2).

ENCADRE 2 : Intensification de l'élevage et répartition du travail. L'exemple de deux communautés agropastorales ("Masumbi" et "Hamisi") à l'ouest du Kenya.

(Extrait de: McCorkle, 1992: 155-174).

"with regard to the division of labor, [the study] demonstrates that intensified animal management in Western Kenya has enlarged women's share of labor. Compared to Masumbi, females in Hamisi contribute significantly more to the daily care of livestock (40 % of the total pastoral labor); in addition, they perform most of the work of raising food/feed crops (70 %). Added to the time they spend cultivating cash crops like coffee and tea, plus their numerous domestic duties, this leaves women considerably less discretionary time than men. For example, whereas adult men in Hamisi were free of work activities (doing nothing, resting, talking, or visiting) an average of 38 % of daylight hours across the year surveyed, women were inactive only 27 % of the time (4,75 hours/day versus 3,4 hours/day). Such data suggest that development planners need to be aware of the amount and type of labor that will be required by *any* intervention, whether in cropping or stockraising. In particular, it is important to realize that introducing intensive animal husbandry techniques is likely to disproportionately increase the workload of women - a group that already has relatively little discretionary time. (...) Clearly, researchers must consult *women* farmers in order to anticipate the impact of proposed interventions and accurately assess whether recommendations are likely to be adopted."

8.4 Propriété du bétail

"Dans plusieurs groupes sahéliens, l'investissement du surplus agricole dans le bétail est le corollaire d'une situation d'après-sécheresse, caractérisée par une flambée des prix céréaliers, et une chute des cours du bétail." (Bonfiglioli, 1990).

Acheté à bas prix, revendu, si besoin est, lorsque la demande est forte, le bétail n'est pas seulement un investissement rentable, c'est aussi **une forme privilégiée de thésaurisation**. Pour les agriculteurs sahéliens, c'est aussi un moyen de reprendre à leur compte certaines pratiques (contrats de fumure), et d'intégrer les innovations techniques (culture attelée).

A l'échelle du Sahel, cette association entre les activités agricoles et pastorales fait évoluer la propriété du bétail. Elle tend aussi à faire naître une classe d'éleveurs pauvres, moins apte à amortir les fluctuations de la production pastorale par les revenus de l'agriculture. Elle remet en cause les relations de complémentarité qui avaient pu s'établir entre les deux communautés et renforce la compétition pour l'accès aux ressources de base (la terre et l'eau). Elle entraîne enfin des modifications dans la structure des troupeaux, avec une augmentation du nombre de mâles, due aux préoccupations agricoles des nouveaux éleveurs (Bremen et Traore, 1987), mais aussi dans l'encadrement des troupeaux. Rivés à leur exploitation pendant la saison de culture, les agriculteurs doivent confier leurs animaux à un berger, professionnel ou non, qui se contente bien souvent de conduire le bétail sur les pâturages environnants, en attendant la fin des récoltes. Il en résulte **la dégradation des parcours en auréole autour des centres agricoles**.

Les changements de propriété du bétail constituent un facteur clé dans l'évolution récente des systèmes pastoraux. En Algérie, par exemple, un rapport du programme *Man and Biosphere* (UNESCO, 1981b) signale que 70 % du cheptel appartient aux commerçants. En Jordanie, un projet de sédentarisation des nomades s'est heurté au fait que les Bédouins ne possédait plus qu'un quart des effectifs du cheptel (FAO, 1969), ce qui revenait à subventionner, par l'intermédiaire du projet, les négociants et les bouchers, vrais propriétaires

des animaux.

Ce changement de propriété n'est pas neutre. Il marginalise le pasteur sur le plan socio-économique, dans la mesure où les prises de décisions sur les modalités de production et de commercialisation lui échappent :

"La spéculation et la plus-value sont réalisées non par celui qui conduit le troupeau, mais par le bailleur, qui décide le plus souvent la vente des animaux." (Pascon, 1972, à propos de la Tunisie centrale).

En matière d'élevage pastoral, le visage du producteur a donc changé. L'éleveur, le pasteur, la société pastorale, sont aujourd'hui des termes qui n'ont plus tout à fait la même signification qu'hier :

"Since the droughts of the early 1970s, there has been increasing proletarianization in the countryside, which has particularly affected herders, who are in many places being transformed from independent rural producers into cowboys herding other people's animals on land they no longer control." (Swift, 1988).

8.5 Règles du marché

"Economists, although they are usually introduced early on in their professional training to the concept of a "perverse supply response" in which a seller reacts to a price rise by selling less and to a price fall by selling more, tend to *expect* a "positive" response in which price and the quantity offered vary together in the same direction. Pastoral development schemes planned by economists, therefore, frequently have as a feature a planned price rise which is expected to evoke further sales, without any consideration or study of whether in the particular case in question the response is likely to be positive or negative." (SANFORD, 1983).

Le comportement économique des éleveurs n'est pas toujours compris, même si quelques auteurs considèrent qu'à certains égards, les éleveurs répondent "normalement" aux incitations tarifaires du marché (Hill, 1970; Khalifa et Simpson, 1972).

L'analyse économique classique est souvent tenue en échec par la complexité des mécanismes en jeu, dans les processus de décision relatifs à la commercialisation du bétail. Etudiant les variations des taux de commercialisation du bétail au Swaziland, Doran *et al.* (1979) ont ainsi montré que seulement 40 % des fluctuations interannuelles des ventes pouvaient être attribuées aux variations des prix du marché, tandis que 25 % résultaient des variations interannuelles de pluviosité, et 35 % d'autres causes, non identifiées par les auteurs. Dans un tel exemple, le climat conditionne le volume des ventes d'animaux, au même titre que les paramètres tarifaires du marché.

Les variations climatiques déterminent également la production de céréales, dont les prix conditionnent, en retour, le nombre d'animaux mis en vente par les éleveurs (Tableau XIV: "Pourquoi les éleveurs somaliens vendent-ils leurs animaux?").

Les mécanismes de l'économie pastorale sont donc complexes, et, au dire des spécialistes, "restent aujourd'hui peu connus" (Sandford, 1983). A cela s'ajoute la mutation récente des sociétés pastorales, avec entrée en scène de nouveaux acteurs (propriétaires absentéistes, investisseurs), et de ce fait, émergence de nouveaux objectifs de production.

8.6 Place de l'élevage dans les productions nationales

A l'échelle des Etats, les statistiques de production relatives au secteur de l'élevage, bien qu'imprécises (Baker, 1977), permettent d'apprécier dans les grandes lignes l'importance et le devenir des productions animales. Ainsi, pour l'Afrique de l'Ouest, Ornemod (1978) signale qu'au cours des années 75:

"most of the production of cattle from Sahelian and Sudan zone is exported for slaughter, i.e. to the coast, although indigenous slaughtering tended to rise during the drought." [Tableau XV].

Cette tendance, qui a été largement favorisée par les politiques de développement de l'élevage à partir des années 70, semble s'être maintenue jusqu'à aujourd'hui. Au sud du Sahara, la part de l'élevage dans les recettes à l'exportation reste hautement significative dans de nombreux pays : 30 % au Tchad (Bonfiglioli, 1992), 80 % en Somalie (Reusse, 1982), 14 % au Niger (où les productions animales arrivent en seconde position, après l'uranium) (Devey, 1994). Dans bien des pays, la contribution du secteur élevage au PIB est loin d'être négligeable (Tableau XVI), même si dans certains cas, cette contribution a récemment accusé une chute notable (passant, par exemple, de 20 % à 12 % entre 1970 et 1980 au Burkina Faso).

Tab. XVI: Contribution de l'élevage au PIB dans quelques pays des zones arides africaines (source: Bonfiglioli, 1992).

Pays	Part de l'élevage dans le PIB national (%)
. Ethiopie	15 %
. Mauritanie	18 %
. Somalie	36 %
. Soudan	12 %
. Tchad	12,5 %
. Ouganda	25 %

Ces chiffres montrent clairement l'importance de l'élevage dans l'économie nationale des pays en voie de développement en zones arides. Leur signification, en terme d'impact environnemental, est cependant beaucoup moins claire.

