

UTILISATION DES TERRES DE PARCOURS PAR L'ELEVAGE ET INTERACTIONS AVEC L'ENVIRONNEMENT

OUTILS D'EVALUATION ET INDICATEURS

par

Marc CARRIERE et Bernard TOUTAIN

Février 1995

**Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement/
Département d'Elevage et de Médecine vétérinaire (CIRAD-EMVT)**

10, rue Pierre Curie - 94704 Maisons-Alfort cedex - France

PREFACE

Le présent document représente l'une des contributions à l'étude sur les interactions entre les systèmes de production d'élevage et l'environnement. Cette étude demandée par plusieurs organismes donateurs a été

Domaines d'impact :

- Utilisation des terres de parcours
- Diversité des espèces sauvages
- Interactions entre l'agriculture et l'élevage
- Utilisation de la forêt par l'élevage et déforestation
- Gestion des effluents animaux (production)
- Gestion des effluents animaux (traitement)
- Emission de méthane
- Demande en aliments concentrés
- Ressources génétiques (animaux domestiques)

Systèmes de production d'élevage :

- LGT → Extensif à l'herbe (*) en zones tempérées et tropicales d'altitude
- LGH → Extensif à l'herbe en zones tropicales et subtropicales humides et sub-humides
- LGA → Extensif à l'herbe en zones tropicales et subtropicales arides et sub-arides
- MRT → Extensif en système mixte agriculture élevage en zones tempérées et tropicales d'altitude
- MRH → Extensif en système mixte agriculture élevage en zones tropicales et subtropicales humides et sub-humides
- MRA → Extensif en système mixte agriculture élevage en zones tropicales et subtropicales arides et sub-arides
- MIT → En système mixte avec irrigation en zones tempérées et tropicales d'altitude
- MIH → En système mixte avec irrigation en zones tropicales et subtropicales humides et sub-humides
- MIA → En système mixte avec irrigation en zones tropicales et subtropicales arides et sub-arides
- LLM → Hors-sol, monogastriques
- LLR → Hors-sol, ruminants

La présente contribution concerne le domaine d'impact spécifique : utilisation des terres de parcours par l'élevage (range resource utilization). Elle est financée par la Commission de l'Union européenne dans le cadre du contrat B7-5040/94/04/81 du 27 avril 1994 entre la Commission et le Scientific Environmental Monitoring Group. Le SEMG a confié l'exécution de cette partie au CIRAD-EMVT.

Le texte a été rédigé par Marc Carrière, écologue, sous la responsabilité scientifique de Bernard Toutain, agropastoraliste du CIRAD-EMVT. Il a reçu en particulier l'appui de Georges Tacher, vétérinaire économiste, précédent directeur du CIRAD-EMVT, André Gaston, écologue, Hubert Guérin, zootechnicien nutritionniste, Philippe Daget, écologue, Dominique Cuisance, vétérinaire parasitologiste et entomologiste au CIRAD-EMVT, Jacques Weber et Martine Antona, économistes de l'environnement du CIRAD-GERDAT.

B. Toutain

Coordinateur au CIRAD de l'étude

"Interactions between livestock production systems and the environment"

© SEMG/CIRAD-EMVT, 1994

Tous droits de traduction de reproduction par tous procédés,
de diffusion et de cession réservés pour tous pays.

INTRODUCTION

CADRE DE L'ETUDE

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'une consultation coordonnée par la FAO, la Banque Mondiale et l'USAID, sur le thème "des interactions entre les systèmes de production d'élevage et l'environnement".

Le but de cette consultation est d'évaluer les interactions positives et négatives entre les systèmes de production d'élevage et les ressources naturelles, dans une perspective globale de développement "acceptable" pour l'environnement ("sustainable").

La réalisation de cette étude est basée sur une approche en deux temps :

La première, appelée "domaine d'impact", vise à mettre en évidence des indicateurs-clés de nature technique, physique, biologique ou économique, permettant d'évaluer l'impact des systèmes de production d'élevage sur l'environnement.

La deuxième approche exploite les critères identifiés dans les domaines d'impact pour évaluer, en termes d'externalités positives et négatives, l'impact de chaque "système de production d'élevage" sur l'environnement.