D'un point de vue sociologique, il est maintenant établi qu'aux échelles nationales, les troupeaux sont bien souvent détenus par deux catégories de producteurs : une minorité de

gros éleveurs (ordre de grandeur 10 %), propriétaires de la moitié du cheptel national, et une majorité de petits éleveurs (environ 90 %), qui détient l'autre moitié du cheptel. Ce tableau, dressé à traits grossiers mais non caricaturaux, a été constaté par divers auteurs, tant en zones arides et semi-arides (Breman et Traore, 1987, par ex.), qu'en zones sub-humides (LPDA, 1991). Mais alors, qui exporte le bétail ? Qui en tire bénéfice ? N'y a-t-il pas compétition entre ces différents acteurs pour l'accès aux ressources de base ? Autant de questions auxquelles on a du mal à répondre aujourd'hui.

Du point de vue environnemental, on voit se profiler à terme deux tendances inverses :

- L'augmentation, ou à défaut, le maintien de la contribution de l'élevage aux économies nationales (endettement oblige).
- Celle de la péjoration progressive des ressources naturelles pastorales.

Les solutions impliquent une reconsidération complète des modes d'exploitation pastorale actuels, avec une prise en charge accrue des problèmes environnementaux par les éleveurs:

"The survival of a grazing industry in West Africa seems to depend on the possibility of changing the attitude of commercial grazers, so that their profits will depend on conservation of land as well as on the production of meat." (Ormerod, 1978).

8.7 Politiques d'élevage

L'impact des politiques de développement de l'élevage peut être apprécié de façons différentes selon le point de vue qui est privilégié. Pour beaucoup, le bilan des politiques passées révèle surtout un échec:

"Development in the herding economies in Africa has not been successful. There is now a feeling among some donors and governments that the problems are too great and returns too low, and that scarce development resources should be redirected to projects offering a better chance of success and higher rates of return." (SWIFT, 1988).

Les causes invoquées sont de divers ordres :

- D'ordre social : non prise en compte des objectifs de production des pasteurs, méconnaissance des règles traditionnelles d'utilisation et de gestion des ressources.
- D'ordre écologique : les pâturages sont toujours caractérisés par leur "valeur" pastorale, mais qu'en est-il de leur "valeur" biologique, génétique, patrimoniale, paysagère...?

L'analyse rétrospective des causes d'échec aura eu pour conséquence une meilleure compréhension du fonctionnement des systèmes pastoraux traditionnels. Ainsi, comme le rappellent Geerling *et al.* (1986), on devrait toujours garder à l'esprit les deux principes fondamentaux suivant:

1. They are exploitation systems: the aim is to divert energy and nutrient flows through Man. They are *not* designed to maintain as much "Nature" as possible.
2. The accent is on *survival*: a minimum yield in bad years is considered more important than a maximum yield in favourable years."

Cette reconnaissance des avantages des systèmes pastoraux traditionnels arrive un peu tard. Certains prônent la réhabilitation des anciennes règles de gestion des parcours en redonnant aux pasteurs la maîtrise du foncier pastoral. Mais cette évolution est-elle réversible ? De nombreux paramètres ont changé : les parcours se sont réduits, la composition des troupeaux a évolué, le bétail a changé de main, et les objectifs de production commerciaux prennent le pas sur la stricte autosuffisance alimentaire familiale.

Quelles options de développement proposer qui soient en accord avec la réalité actuelle des systèmes d'élevage, et les nouveaux impératifs pour l'environnement ? Emery Roe (1989) résume bien la situation :

"Thus, the good news for project designers is that livestock rangelands projects are still needed in Africa. The bad news is that the real need is for a new type of project that most livestock rangelands specialists have not been trained to undertake."

A N N E X E

Imprécisions et décisions: quelques réflexions autour du calcul de la capacité de charge des parcours.

"La **capacité de charge** d'un pâturage est la **quantité de bétail** que peut supporter le pâturage **sans se détériorer**, le bétail devant rester en **bon état d'entretien**, voire prendre du poids ou produire du lait pendant son séjour sur le pâturage." (BOUDET, 1984).

Pour calculer la capacité de charge d'un pâturage (ou, de manière équivalente, d'une région donnée), il faut donc connaître:

- 1- La surface du pâturage (de la région) = S.
- 2- La production primaire totale = P.
- 3- La part de cette production qu'il est possible de prélever sans "détériorer" ce pâturage, habituellement exprimée sous la forme d'un coefficient = K.

Le disponible fourrager (DF) est alors donné par la formule:

$$DF = S.P.K$$

Connaissant les besoins alimentaires d'un animal (Ba), la capacité de charge (CC) est calculée par:

$$CC = DF / Ba$$

soit:

$$CC = [S.P.K] / Ba$$

Reprenons maintenant en détail les différentes étapes qui conduisent au calcul de la capacité de charge.

1- La surface des pâturages (S).

A petite échelle (celle des pays par exemple), les données disponibles sont les statistiques fournies par les grandes institutions internationales. De l'avis général, ces statistiques sont peu précises, comme le rappelle CARRIERE (1994a) à propos des chiffres publiés par le WRI (1991):

"...de nombreux pays reportent systématiquement d'une année sur l'autre, dans leur statistiques nationales, les chiffres précédemment publiés dans la catégorie "pâturages permanents", de sorte que l'évolution de ces surfaces apparaît comme étant nulle d'une décennie à l'autre; c'est le cas pour 35 pays sur 49 pour l'Afrique, et 24 sur 37 pour l'Asie [entre 1977 et 1987]."

A l'échelle des petites régions, les méthodes les plus performantes pour évaluer la surface des pâturages sont aujourd'hui celles qui ont recours aux satellites à haute résolution (type SPOT). En matière d'occupation des sols, l'imprécision des mesures de surface est généralement considérée comme acceptable lorsqu'elle ne dépasse pas (GODART, 1991):

- 15 %, pour les milieux où il existe déjà une documentation importante (FRITZPATRICK-LINS, 1981).
- 25 %, pour des territoires où les données (pour un bon étalonnage) sont peu abondantes ou peu fiables (GDTA, 1984).

A l'échelle des petites régions, en zones arides et semi-arides, on peut donc considérer que l'estimation des surfaces de pâturages est assujettie d'une imprécision relative d'environ 20 %.

2- Production primaire (P).

En zones arides et semi-arides, l'imprécision relative aux estimations de biomasse herbacée est sensiblement du même ordre de grandeur, quelles que soient les méthodes utilisées et l'échelle d'observation:

- 10 à 15 % par fauchage, sur le terrain, de placeaux homogènes et représentatifs du couvert herbacé (BOUDET, 1984).
- 20 % par détermination radiométrique de la phytomasse sur le terrain (GROUZIS, 1988).
- 20 % environ pour les estimations de biomasse par télédétection SPOT (DE WISPELAERE et PEYRE DE FABREGUES, 1988).

3- Coefficient d'utilisation (K).

Initialement évalué comme étant la part de la production aérienne réellement accessible au bétail, le coefficient d'utilisation de la biomasse (K) est rapidement devenu une **norme empirique** d'utilisation critique des parcours. Il correspond, en ce sens, à un taux d'exploitation maximal de la biomasse aérienne, taux au delà duquel la dégradation des parcours devient visible ou prévisible (cf. CARRIERE, 1994a: p. 18).

Les estimations relatives à ce coefficient sont variables selon les types de parcours, et selon les auteurs (*Ibid.*, p. 18). En région sahélienne, par exemple, la norme généralement retenue est de 33 %, mais peut osciller entre 25 % et 40 %.

Quel que soit le milieu considéré, l'incertitude relative à la détermination de ce coefficient est au minimum de 20 % ($K \pm 20\%$ de K).

4- Disponible fourrager (DF).

C'est la quantité d'herbe théoriquement consommable par les animaux. Elle est estimée par l'équation suivante:

$$DF = S.P.K$$

L'incertitude relative à l'estimation du disponible fourrager (DF) est la résultante des incertitudes des différents termes de l'équation (S, P, et K), soit:

- . Incertitude sur les surfaces: $S.(1 \pm 20\%)$.
- . Incertitude sur la production: $P.(1 \pm 20\%)$.
- . Incertitude sur le coefficient d'utilisation: $K.(1 \pm 20\%)$.