Le travail présenté ici se rapporte au domaine d'impact "range resource utilization" (utilisation des terres de parcours) ; après une brève présentation des caractéristiques générales des terres de parcours (chapitre I), une analyse des interactions des activités d'élevage avec l'environnement sera effectuée (chapitre II) en distinguant les effets positifs et négatifs. Cette analyse servira de base pour la présentation des indicateurs identifiés (chapitre III).

I - LES TERRES DE PARCOURS ET LEUR UTILISATION :
CARACTERISTIQUES GENERALES

1 - DEFINITION

Le terme de "terres de parcours" est pris ici dans son acception la plus large, à savoir :

"De vastes superficies où l'on conduit le bétail assez librement, couvertes par de la végétation naturelle ou peu artificialisées et sur lesquelles ne sont pas faits d'investissements, ou seulement des investissements limités".

En ce sens, les terres de parcours se différencient :

- des pâturages améliorés ou entretenus, des prairies artificielles et des cultures fourragères, sur lesquels des techniques agronomiques sont appliquées ;
- des forêts dont la végétation, à dominante ligneuse, n'est pas accessible au bétail.

Plusieurs éléments caractéristiques sont attachés aux terres de parcours :

- la diversité des espèces végétales et des groupements de végétaux composant ce parcours, avec notamment des qualités pastorales variées et parfois complémentaires ;
- l'adaptation particulière des races animales utilisées aux contraintes attachées aux parcours : aptitude au déplacement, rusticité, résistance à des périodes de sous-nutrition, capacité à digérer des fourrages grossiers, à des abreuvements espacés, à des températures extrêmes ;
- le statut foncier généralement communautaire des parcours ;
- la souplesse particulière des systèmes d'élevage, qui fondent en particulier leur sécurité et leur efficacité sur la mobilité ;
- le caractère particulier des modes de vie qui sont attachés à l'élevage sur parcours : tels que pastoralisme ou ranching, intégrant les notions de distance, d'éloignement des centres urbains, d'isolement.

Les parcours se trouvent souvent dans des régions défavorisées, avec de fortes contraintes qui limitent l'occupation humaine :

- soit du fait du climat : forts écarts de température, températures extrêmes, aridité ;
- soit parce que le sol est impropre à l'agriculture ;
- soit par manque d'eau d'abreuvement ;
- soit à cause de la difficulté d'accès ou des reliefs.

2 - TYPOLOGIE, REPARTITION ET UTILISATION DES TERRES DE PARCOURS

"Il est impossible, par définition, de formuler une nomenclature capable de recueillir un consensus général, pour la simple raison que tout essai de ce genre implique une plus ou moins grande part d'arbitraire dans le découpage, nécessaire mais artificiel, d'une réalité qui est, elle, un continuum" (Monod, 1963).

A l'instar de toutes les classifications phytogéographiques, la typologie des terres de parcours, à l'échelle mondiale, se heurte au problème de l'ordination d'entités biogéographiques, à partir de facteurs

aussi divers que le climat, la végétation, les sols, et, bien sûr, les modalités d'exploitation du milieu par l'homme.

A l'échelle de la planète, les paramètres climatiques (précipitation, température...) permettent de distinguer des grandes zones écoclimatiques (tropicale, méditerranéenne, tempérée, boréale), entre lesquelles existent des termes de transition plus ou moins étendus. Certains climats subtropicaux, par exemple le long du golfe Persique ou de la mer Rouge, ont un régime thermique tropical, mais des précipitations hivernales de type méditerranéen. En Afrique australe, des types de végétation à caractéristiques nettement tropicales s'étendent bien au-delà du tropique du Capricorne et, seule la végétation de la province du Cap peut être considérée comme extra-tropicale.

Il est donc difficile de baser une typologie des terres de parcours sur des critères climatiques simples. Au sein d'une même zone écoclimatique, il existe bien souvent un décalage entre les isohyètes et les limites des types de végétation, comme par exemple en Afrique occidentale, où des espèces identiques exigent 150 à 200 mm de pluies en plus au Tchad qu'au Sénégal pour arriver à un développement comparable, en raison d'une évapotranspiration plus intense (UNESCO, 1981).

L'occupation humaine des écosystèmes pâturés est également un critère fondamental, car le mode d'exploitation peut varier considérablement pour un même type d'écosystème. Les civilisations pastorales africaines, par exemple, n'ont pas de réel équivalent aux Indes ; inversement, des sociétés nomades fort comparables se retrouvent en Afrique, sous climat tropical aride, et en Iran ou dans la péninsule arabique, où elles utilisent des écosystèmes typiquement méditerranéens (UNESCO, 1981).