D'où:

$$\text{Incertitude sur DF} = [S.(1 \pm 20\%)] \cdot [P.(1 \pm 20\%)] \cdot [K.(1 \pm 20\%)] = DF \cdot [(1 \pm 20\%)^3]$$

L'imprécision relative à l'estimation du disponible fourrager sera donc comprise entre une valeur minimale ($DF_{\min} = 0,512.DF$), et une valeur maximale ($DF_{\max} = 1,728.DF$).

5- Besoins alimentaires d'un animal (Ba).

Ils sont évalués à partir des besoins **énergétiques** d'un animal. La norme habituellement retenue correspond à 2,5 %, en matières sèches, du poids vif de l'animal. Elle est extrêmement variable selon:

- Les espèces animales.
- Les déplacements effectués (distance parcourue, mais aussi vitesse de déplacement).
- Les rythmes d'abreuvements.
- L'état physiologique de l'animal (femelle en gestation, allaitement...).

Etudiant le métabolisme énergétique de l'animal, KING (1983) fait état d'une fourchette de variation comprise entre 1,4 % et 2,5 % du poids vif de l'animal.

Dès lors, l'incertitude relative à l'estimation des besoins alimentaires d'un animal peut être considérée comme étant, au minimum, de 20 % (Ba +/- 20%.Ba).

6- Capacité de charge (CC).

C'est le nombre d'animaux qu'il est possible d'entretenir sur un pâturage (une région) donné. Elle est calculée en divisant le disponible fourrager (DF), par les besoins alimentaires d'un animal (Ba):

$$CC = DF / Ba$$

L'incertitude relative à l'estimation de CC est fonction des incertitudes propres aux estimations de DF et de Ba. Elle correspond à l'écart maximal entre les valeurs extrêmes de l'estimation de la capacité de charge:

$$CC_{\min} = (0,512.DF) / (1,2.Ba) = 0,43.(DF / Ba) = 0,43.CC$$

$$CC_{\max} = (1,728.DF) / (0,8.Ba) = 2,16.(DF / Ba) = 2,16.CC$$

Soit un rapport de 1 pour 5 entre les valeurs extrêmes d'une même estimation de CC.

En d'autres termes, on peut dire qu'une charge théorique de n animaux sur un territoire donné, n'est pas significativement différente d'une charge de n/2 animaux, ou de 2n animaux.

Dès lors, les notions de "surcharge animale", tout comme celles de "sous-exploitation des parcours", sont à considérer avec d'innombrables précautions:

- car la précision de notre diagnostic est trop faible, dans bien des cas, pour justifier des politiques interventionnistes qui viseraient, à déplacer des populations animales (ou humaines), à mettre en réserve des parcours surchargés, ou encore à ouvrir au bétail des zones théoriquement sous-exploitées.

- car à l'échelle des éleveurs ou des pasteurs, "capacité de charge" est avant tout synonyme de "gagne-pain"... (imaginons un instant la réaction d'un salarié d'entreprise auquel on dirait que son salaire de n francs n'est pas significativement différent d'un salaire de n/2 francs ou de 2n francs...).

BIBLIOGRAPHIE

ABDULLAHI A.M., JAHNKE H.E., 1991 - Economic analysis of pastoral livestock supply behaviour and rural livestock marketing in Somalia. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Intern. Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 883-90.

ABEL N., STOCKING M.A., 1987 - A rapid method for assessing rates of soil erosion from rangeland. An example from Botswana. *J. of Range Manag.*, 40(5): 460-66.

AHMAD Y.J., EL SERAFY S., LUTZ E. (eds.), 1989 - Environmental accounting for sustainable development. The World Bank, Washington D.C.

AIDOUD A., AIDOUD-LOUNIS F., 1991 - Evaluation et régression des ressources végétales steppiques des hautes plaines algériennes. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 307-9.

AL SALEH N.O., 1976 - Some problems and development possibilities of the livestock sector in Saudi Arabia: a case study in livestock development in arid areas. Univ. of Durham, Ph.D. Thesis.

Annuaire Jeune Afrique, 1992 - Rapport annuel sur l'état de l'Afrique. JAPRESS (éd.), Paris: 262 p.

AUBREVILLE A., 1949 - Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Soc. Ed. Géogr. Marit. Colon., Paris: 351 p.

BAKER R., 1977 - The Sahel: an information crisis. *Disasters*, 1: 13-22.

BALANCA G., VISSCHER (de) M.N., 1994 - Les effets sur les araignées et les insectes non-cibles des traitements chimiques contre les criquets ravageurs. *Rap. ann. 2ème campagne de relevés (Burkina Faso, juil.-nov. 93)*. CIRAD-GERDAT-PRIFAS, Montpellier.

BALENT G., STAFFORD SMITH D.M., 1991 - Conceptual model for evaluating the consequences of management practices on the use of pastoral resources. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 1158-64.

Banque Mondiale, 1987 - Livestock strategy paper. Economic and Policy Division, Agricultural and Rural Development Department, World Bank, fev. 87: 109 p.

BARRAL H., 1982 - Le Ferlo des forages: gestion ancienne et actuelle de l'espace pastoral. Dakar, ORSTOM (multigr.).

BARRAL H., et al., 1983 - Systèmes de production d'élevage au Sénégal dans la région du Ferlo: synthèse de fin d'études d'une équipe de recherches pluridisciplinaires. ACC - GRIZA (LAT): 172 p.

BATANOUNY K.H., 1991 - Vegetation of the Summan (Arabia): pattern and process as affected by human impact and modern technology. In: GASTON et al. "Actes 4ème Cong. Int. Terres Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 310-14.

BEAUMONT, 1928 - Rapport au nom de la comission de l'Agriculture du Sénat, chargée d'examiner le projet de loi adopté par la Chambre des Députés portant création d'un Institut de Médecine Vétérinaire Exotique. *Rec. Med. Vét. Exot.*, 1: 55-56.

BEDRANI S., 1987 - Les pasteurs et agro-pasteurs au Maghreb. FAO, Rome: 62 p. + ann.

BEDRANI S., BENADJILA M., BENADJILA S., 1991 - Aperçu sur la législation et les modes d'utilisation par les animaux des terres publiques en Algérie. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 895-99.

BEHNKE R.H., SCOONES I., 1992 - Rethinking range ecology: implications for rangeland management in Africa. World Bank, Environment Working Paper N° 53: 31 p.

BEHNKE R.H., SCOONES I., KERVEN C., (eds.) 1993 - Range ecology at disequilibrium. New models of natural variability and pastoral adaptation in african savannas. Overseas Development Institute, London: 248 p.

BENNETT J.W., 1984 - Political ecology and development projects affecting pastoralist peoples in East Africa. A research paper, 80, Land Tenure Center, Univ. of Wisconsin-Madison: 150 p;

BERNUS E., 1974 - Possibilités et limites de la politique d'hydraulique pastorale dans le sahel nigérien. Cah. ORSTOM, sér. Sci. Hum., 11(2): 119-26.

BERNUS E., 1991 - Le prix de l'eau pastorale au Sahel nigérien. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Intern. Terres Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 900-901.

BERNUS E., 1992 - Hydraulique pastorale et gestion des parcours. In: LE FLOCH et al.: "L'aridité, une contrainte au développement." ORSTOM éd., Paris, coll. Didactiques: 555-63.

BHARARA L.P., 1991 - Socioeconomic and legal aspects of grazing lands with emphasis on livestock migration and pastoralism in the arid zone of Rajasthan, India. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 902-5.

BONFIGLIOLI A.M., 1988 - Duda. Histoire de famille et histoire de troupeau chez un groupe Woodabé du Niger. Paris, éd. de la Maison des Sciences de l'Homme, et Cambridge University Press.

BONFIGLIOLI A.M., 1990 - Pastoralisme, agro-pastoralisme et retour: itinéraires sahéliens. Cah. Sci. Hum., 26(1-2): 255-66.

BONFIGLIOLI A.M., 1992 - Sociétés pastorales à la croisée des chemins. Survie et développement du pastoralisme africain. NOPA, projet UNICEF/BNUS pour les pasteurs Nomades d'Afrique, version finale, nov. 92: 103 p. + ann. (88 p.).

BONFILS M., 1988 - Concept d'aménagement Nord-Ader. Etude N° 1, globale. Doc. SWISSAID, Bern: 39 p.

BONTE P., 1975 - Conditions et effets de l'implantation d'industries minières en milieu pastoral; l'exemple de la Mauritanie. In: "Les sociétés pastorales en Afrique tropicale", Th. MONOD (ed.), Inst. Intern. Afr., London et Oxford Univ. Press, Londres.

BOUDET G., 1973 - Les pâturages de la vallée du Fanfan et de la basse vallée du wabi Shebelli (Ethiopie). IEMVT, Maisons-Alfort: 75 p. multig.

BOUDET G., 1984 - Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Série Manuel et Précis d'élevage, N° 4, IEMVT, Minist. Coop., Paris, (4ème éd.): 266 p.

BOUDET G., 1990 - Appui au bureau de pastoralisme du projet de développement de l'élevage en Mauritanie "Elevage II". Banque Mond., IEMVT, Maisons-Alfort, Rapport de consultant, 2-16 mai 1990: 97 p.

BOUDET G., CARRIERE M., 1986 - Evolution des parcours et tentatives de restauration dans la région de Kaédi en Mauritanie. Sém. Rég. sur la dynamique et l'évolution des écosystèmes pastoraux sahéliens, Dakar, CILSS-UNESCO-FAPIS, 3-8 Nov.: 6 p.

BOUDET G., CARRIERE M., CHRISTY P., GUERIN H., LE JAN C., WEDOUD OULD CHEIKH A., PROM TEP S., REISS D., 1987 - Pâturages et élevage au Sud de la Mauritanie (Kaédi); étude intégrée sur les pâturages, leur conservation et leur restauration. IEMVT: 282 p.

BOUDET G., LEBRUN J.-P., 1986 - Catalogue des plantes vasculaires du Mali. Etudes et Synthèses de l'IEMVT, N° 16, Maisons-Alfort: 480 p.

BOURBOUZE A., 1991 - Les aspects socio-économiques et législatifs relatifs à l'exploitation des parcours des pays en voie de développement d'Afrique et d'Asie. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 1186-8.

BOURBOUZE A., DONADIEU P., 1987 - L'élevage sur parcours en régions méditerranéennes. Options méditerranéennes, IAM Montpellier, sér. études: 100 p.

BOURBOUZE A., LAZAREV G., 1991 - Typologie dynamique des systèmes pastoraux en Méditerranée. In: "GASTON et al. (éds.): Actes du 4ème Cong. Intern. des terres de parcours", Montpellier, 22-26 avril: 729-33.

BOURREIL P., GILLET H., QUEZEL P., 1975 - A propos des caractères phytosociologiques et écologiques d'*Aristida meccana*, d'*Aristida mutabilis* (Graminées) et de leurs implications. Boissiera, 24: 173-196.

BOUTONNET J.P., 1991 - Production de viande ovine en Algérie. Est-elle encore issue des parcours? In: GASTON et al.: "Actes du 4ème Cong. Intern. des Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 906-8.

BREMAN H., KETELAARS J. J., TRAORE N., 1990 - Un remède contre le manque de terre? Bilan des éléments nutritifs, production primaire et élevage au Sahel. Sécheresse, 2: 109-17.

BREMAN H., TRAORE N., 1987 - Analyse des conditions de l'élevage et propositions de politiques et de programmes. Mali. Sahel D(87)302, OCDE/CILSS/Club du Sahel, Paris: 243 p.

BRIZARD M., 1938 - Un capital en partie improductif: le cheptel bovin des Peuhls Sambourous. Bull. des Services Techniques et des Epizooties de l'AOF, 1: 21-3.

BROMLEY D.W., 1992 - The commons, common property, and environment policy. Environmental and Resource Economics, 2: 1-17.

CARRIERE M., 1989a - Les pâturages mauritaniens. In: CTA / IEMVT: "Elevage et potentialités pastorales sahéliennes; synthèse cartographique Mauritanie": 27 p. (format 80/66).

CARRIERE M., 1989b - Les communautés végétales sahéliennes en Mauritanie (région de Kaédi); analyse de la reconstitution annuelle du couvert herbacé. Thèse Doct. Sc., Univ. Paris Sud (Orsay): 238 p.

CARRIERE M., 1990 - Pâturages et élevage dans la région du Nord-Ader (Niger). Rapport de mission. SWISSAID, Gland (Suisse): 23 p.

CARRIERE M., 1994a - Impact de l'élevage sur les terres de parcours. CIRAD-EMVT, rapport provisoire, août 1994: 38 + 15 p.

CARRIERE M., 1994b - Plantes de Guinée à l'usage des éleveurs et des vétérinaires. Minist. Coop., CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort: 235 p.

CASENAVE A., VALENTIN C., 1989 - Les états de surface de la zone sahélienne. Influence sur l'infiltration. ORSTOM éd., coll. Didactiques: 229 p.

CAUDRON L., 1989 - Réflexions sur l'agriculture africaine. Paris, Ministère de la Coopération.

CHARNEY J.C., 1975 - Dynamics of deserts and droughts in the Sahel. J. of the Royal Meteor. Soc., 101: 193-202.

CHARNEY J.C., STONE P.H., QUIRK W.J., 1975 - Drought in the Sahara: a biogeographical feedback mechanism. Science, 187: 4.

CHATTY D., ZAROUG M., OSMAN A., 1991 - Pastoralist in Oman. FAO, Rome: 69 p.

CILSS - Club du Sahel, 1989 - Récoltes céréalières, mieux connaître pour mieux gérer. Information OCDE,

Paris, 4: 3-6.

CIPEA Actualités, oct. 1993, 12(4): 6-7. ("c'est la sécheresse et non le bétail qui dégrade les parcours sahéliens" auteur anonyme, sur les indications de P. HIERNAUX)

CISSE M. I., BREMAN H., 1980 - Influence de l'exploitation sur un pâturage à *Andropogon gayanus* Kunth. var. *tridentatus*. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., : 407-16.

CLAIRAMBAULT, 1938 - Influence de la politique de l'eau et de la libre nomadisation sur la transhumance des Reguebats Sahel. Bull. Serv. Zoot. Epizoot., 1: 55-57.

CLARK C.W., 1973 - Profit maximization and the extinction of animal species. J. of Political Economy, 81(4): 950-61.

CMRADR (Conférence Mondiale sur la Réforme Agricole et le Développement Rural), 1989 - Bilan de trente ans de développement pastoral dans le bassin méditerranéen. FAO, Rome: 126 p.

COMOLET A., WEBER J.L., 1990 - Un instrument de connaissance et d'aide à la décision: le système de compte de patrimoine naturel français. Revue Economique, 41(2): 243-67.

Conseil Scientifique pour l'Afrique (CSA), 1956 - Phytogéographie. (Yangambi, 1956). Londres, CCTA, 22: 35 p. (réimpression n° 53 (1961): 35 p.)

CORNET A., 1981 - Le bilan hydrique et son rôle dans la production de la strate herbacée de quelques phytocénoses sahéliennes au Sénégal. Thèse Doct.-Ingén., Ecol. Gén. et appliquée, Montpellier: 353 p.

COSSINS N., 1971 - Pastoralism under pressure: a study of the Somali clans of the Jijigga area of Ethiopia. Rapport inédit (cité par Sandford, 1989).

COUDERC R., 1976 - La dégradation des parcours steppiques en Algérie. In: "l'élevage en Méditerranée occidentale", CNRS, Paris: 221-243.

COULEAU J., 1962 - Etude sur les problèmes de l'élevage pastoral. I: Schéma général. Ministère de l'Agriculture, Rabat, Maroc: 18 p.