A l'échelle de la planète, les **grands types de végétation** constituent certainement la base la plus acceptable pour une classification mondiale des terres de parcours. Les grandes formations végétales intègrent, en effet, à la fois des critères climatiques (répartition latitudinale des biomes), géographiques (altitude), ou géomorphologiques (zones inondables), mais aussi, dans une certaine mesure, les modalités d'exploitation, passées ou actuelles, des écosystèmes par l'homme (grands défrichements, feux de brousse...).

On distingue ainsi quatre principaux types utilisés comme parcours :

- 2.1 - Formations tropicales à caractère de savane ;
- 2.2 - Formations à caractère steppique ;
- 2.3 - Prairies et pelouses;
- 2.4 - Toundras.

2.1 - Formations tropicales à caractère de savane

2.1.1 - Définition

La savane tropicale est une végétation zonale, naturelle et homogène, des zones tropicales à pluie d'été, composée d'une strate herbacée fermée et de plantes ligneuses arbustives ou arborées régulièrement disséminées. La strate herbacée est composée en majorité de graminées vivaces. Ce couvert plus ou moins continu brûle ordinairement chaque année. La phase de repos annuel de la végétation, plus ou moins prolongée, est due à la saison sèche. La strate ligneuse peut être d'importance variable, et conduit à distinguer différents types de savanes tropicales : savanes herbeuses (dépourvues de strate ligneuse), savanes arbustives, arborées ou boisées.

Les forêts claires, proches des savanes boisées d'un point de vue physiologique, s'en distinguent par une strate arborée plus importante et un couvert herbacé plus réduit (cf. Pierre, Toutain, Bruzon, 1994 "Définition de la forêt").

Il est généralement admis aujourd'hui que, sauf dans des conditions édaphiques particulières, les climax des régions de savanes sont normalement forestiers, et que les savanes constituent un équilibre artificiellement maintenu par les feux (UNESCO, 1981).

2.1.2 - Répartition (carte 1)

A l'échelle du globe, les savanes occupent environ 15 millions de km² (Whittaker et Likens, *in* Dajoz, 1975) ; elles se répartissent essentiellement sur le continent africain, et, dans une moindre mesure, dans la partie septentrionale de l'Amérique du Sud (*Cerrados* du Brésil, *Llanos* du Venezuela et de la Colombie), le Sud-Est asiatique (péninsules Indochinoise et Malaise, Inde), et le Nord de l'Australie.

2.1.3 - Utilisation des terres de savane

En raison de précipitations relativement importantes, étalées sur au moins trois mois, le climat des régions de savane est propice aux activités agricoles. Après défrichage de la forêt et abandon des cultures, les espèces herbacées, dominées par des graminées vivaces, constituent un premier stade de reconstitution du milieu, qui devient stable en cas d'interventions humaines répétées (nouveaux défrichements, feux).

Carte 1

Ce tapis graminéen est pâturé pendant la saison des pluies, puis brûlé en début de saison sèche afin de permettre la repousse des espèces vivaces, laquelle constitue un fourrage de bonne qualité.

En région de savane, les activités agricoles et pastorales sont fortement imbriquées entre elles ; les agriculteurs possèdent souvent eux-mêmes des animaux, soit pour les besoins de la culture (boeufs de trait, fumier), soit comme moyen d'épargne. Les résidus de culture rentrent pour une bonne part dans l'alimentation des animaux, qu'ils soient sédentaires ou transhumants.

Le développement des activités d'élevage est, dans le cas des zones humides africaines, limité par la présence de glossines infectées, responsables de la transmission des trypanosomes.

2.2 - Formations à caractère steppique

Les steppes d'une façon générale sont des formations végétales herbeuses n'assurant pas un recouvrement complet du sol ; selon les zones bioclimatiques qu'elles occupent, elles présentent des caractéristiques très différentes. Ces climats ont en commun l'aridité et de grands écarts de température. On peut distinguer :

- les steppes tropicales arides et semi-arides ;
- les steppes méditerranéennes arides et désertiques ;
- les steppes continentales des régions tempérées.

2.2.1 - Steppes tropicales arides et semi-arides

A - DEFINITION

La steppe tropicale aride et sub-aride telle que définie à Yangambi (CSA, 1956) est regardée par d'autres acteurs comme une formation de savane en raison de sa dominante graminéenne et de la présence de ligneux disséminés. C'est une formation plus ou moins buissonneuse, comportant un tapis herbacé à base d'espèces annuelles *"atteignant au maximum 80 centimètres de hauteur, et généralement non parcourues par les feux"*.

Elle s'étend sous climat tropical sec (entre 100 et 600 mm de précipitation annuelle moyenne), la période active de végétation variant de un à trois mois.

Les caractères essentiels de la végétation résident dans la forte variabilité de la production, qui est étroitement dépendante des précipitations, et dans l'adaptation de nombreuses espèces à la xérophilie.

B - REPARTITION (carte 1)

Les steppes tropicales arides et semi-arides couvrent d'importantes superficies sur le continent africain, entre les zones désertiques et les formations savanisées. Elles existent aussi sur le continent asiatique (Nord-Ouest de l'Inde, Arabie), en Amérique du Sud (Nordeste brésilien), ainsi que sur la partie Nord-Ouest de l'Australie.

C - UTILISATION DES STEPPES TROPICALES ARIDES ET SEMI-ARIDES

Il s'agit d'écosystèmes d'une grande importance vis-à-vis des activités d'élevage puisqu'ils assurent la subsistance de nombreux troupeaux et occupent de vastes superficies, notamment en Afrique (zones sahélienne et australe).

Contrairement aux régions de savanes *stricto sensu*, la biomasse herbacée disponible est constituée une fois pour toutes pendant la brève saison des pluies. Les espèces ligneuses sont généralement très dispersées, et en majorité épineuses ; elles constituent une ressource fourragère importante, notamment pour les caprins et les camélidés.

En dehors des vallées et des terrains irrigués, les cultures occupent des surfaces relativement limitées dans les zones situées au-delà de l'isohyète 400 mm. Les steppes tropicales arides ont une vocation fondamentalement pastorale, l'élevage étant principalement de type nomade ou semi-nomade.

2.2.2 - Steppes méditerranéennes arides et désertiques

Ce sont des formations végétales, primaires ou secondaires, basses et ouvertes dans leur physionomie typique, et inféodées surtout aux zones arides et désertiques (précipitations < 350 mm). Dans les zones à hiver rigoureux des régions montagnardes (Atlas maghrébins) ou continentales (Anatolie, Iran), la végétation steppique s'étend naturellement aux climats semi-arides, sous forme arborée ou arbustive (Bourbouze et Donadieu, 1987). Dans de nombreux cas, les steppes arides résultent de l'altération de forêts méditerranéennes primitives ayant évolué, sous l'effet combiné des incendies, des coupes de bois répétées, de l'exploitation pastorale et de périodes de sécheresse, vers des garrigues plus ou moins ouvertes, puis vers des steppes ligneuses ou semi-ligneuses ; celles-ci peuvent alors se transformer en steppe à annuelles, dont la production, saisonnière, oblige à une plus grande mobilité des troupeaux en quête de pâturage.

A - UTILISATION DES TERRES DE PARCOURS EN ZONE MEDITERRANEENNE

Bien que très variée dans le détail selon les régions, l'utilisation des terres de parcours en zone méditerranéenne présente deux situations bien distinctes :

Au nord de la Méditerranée, l'exode rural, l'enfrichement des parcours et la réduction des espaces pastoraux, ainsi que la diminution des revenus en dépit des primes compensatoires, font que les territoires pastoraux sont globalement **sous-exploités** (Bourbouze et Rubino, 1992).

Dans les pays du sud de la Méditerranée et au Moyen-Orient, la pression démographique, le développement agricole et l'appropriation des terres, tendent à restreindre l'espace traditionnellement alloué aux activités pastorales, en conduisant à une **surexploitation** des terres de parcours.

D'un point de vue bioclimatique, cette distinction entre territoire du sud et du nord permet de préciser quels sont les grands types de milieux qui servent de support aux activités d'élevage, et selon quelles modalités s'effectuent ces activités.

Au nord de la zone méditerranéenne, sous climat perhumide à semi-aride, les forêts, matorrals, et zones cultivées occupent des surfaces importantes ; l'élevage est souvent associé aux activités

agricoles ou forestières, et s'effectue de manière intensive à semi-extensive, avec ou sans transhumance.