COULOMB J., 1979 - Etude des conditions physiques, biologiques et humaines de la lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Burkina) : dynamique et possibilité de régénération d'un écosystème paturé sahélien. IEMVT, 85 p.

COUREL M.-F., 1984 - Etude de l'évolution récente des milieux sahéliens à partir des mesures fournies par les satellites. Thèse doctorat d'état lettres et sc. hum., Paris I: 407 p. + ann.

CTA / IEMVT, 1989 - Elevage et potentialités pastorales sahéliennes. Synthèse cartographique Mauritanie. Wageningen-CTA / Maisons-Alfort - IEMVT: 27 p.

DAJOZ R., 1975 - Précis d'écologie. Ecologie fondamentale et appliquée. Dunod et Gauthiers-Villars éd., 3ème éd.: 549 p.

DALY H.E., GOODLAND R., EL SERAFY S., 1992 - Population, technology and lifestyle: the transition to sustainability. Island Press, Covelo, Californie (cité par GEORGE et SABELI, 1994).

DE LEEUW P., REID R., 1995 - Round Table "Livestock development strategy for low income countries", ILRI-Ethiopy, Février 1995.

DE LEEUW P. N., TOTHILL J. C., 1990 - The concept of rangeland carrying capacity in sub-saharian africa. Myth or reality. Pastoral Development Network, 29b: 20 p.

DELOITTE et TOUCHE (rédacteurs), 1993 - Documents de travail à l'attention du Comité Intergouvernemental de Négociation de la Convention Internationale sur la Désertification. Minist. Coop. fr., mai 1993: 53 p.

- DELPY L.**, 1938 - Le chemin de fer transaharien et l'élevage en Afrique occidentale. Rec. Méd. Vét. Exot., 6: 152-6.
- DESHMUKH I.K.**, 1984 - A common relationship between precipitation and grassland peak biomass for East and Southern Africa. Afr. J. Ecol., 22: 185-86.
- DEVEY M.**, 1994 - L'évolution récente de la filière élevage au Niger. Marchés Tropicaux, 4 nov. 1994: 140-41.
- DE WISPELAERE G., PEYRE DE FABREGUES B.**, 1988 - Evaluation des ressources fourragères par télédétection SPOT dans la région du Sud-Tamesna (Niger). Etude thématique (2ème phase), campagne 1986-1987. IEMVT, Maisons-Alfort: 74 p. + ann. + 1 carte coul. 1/250 000.
- DE WISPELAERE G., PEYRE DE FABREGUES B.**, 1991 - Evaluation et suivi des ressources pastorales par télédétection spatiale dans la région du sud-Tamesna (Niger). CIRAD-EMVT, Maisons-Alfort, vol. 1: Synthèse: 91 p.; vol. 2: annexes: 413 p.
- DE WISPELAERE G., TOUTAIN B.**, 1976 - Estimation de l'évolution du couvert végétal en 20 ans consécutivement à la sécheresse dans le Sahel voltaïque. Photointerprétation, N° 1 (3): 1-7.
- DE WISPELAERE G., TOUTAIN B.**, 1981 - Etude diachronique de quelques géosystèmes sahéliens en Haute-Volta septentrionale. Photointerprétation, 1: 40 p.
- DIARRA L., BREMAN H.**, 1975 - Influence de la pluviosité sur la production des pâturages. Actes coll. Bamako, Mali, inventaire et cartographie des pâturages tropicaux africains, 3-8 mars 75: 171-174.
- DICKO M. S.**, 1980 - Les mesures de la production secondaire des pâturages: un exemple d'application dans l'étude d'un élevage du système extensif au Mali. In: "Les fourrages ligneux en Afrique: état actuel de nos connaissances." LE HOUEROU éd.: 245-51.
- DORAN M.H., LOW A.R.C., KEMP A.L.**, 1979 - Cattle as a store of wealth in Swaziland: implications for livestock development and overgrazing in Eastern and South Africa. American J. of Agricultural Economics, 61(1): 41-47.
- DOROZYNSKI A.**, 1993 - Mort aux vaches! Science et Vie, avril, N° 907: 80-81.
- DOUTRESSOULLE G., TRAORE S.**, 1949 - L'élevage dans la boucle du Niger. Rev. Elev. Méd. Vét. pays Trop., 3(1): 17-28.
- DUNGLAS J.**, 1993 - Effet de serre et activités humaines. (gaz à effet de serre d'origine anthropique). Sécheresse, 4(4): 211-220.
- DYSON-HUDSON N.**, 1985 - Pastoral production systems and livestock development projects: an east African perspective. In: "Putting people first. Sociological variables in rural development". A World Bank publication, Oxford Univ. Press: 155-186.
- EL HADIDI M.N., ABDEL GHANI M.M., FAHMY A.G.**, 1992 - The plant red data book of Egypt. 1. Woody perennials. The Palm Press (ed.), Cairo (Egypt).
- ELLIS J.E., SWIFT D.M.**, 1988 - Stability of African pastoral ecosystems: alternate paradigms and implications for development. J. Range Manag., 41(6): 450-459.
- ELOUARD P.**, 1973 - Oscillations climatiques de l'holocène à nos jours en Mauritanie atlantique et dans la vallée du Sénégal. In: "Les problèmes de la désertification au sud du Sahara. Le cas de la Mauritanie". Coll. de Nouakchott, 17-19 Déc.: 19 p.
- EL SAMMANI M.O.**, 1989 - Rehabilitation alternatives for pastoral populations in Sudan. FAO, Rome: 85 p. + ann.

- EMBERGER L.**, 1938 - La définition phytogéographique du climat désertique. In: "La vie dans la région désertique nord-tropicale de l'ancien monde." Mém. Soc. Biogéogr., 6: 9-14.
- EUROFOR**, 1994 - L'Europe et la forêt. Bruxelles, Parlement Européen, série "Agriculture, pêche, forêt. 2 tomes, 15-30 p.
- FAO**, 1969 - Stabilization and development of nomadic sheep husbandry. Interim evaluation, WFP, Rome: 10 p.
- FAO**, 1976 - Perspective study on agricultural development in the sahelian countries 1975-1990. Vol. 1: main report. Vol. 2: statistical annex. Vol. 3: summary and conclusion. FAO, Rome.
- FAO**, 1977 - Les systèmes pastoraux sahéliens. Données socio-démographiques de base en vue de la conservation et de la mise en valeur des parcours arides et semi-arides. FAO, Rome: 105 p. + ann.
- FAO**, 1991 - Sustainable agriculture and rural development in the Near East. FAO Netherlands Conf. on Agric. and the Environ., S6Hertogenbosch, the Netherlands, 15-19 april 1991.
- FAO**, 1994 - Interaction entre les systèmes de production d'élevage et l'environnement. Présentation des systèmes d'élevage avec statistiques par grandes régions et par pays. (traduit de l'anglais), mars 1994: 46 p.
- FAO - CARDNE**, 1991 - Workshop on pastoral communities in the near East. Traditional systems in evolution. Amman, Jordan, 1-5 dec. 1991, FAO, Rome, CARDNE: 11 p. + ann.
- FAO - FADES**, 1985 - Projet de développement des oasis: les oasis de Mauritanie. Atlas statistique. Rép. Islam. de Mauritanie, Minist. Dévelop. Rural: 103 p.
- FEUNTEUN L. M.**, 1955 - L'élevage en AOF. Son importance économique et sociale; les conditions de son développement et de son amélioration. Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trop., 8(2-3): 137-62.
- FRITZPATRICK-LINS K.**, 1981 - Comparison of sampling procedures and data analysis for land-use and land cover-map. PH&RS, 47(3): 343-51.
- FLORET C., PONTANIER R.**, 1978 - Relation climat-sol-végétation dans quelques formations végétales spontanées du Sud-Tunisien. Production végétale et bilan hydrique des sols. PNUD, Minist. Agric. Tunisie, Doc. Techn. N° 1: 96 p. + ann.
- FOURIER J.**, 1827 - Mémoire sur les températures du globe terrestre et des espaces planétaires. Rééd. in Oeuvres de FOURIER, t. II, Gauthiers-Villars, Paris, 1890: 97-125.
- GACHON L., RICOU G., GRUNER L.**, 1979 - Fonctionnement de l'écosystème prairial pâturé. In: "Utilisation par les ruminants des pâturages d'altitude et parcours méditerranéens (Xème Grenier de Theix), Versailles, INRA pub.: 9-20.
- GALLAIS J.**, 1984 - Hommes du Sahel. Espaces, temps et pouvoir. Le delta intérieur du Niger 1960-1980. Flammarion éd., Paris.
- GAUTHIERS - PILTERS H.**, 1969 - Observation sur l'écologie du dromadaire en moyenne Mauritanie. Bull. IFAN, sér. A, 31(4): 1259-1380.
- GDTA et SCEES**, 1984 - Simulation SPOT Lauragais, résultats 1981. Paris, SCEES, T. I: 120 p., T. II: 59 p.
- GEERLING C., BREMAN H., BERCEY E.T.**, 1986 - Ecology and development: an attempt to synthesize. Environmental Conservation, 13(3): 211-4.
- GEORGE S., SABELLI F.**, 1994 - Crédits sans frontières. La religion séculaire de la Banque Mondiale. La Découverte éd., coll. Essais: 279 p.
- GODARD V.**, 1991 - Utilisation conjointe de la télédétection et de l'enquête de terrain lors des inventaires d'occupation du sol. Recherche méthodologique appliquée au Sahel sud-mauritanien. Thèse doct. géogr., Ecole