Dans les territoires du sud, au climat plus rigoureux, les steppes semi-arides, arides, et désertiques, constituent les types de végétation dominants ; ces formations sont le support d'un élevage de type semi-extensif à extensif, tandis que les activités agricoles tendent à se cantonner aux sites à bilan hydrique favorable et aux vallées (périmètres irrigués, oasis).

A ce compartimentage géographique correspondent donc des systèmes d'élevage différents qui reposent, par ailleurs, sur des espèces et des races animales distinctes (figure 1), avec prédominance relative des petits ruminants au sud et des bovins au nord.

Figure 1 - Importance relative des cheptels bovins, ovins et caprins dans les pays du bassin méditerranéen, d'après les statistiques FAO de 1986, converties en "unité petit bétail" (Bourbouze et Donadieu, 1977)

2.2.3 - Steppes continentales des régions tempérées

Elles sont surtout représentées en Eurasie par les grandes formations herbeuses qui s'étendent de la mer Caspienne à la Mongolie et en Amérique du Nord par les bassins intérieurs des Montagnes Rocheuses et leurs bordures orientales. La majeure partie des pâturages nord-américains est gérée de façon privative, ou sous contrôle d'organisations étatiques ou gouvernementales (Joyce, 1989).

En Amérique du Sud, elles correspondent à la pampa. Cette formation herbeuse serait d'origine climacique (Müller, 1981). Utilisée déjà pour l'élevage nomade avant la période coloniale, elle est peu à peu consacrée à l'agriculture, reléguant ainsi l'élevage extensif vers les terres marginales (UNESCO, 1972).

UTILISATION DES STEPPES CONTINENTALES

En raison des contraintes climatiques (précipitations faibles et variables d'une année à l'autre, faibles températures hivernales), l'exploitation pastorale des steppes continentales a longtemps été le fait d'un élevage de type nomade, adapté au déséquilibre saisonnier de l'offre fourragère, avec des animaux "*robustes en été, gras en automne, maigres en hiver, et épuisés au printemps*" (Li, 1991). Ce schéma traditionnel, qui présente certaines analogies avec le pastoralisme nomade des zones

périsahariennes (ressources naturelles singulièrement limitées par les facteurs climatiques, importante mobilité des éleveurs, avec habitat sous tente, et possession d'animaux de bât), tend aujourd'hui à évoluer sous l'effet combiné de la croissance des populations et du cheptel, de l'extension des surfaces cultivées au détriment des parcours et de la sédentarisation des éleveurs (Hu *et al.*, 1992 ; Li, 1991).

2.2.4 - Tussock grassland

Dans l'hémisphère sud, la végétation des zones froides utilisées comme parcours est composée de plantes herbacées en touffes. C'est le "tussock grassland", qui s'étend en Patagonie et dans le sud de la Nouvelle-Zélande.

2.3 - Prairies et pelouses

Les prairies sont des formations herbeuses continues et hautes, généralement riches en graminées et dépourvues d'arbre ; elles sont surtout propres aux régions à climat tempéré, mais peuvent se rencontrer sous les tropiques dans des conditions écologiques particulières (zones inondées ou marécageuses, zones d'altitude). Les pelouses sont des végétations herbeuses continues basses ou rases.

2.3.1 - Prairies des régions tempérées et pelouses montagnardes

Les superficies occupées par des prairies tempérées correspondent à de grandes régions d'élevage : le Midwest en Amérique du Nord, l'Europe centrale (carte 1). Dans certains cas, les espaces de prairie n'ont plus guère qu'une signification historique (Braque, 1988). La régression des surfaces de végétation naturelle, notamment en Amérique du Nord (grandes plaines du Midwest, entre le Canada central et le Texas), et dans les plaines russo-sibériennes de l'Ancien Monde (des Carpates à l'Ouest jusqu'au haut Amour à l'Est) est la conséquence de l'intérêt agricole des territoires initialement occupés par ces formations.

En Europe occidentale, l'utilisation extensive des prairies et pelouses, avec un faible investissement de travail, ne se rencontre guère plus que dans quelques situations de collines ou de montagnes (Pyrénées, Alpes, Ecosse).

Un schéma analogue, bien que d'avènement plus récent, peut être appliqué aux "pampas" d'Amérique du Sud (Argentine), utilisées par l'élevage nomade avant la période coloniale, puis peu à peu consacrées à l'agriculture, reléguant ainsi l'élevage extensif vers les terres marginales (UNESCO, 1972).

2.3.2 - Prairies marécageuses

Elles sont généralement dominées par des peuplements graminoides, qui peuvent atteindre 1 mètre à 1,5 mètres de hauteur au moment de la floraison. On distingue les prairies "naturelles" des prairies "artificielles" qui résultent de semis sur des sols irrigués ou dans des zones bien arrosées ; en pratique, les prairies naturelles sont bien souvent cantonnées aux abords des cours d'eau, des sources et des suintements, et occupent des surfaces très limitées.

2.3.3 - Prairies ou steppes tropicales d'altitude

A l'échelle mondiale, les prairies ou steppes tropicales d'altitude occupent de faibles superficies.

Deux cas de figure peuvent être distingués :

☐ Aux altitudes moyennes (Afrique centrale et orientale, Equateur...), la production primaire est favorisée par une humidité relative élevée pendant une grande partie de l'année, de sorte que ces zones d'altitude sont bien souvent occupées par les activités agricoles. L'élevage est généralement associé à l'agriculture (compléments fourragers), avec pour objectif la production laitière (Equateur, Colombie, Madagascar...);

☐ Aux altitudes élevées (Pérou, hauts plateaux andins), les basses températures limitent la production primaire ; les steppes d'altitude sont alors constituées d'espèces cespiteuses comme dans les régions tempérées froides, elles sont exploitées par des ovins, lamas ou alpagas, selon un schéma proche des systèmes d'élevage des régions tempérées d'altitude (estives).

2.4 - Toundras

La toundra, qui s'étend au-delà de la limite de la forêt boréale (ou taïga) dans les régions polaires arctiques, peut être considérée comme un écosystème pâturé, et répond, en ce sens, à la définition proposée pour les terres de parcours.

La limite de cette zone est faite par l'isotherme annuel 10°C. Elle passe à peu près au niveau du cercle polaire arctique, atteint 72° de latitude Nord dans la Sibérie centrale, et s'abaisse vers 53° au Labrador et en Alaska.

D'un point de vue climatique, la toundra s'étend sur des zones où les périodes sans gelées sont inférieures à trois mois, ce qui limite fortement la saison de végétation. Le sol reste gelé en profondeur (permafrost), ce qui empêche le drainage des eaux et provoque la formation de vastes marécages.

La végétation comprend des arbrisseaux nains (saules, bouleaux, Ericacées), mêlés de tourbières à sphaignes, dans la partie méridionale qui confine à la forêt boréale, pour laisser place, plus au nord, à des pelouses et tourbières à Cypéracées, puis à des tapis de mousses et de lichens qui subsistent seuls dans la partie septentrionale.

Les toundras sont utilisées depuis longtemps comme terres de parcours par des populations nomades, "*pratique qui déclinera au cours des décennies à venir en raison de la sédentarisation de nombreux nomades et de la diminution de l'utilisation des rennes*" (UNESCO, 1972). En raison du faible potentiel productif de la végétation, l'élevage des rennes ne se réalise qu'à travers des déplacements très importants des animaux, du fait de la surface nécessaire pour obtenir une alimentation satisfaisante. Malgré une remarquable capacité d'utilisation d'aliments insolites comme les lichens, les champignons, et même des petits animaux (le renne est un ongulé à régime partiellement omnivore), l'élevage des rennes tend à régresser significativement dans les zones de toundra, au profit d'un développement de plus en plus rapide d'activités touristiques, industrielles, ou de l'exploitation des ressources naturelles ou minières (UNESCO, 1972).

Ces activités constituent un facteur important vis-à-vis de l'évolution de l'écosystème "toundra", au demeurant peu stable, notamment en terme de pollution (accumulation de polluants volatiles vers les

pôles, concentration de métaux lourds et de diverses substances chimiques dans les lichens), mais aussi vis-à-vis du maintien de l'élevage des rennes (obstacles aux migrations saisonnières des animaux, qui s'effectuent généralement selon des itinéraires bien précis).