Haut. Et. Sc. Soc.: 433 p.

GRANIER R., 1973 - Recherches sur les causes des sécheresses: l'équateur météorologique. In: "Les problèmes de la désertification au sud du Sahara. Le cas de la Mauritanie." Coll. Nouakchott, 17-19 Déc., 17 p.

GRENIER P., 1957 - Rapport de mission dans la région du Ferlo. Dakar, Service de l'Hydraulique de l'AOF.

GRIFFON M., MARTY I., 1993 - Prospectives des déséquilibres environnementaux liés à l'agriculture dans les pays tropicaux. CIRAD-GERDAT-URPA, Paris: 283 p.

GRINEVALD J., 1992 - De Carnot à Gaïa: l'histoire de l'effet de serre. La Recherche, 243: 532-38.

GROUZIS M., 1988 - Structure, productivité et dynamique des systèmes écologiques sahéliens (Mare d'Oursi, Burkina Faso). ORSTOM éd., Paris, Coll. Etudes et Thèses: 336 p. (et thèse doct. Sc. Nat. (1987), Univ. Paris Sud).

GUERIN H., SALL C., FRIOT D., AHOKPE B., NDOYE A., 1986 - Ebauche d'une méthode de diagnostic de l'alimentation des ruminants domestiques dans un système agro-pastoral: l'exemple de Thyssé-Kaymor-Sonkorong au Sénégal. Cah. Rech. Dévpy., 9-10: 60-9.

GUERVILLY T., BOUBA A., 1992 - Restauration des pâturages au Tchad, Farcha. LRZV/IEMVT-CIRAD, 18 p.

GUPTA R.K., 1971 - Ecology of pastoral areas in the arid zone of Rajasthan. Annals of the arid zone, vol. 10, 2-3: 136-157.

HAALAND G. (ed.), 1980 - Problems in savannah development: the Soudan case. University of Bergen, Depart. of Social Anthropology, Occasional Paper N° 19.

HARDIN G., 1977 - The tragedy of the commons. In: HARDIN & BADEN (eds.), "Managing the commons". San Francisco, W.H. Freeman: 16-30.

HEITSCHMIDT R.K., 1991 - Ecology, economics and ethics in range management. In GASTON et al.(éds.): "Actes du 4ème congrès intern. des terres de parcours", Montpellier (France), 22-26 avril 1991: 929-932.

HENDY C., KLEIH U., CRAWSHAW R., PHILLIPS M., 1994 - Interactions between livestock production systems and the environment. Global impact domain: demand for feed concentrates. National Resources Institute, UK, sept. 94: 49 p.

HENRY C., 1990 - Efficacité économique et impératifs éthiques: l'environnement en copropriété. Revue économique, 41(2): 195-214.

HIERNAUX P., 1984 - Distribution des pluies et production herbacée au Sahel: une méthode empirique pour caractériser la distribution des précipitations journalières et ses effets sur la production herbacée. CIPEA, Bamako, rapp. multig.: 46 p.

HILL P., 1970 - Studies in rural capitalism in West Africa. Cambridge Univ. Press.

HUBBARD C.E., MILNE-REDHAED E., (et coll.), 1952 - Flora of tropical East Africa. 91 vol.

HUBERT H., 1920 - Le dessèchement progressif en Afrique occidentale. Bull. Com. Et. Hist. Scient. AOF.

HUMPHREYS L.R., 1991 - Tropical pasture utilization. Cambridge Univ. Press: 206 p.

HUTCHINSON J., DALZIEL J. M., 1954 - Flora of west tropical Africa. Vol. I, Part. 1 (1954); Vol. I, Part. 2 (1958); Vol. II (1963); Vol. III, Part. 1 (1968); Vol. III, Part. 2 (1972). London, Millbank SW1, Crown Agents for overseas Govern. and adm.

- IBPGR** (International Board for Plant Genetic Resources), 1988 - Mission de collecte des semences de plantes fourragères des pâturages nord-sahéliens au Niger. oct.-nov. 1988, Niamey (Niger), Rome: 39 p. + ann.
- JACQUINOT L.**, 1972 - Résultats et perspectives des recherches effectuées au Sénégal sur la potentialité du mil céréaliers (*Pennisetum typhoides*). *Agron. Trop.*, Paris, 27: 815-21.
- KHALIFA H., SIMPSON M.**, 1972 - Perverse supply in Nomadic societies. *Oxford Agrarian Studies*, 1: 601-13.
- KING M. K.**, 1983 - Livestock water needs in pastoral Africa in relation to climate and forage. ILCA Research Report, 7: 94 p.
- KRUTILLA J.V.**, 1967 - Conservation reconsidered. *American Economic Review*, 57(4): 777-86.
- LAMBERT C.**, 1983 - L'IRAT et l'amélioration du mil. Présentation des travaux. *Agron. Trop.*, Paris, 38(1): 78-88.
- LANDAIS E.**, 1990 - Sur les doctrines des vétérinaires coloniaux français en Afrique noire. *Cah. ORSTOM, sér. Sc. Hum.*, 26(1-2): 33-71..
- LANDAIS E., LHOSTE P.**, 1990 - L'association agriculture-élevage en Afrique inter-tropicale: un mythe techniciste confronté aux réalités du terrain. *Cah. Sci. Hum.*, 26(1-2): 217-35.
- LANDAIS E., LHOSTE P., GUERIN H.**, 1990 - Systèmes d'élevage et transferts de fertilité. *Comm. Rencontre Intern. "Savanes d'Afrique, terres fertiles?"*. Montpellier, 10-14 Déc. 1990: 99 p.
- LE HOUEROU H.N.**, 1977 - Man and desertization in the mediterranean region. *Ambio*, 6(6): 363-65.
- LE HOUEROU H.N.**, 1977 - The grassland of Africa: classification, production, evolution and development outlook. *Proc. 13 Intern. Grassl. Congress, Leipzig, GDR, 18-27 may, vol.1:99-116.*
- LE HOUEROU H.N.**, 1984 - Rain use efficiency: a unifying concept in arid-land ecology. *J. Arid Envir.*, 7: 213-247.
- LE HOUEROU H.N.**, 1991 - Forage species diversity in Africa: an overview of the genetic resources. Reprint from: *Crop Genetic Resources of Africa*, vol 1, IBPGR Publ.: 99-117.
- LE HOUEROU H.N., FROMENT M.D.**, 1969 - Principes, méthodes et techniques d'amélioration pastorale et fourragère en Tunisie. *FAO, Rome*: 291 p.
- LEBRUN J. P.**, 1973 - Enumération des plantes vasculaires du Sénégal. IEMVT, Maisons-Alfort, *Etude Botanique N° 2*: 209 p.
- LEBRUN J.P.**, 1981 - Les bases floristiques des grandes divisions chorologiques de l'Afrique sèche. IEMVT, Maisons-Alfort, *Etude Botanique N° 7*: 483 p.
- LEBRUN J.P., STORK A.L.**, 1977 - Index 1935-1976 des cartes de répartition des plantes vasculaires d'Afrique. 1 Vol. X + 138 p., Genève.
- LEBRUN J.P., TOUTAIN B., GASTON A., BOUDET G.**, 1991 - Catalogue des plantes vasculaires du Burkina Faso. IEMVT, Maisons-Alfort, *Etude et Synthèse de l'IEMVT N° 40.*
- LEBRUN J.P., STORK A.L.**, 1995 - Enumération des plantes à fleurs d'Afrique tropicale, Edition des conservatoires et jardins botaniques de Genève.
- LELE U., STONE S.W.**, 1993 - Pression démographique, environnement et intensification agricole: modifications apportées à l'hypothèse de Boserup. *MADIA, (Managing Agricultural Development In Africa).*
- LELOUP S.**, 1994 - Multiple use of rangelands within agropastoral systems in southern Mali. *Wageningen Agric. Univ., Wageningen, Netherlands*: x+101 p.

LENG R.A., 1993 - The impact of livestock development on environmental change. In: "Strategies for sustainable animal agriculture in developing countries", S. Marck (ed.), Proc. FAO exp. Consult., Rome, 10-14 dec.90, FAO Anim. Prod.&Health Pap. 107: 59-75.

LIVINGSTONE I., 1985 - Pastoralism: an overview of practice, process and policy. FAO, Rome: 79 p.

LPDA (Lettre de politique de développement agricole), 1991 - Stratégie et plan d'action pour le sous secteur de l'élevage (S.P.A.E.). Direction Nationale de l'Elevage, Conakry, Guinée, document de travail, juillet 1991: 172 p.

MAINGUET M., 1991 - Desertification. Natural background and human mismanagement. Springer-Verlag, Berlin: 306 p.

MAIRE R., 1952 (et sq.) - Flore de l'Afrique du Nord. Paris, 15 vol.

MALTHUS T.R., 1803 - Essai sur le principe de population. trad. franç., Flammarion, Paris, 1992.

MARTIN S., 1992 - L'observation des systèmes écologiques: quelques réflexions. Bull. Scient. de la Dir. de la Recherche et des Affaires Economiques et Internationales du Minist. de l'Environ., REED, 38-39, Paris: 17-18.

MARTY A., 1990 - Les organisations coopératives en milieu pastoral: héritage et enjeux. Cah. Sci. Hum., 26(1-2): 121-35.

MASRI A., 1991 - The tradition of hema as a land tenure institution in arid land management: Syria. FAO, Rome: 41 p.

MAXWELL T.J., 1991 - Diagnosis and improvement methods in range utilization. In GASTON et al.: "Actes du 4ème Cong. Intern. des terres de parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 1147-54.

McCORKLE C.M. (ed.), 1992 - Plants, Animals, & people. Agropastoral Systems Research. Westview Press, Boulder-San Francisco-Oxford: 196 p.

McNEIL M., 1964 - Lateritic soils. Scientific American, 211: 96-102.

MILLEVILLE P., 1992 - Conditions sahéliennes et déplacements des troupeaux bovins (Oudalan, Burkina Faso). In: LE FLOCH et al.: "L'aridité, une contrainte au développement". ORSTOM éd., Paris, coll. Didactiques: 539-54.

MONDOT R., GILLES J.L., 1991 - Aspects socio-économiques et juridiques du développement pastoral. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 1179-81.

MONOD T., 1943 - Sur la présence de graines de Celtis dans le quaternaire mauritanien. Notes Afr., 18: 3-4.

MONOD T., 1970 - Sur les endocarpes de Celtis du gisement néolithique d'Amekin (Ahaggar). Bull. IFAN, sér. A, 32: 585-93, 1 pl. ph.

MONTENY B., 1985 - Apport de la climatologie à l'interprétation des interactions végétation-atmosphère et leurs impacts sur les caractéristiques climatiques. Rapport ORSTOM: 17 p.

MOREL G., MOREL M.Y., 1990 - Les oiseaux de Sénégal. Notice et cartes de distribution. ORSTOM (éd.), coll. Didactiques, Paris.

MOSNIER M., 1961 - Pâturages naturels sahéliens: région de Kaédi (Mauritanie). IEMVT, Maisons-Alfort: 169 p.

National Research Council, 1983 - Environmental change in west african Sahel. Board on Science and Technology for international Development, National Academy Press, Washington DC, USA.

- National Research Council** (collectif), 1990 - The improvement of tropical and subtropical rangelands. National Academic Press, Washington DC: 379 p.
- NAUHEIMER H., SCHWARTZ H.J.**, 1991 - Demographics and dynamics of sheep and goat flocks in nomadic production system of central Somalia. In: "GASTON et al. (éds.): Actes du 4ème Cong. Intern. des terres de parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 743-6.
- NELSON R.**, 1988 - Dryland management. The "desertification" problem. World Bank Technical Paper, 116: 39 p.
- NORDHAUS W.D.**, 1982 - How fast should we graze the global commons? Am. Economic Review, 72(2): 242-246.
- O.E.C.E.** (Organisation Européenne de Coopération Economique), 1951 - Développement des pâturages et de la production fourragère dans les pays méditerranéens. Mission d'assistance technique, doc. O.E.C.E., N° 56: 194 p.
- ODUM E.P.**, 1971 - Fundamentals of Ecology. W.B. Saunders Compagny, Philadelphie, 3ème éd.
- ORMEROD W.E.**, 1978 - The relationship between economic development and ecological degradation: how degradation has occurred in West Africa and how its progress might be halted. J. of arid Environ., 1: 357-79.
- OZENDA P.**, 1958 - Flore du Sahara septentrional et central. Paris, CNRS, 1 vol.: 488 p.
- PAGOT J.**, 1977 - La recherche agronomique tropicale en Afrique. C. R. Acad. Sc. Outre-Mer, 37(2): 1-44.
- PASCON P.**, 1972 - Réflexions sur le pastoralisme. Séminaire de l'Elevage et de l'Aménagement des parcours en Tunisie centrale, Kairouan: 6 p.
- PASCON P.**, 1974 - Compétition des éleveurs dans la région d'Azrou. Essai de sociologie du pastoralisme, E.N.F.I., Salé (Maroc): 14 p.
- PELTIER R.**, 1993 - Les terres Hardé. Caractérisation et réhabilitation dans le bassin du lac Tchad. Cahiers scientifiques / CTFT, n. 11, 121 p.
- Petit Robert**, 1990 - Dictionnaire de la langue française.
- PEYRE DE FABREGUES B.**, 1993 - Contribution des ruminants domestiques à l'émission de méthane dans l'atmosphère. Réflexions d'un agropastoraliste. Sécheresse, 4(4): 264.
- PEYRE DE FABREGUES B., LEBRUN J.P.**, 1976 - Catalogue des plantes vasculaires du Niger. IEMVT, Maisons-Alfort, Etude Bot. N° 3: 433 p.
- PIERI C.**, 1989 - Fertilité des terres de savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricole au Sud du Sahara. Paris, Minist. Coop. / CIRAD-IRAT: 444 p.
- PIERRE J.M.**, 1994 - Utilisation de la forêt par l'élevage et rôle de l'élevage sur la déforestation. CIRAD-EMVT, CIRAD-FORET, rapport provisoire, juillet 1994: 67 p. + ann.
- PISANI E.**, 1994 - L'agriculture française et la politique agricole commune. Conseil Economique et Social, Direction des Journaux Officiels (éd.), Paris: 39 p.
- POUILLON F.**, 1990 - Sur la "stagnation" technique chez les pasteurs nomades. Cah. Sci. Hum., 26(1-2): 173-92.
- POUPON H.**, 1980 - Structure et dynamique de la strate ligneuse d'une steppe sahélienne au nord du Sénégal. Thèse Doct., Univ. Paris Sud: 317 p. + ann.
- QUEZEL P.**, 1965 - La végétation du Sahara du Tchad à la Mauritanie. Masson et Cie éd., Paris: 333 p.

- QUILFEN J.-P., MILLEVILLE P.**, 1983 - Résidus de culture et fumure animale: un aspect des relations agriculture-élevage dans le nord de la Haute-Volta. *Agron. Trop.*, 38(3): 206-12.
- R.Z.A.** (Réseau Zones Arides), 1993 - Bulletin N° 26; avril 1993. ORSTOM-CNRS (éds.), Montpellier (France): 67 p.
- REUSSE E.**, 1982 - Somalia's nomadic livestock economy. *World Animal Review*, 43: 2-11.
- RIFKIN J.**, 1993 - Beyond beef: the rise and fall of the cattle culture. ...
- ROCHETTE R.M.**, 1989 - Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences. GTZ éd., Weikersheim, RFA: 592 p.
- ROE E.M.**, 1989 - Six myths about livestock rangeland development south of the Sahara. *Rangelands*, 11(5): 217-221.
- RUNGE C.F.**, 1986 - Common property and collective action in economic development. In: "Common property resource management", National Academy Press, Washington DC: 31-60.
- SANDFORD S.**, 1976 - Pastoralism under pressure. *ODI review*, vol. 2: 44-68.
- SANDFORD S.**, 1983 - Management of pastoral development in the third world. London, John Wiley, in association with the Overseas Development Institute.
- SANDFORD S.**, 1989 - Organisation et gestion des ressources hydrauliques en Afrique tropicale. CIPEA, Rapport de recherche N° 8: 49 p.
- SCOONES I.**, 1993 - Why are there so many animals? Cattle population dynamics in the communal areas of Zimbabwe. In: BEHNKE et al. (éds.) "Range ecology at disequilibrium": 62-76.
- SERRES H.**, 1980 - Politiques d'hydraulique pastorale. PUF, Coll. Techniques vivantes: 121 p.
- SIDAHMED A.E.**, 1991 - Towards strengthening the range/livestock research and extension capabilities of national institutions in the Near East and North Africa. In: GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres Parcours", Montpellier, 22-24 avr.: 981-8.
- SIDAHMED A.E.**, 1992 - Sustainable rangelands in the Near East and North Africa. *Rangelands*, 14(4): 201-205.
- SIHM P.**, 1989 - Pastoral associations in West Africa: experience and future strategy. World Bank, Washington.
- SIHM P.A.**, 1991 - Pastoral associations in central and west Africa. In GASTON et al.: "Actes 4ème Cong. Int. Terres de Parcours", Montpellier, 22-26 avr.: 956-61.
- SIRCOULON J.**, 1976 - Les données hydropluviométriques de la sécheresse récente en Afrique intertropicale. Comparaison avec les sécheresses "1913" et "1940". *Cah. ORSTOM, sér. Hydrol.*, 13(2): 75-174.
- STOCKING M.A., ELWELL H.A.**, 1976 - Vegetation and erosion: a review. *Scottisch Geogr. Mag.*, 92: 4-16.
- STRUGNELL R.G., PIGOTT C.D.**, 1978 - Biomass, shoot production and grazing of two grassland in the Rwenzori National Park, Uganda. *J. of Ecology*, 66: 73-96.
- STUTH J.W., LYONS B.G.**, 1993 - Decision support systems for the management of grazing lands. Emerging issues. UNESCO, MAB series, Vol. 11: 301 p.
- SWIFT J.**, 1987 - Major issues in pastoral land tenure in the Near East and tropical Africa. Inst. of Development Studies, Univ. of Sussex (U.K.), FAO, Rome: 33 p.
- SWIFT J.**, 1988 - Major issues in pastoral development with special emphasis on selected african countries. FAO,

Rome: 64 p. + ann.

SWIFT J., 1994 - Technical consultation of donor / specialized agencies on pastoral development for Africa. Pastoral policies. Institute of Development Studies, Univ. of Sussex, U.K.: 9 p.

TERRIBLE M., 1975 - Atlas de Haute-Volta. Essai d'évaluation de la végétation ligneuse. Centre Voltaïque de la Recherche Scientifique, Bobo Dioulasso, 1 vol.: 69 p. + 1 carte h.t. 1/1000000.

THEBAUD B., 1988 - Elevage et développement au Niger: quel avenir pour les éleveurs du Sahel? Genève, Bureau International du Travail.

THEBAUD B., 1990 - Politiques d'hydraulique pastorale et gestion de l'espace au Sahel. Cah. Sci. Hum., 26(1-2): 13-31.

THOMAS D., BARTON D., 1994 - Interactions between livestock production systems and the environment. Impact domain: crop-livestock interactions. Draft report. National Resources Institute, UK, sept. 94: 44 p.

TOSTAIN S., 1985 - Mise en évidence d'une liaison génétique entre un gène de nanisme et des marqueurs enzymatiques chez le mil pénicillaire (*Pennisetum glaucum* L.). Canadian J. of Genetics and Cytology, 27(6): 751-58.

TOULMIN C., 1988 - Smiling in the Sahel. New Sci., 12 nov.: 69.

TOUPET C., 1971 - Les variations interannuelles des précipitations en Mauritanie centrale. C. R. Scé. Soc. Biogéogr., 420: 39-47.

TOURE O., 1987 - Une société pastorale en mutation sous l'effet des politiques de développement. Les Peuls du Ferlo, du début du siècle à nos jours. Etudes et Travaux N° 8 de l'USED/INSAH.

TOURE O., 1988 - The pastoral environment of northern Senegal. Review of african political economy: 32-9.

TOUTAIN B., PIOT J., 1980 - Mise en défense et possibilités de régénération des ressources fourragères sahéliennes. Etude expérimentale dans le bassin de la mare d'Oursi (Haute Volta). IEMVT/CTFT, p. 156.

TUCKER C.J., VANPRAET C., BOERWINKEL E., GASTON A., 1983 - Satellite remote sensing of total dry matter production in the senegalese Sahel. Remote Sensing of Envir., 13: 461-74, Elsevier Pub. Co., Inc., N.Y.

UNESCO, 1981 - Ecosystèmes pâturés tropicaux. Un rapport sur l'état des connaissances préparé par l'UNESCO, le PNUE et la FAO. Coll. Recherches sur les Ressources Naturelles, XVI: 675 p.

UNESCO, 1981b - Séminaire sur les approches intégrées et écologiques du développement rural en zones arides et semi-arides. Rapport final, MAB, N° 49: 68 p.

VALLET B., 1993 - Gestion des ressources pastorales et politiques pastorales pour l'Afrique: stratégie de la coopération française. Note présentée à la réunion UNSO 13/14 décembre, Paris, Bur. Prod. Agric. Indust. et Echanges, Minist. Coop.: 5 p.

VAN DRIEL A., 1994 - From symbiosis to polarisation. The changing relations between crop-farmers and pastoralists in northern Benin. Doctorate thesis, Depart. of Human Geography, Univ. of Amsterdam.

VAN NOORDWIJK M., 1984 - Ecology text book for the Sudan. Karthoum Univ. Press: 280 p.

VITOUSEK P.M., EHRLICH P.R., EHRLICH A.H., MATSON P.A., 1986 - Human appropriation of the products of photosynthesis. Bioscience, 34(6): 368-73.

VIVIEN F.D., 1994 - Economie et écologie. La Découverte éd., coll. Repères, 58: 122 p.

WESTBODY M., WALKER B.H., NOY-MEIR I., 1989 - Opportunistic management for rangelands not at

equilibrium. *J. Range Manag.*, 42: 266-274.

WHITE R., 1992 - Livestock development and pastoral production on communal rangeland in Botswana. Case study. Commonwealth secretariat, London: 59 p.

WINTER W.H., BROWN J., 1994 - in: *CIPEA Actualités*, (courrier des lecteurs), 13(2): 5.

World Resources Institute (WRI), 1991 - World resources 1990-91. A guide to the global environment.