2.5 - Conclusion

Si l'on s'en tient à la définition proposée précédemment, les terres de parcours, à l'échelle de la planète, représentent des surfaces particulièrement importantes et concernent des effectifs élevés d'herbivores domestiques, au sein des deux grandes zones climatiques que sont les régions tropicales et les régions méditerranéennes.

A l'intérieur de ces deux grands ensembles climatiques, les savanes et les steppes tropicales arides et semi-arides d'une part, et les steppes méditerranéennes semi-arides, arides et désertiques d'autre part, constituent les écosystèmes les plus représentatifs des surfaces herbacées naturelles qui sont inféodées aux activités pastorales.

L'analyse qui suit sera donc effectuée principalement en référence à ces écosystèmes, répartis sur le continent africain (à l'exception des zones forestières), asiatique (notamment entre la Turquie et le Nord de l'Inde) et américain (il y a plus de 60 000 000 d'hectares de llanos, cerrados, pampas...).

Du fait de leur moindre représentativité, les autres écosystèmes des zones méditerranéennes, tempérées, et boréales (steppes continentales, prairies, toundras), ne seront pas traités de manière systématique, mais abordés à partir d'exemple ou d'étude de cas, pour illustrer certains problèmes relatifs à l'utilisation des terres de parcours par les activités d'élevage (par exemple, en matière d'occupation des sols, le maintien de l'élevage en zone marginale où il n'y a pas d'autre alternative de production, ou encore pour traiter du rôle de l'élevage vis-à-vis du maintien de la diversité biologique, etc.).

3 - RECHERCHE, DÉVELOPPEMENT, ET ÉTAT DES CONNAISSANCES : APERÇU HISTORIQUE POUR LES ZONES TROPICALES

Dans la première moitié du XXe siècle, et jusqu'aux années 60, les recherches sur les systèmes d'élevage, du moins pour le cheptel tropical, ont surtout porté sur l'amélioration des conditions sanitaires et des potentialités génétiques des troupeaux. La lutte contre les grandes épizooties, tant sur le plan de la recherche vétérinaire que de ses applications sur le terrain, fut incontestablement un succès et contribua, pour une large part, à l'impressionnante croissance numérique du cheptel tropical (Landais, 1990).

Cette croissance perdura, entre les années 1950 et 1970, en rapport avec la recherche d'une meilleure maîtrise des facteurs de production, basée notamment sur d'importants programmes d'hydraulique pastorale.

Les années 70 marquèrent un tournant dans l'évolution des stratégies de développement de l'élevage ; avec l'explosion démographique, l'accroissement des surfaces cultivées et l'augmentation des effectifs du bétail, des situations critiques apparurent au niveau de l'exploitation de la biomasse végétale, catalysées, dans les zones arides, par des épisodes récurrents de sécheresse (Vallat, 1993).

Cette période marqua l'avènement d'une "conscience écologique", qui émergea lentement à travers la mise en place de vastes programmes d'inventaire et de description des ressources naturelles (cartes mondiales des sols de la FAO, atlas climatiques de l'OMM, de l'OADA, atlas des ressources pastorales des pays sahéliens du CIRAD-EMVT...), et de réflexions vis-à-vis d'une utilisation rationnelle des

ressources (programme "Man and Biosphere" de l'UNESCO, création du Programme des Nations Unies pour l'Environnement).

Les sciences agrostologiques, zootechniques et sociologiques prirent alors une part importante dans les programmes de recherche sur les systèmes d'élevage, la première pour mieux quantifier et caractériser la ressource végétale, la deuxième pour cerner les possibilités d'amélioration de l'alimentation des animaux, et la dernière pour aménager des règles d'accès et de gestion des ressources naturelles. Parallèlement, et face à une péjoration des performances économiques du secteur élevage, de nombreuses actions de développement allaient se tourner vers la recherche d'une meilleure intégration entre les activités agricoles et pastorales.

Les sciences écologiques, pour leur part, firent leur apparition de manière importante au cours des années 80, avec pour premiers objectifs de comprendre les mécanismes de la production primaire, puis, plus récemment, ceux de la dynamique et du renouvellement de la ressource pastorale. C'est aussi pendant cette période que se sont développés, de manière significative, des projets de restauration et de réhabilitation de parcours, en liaison avec des disciplines nouvelles comme l'agroforesterie.

Du côté des producteurs, les années 80 ont vu également se renforcer les investigations des économistes, avec le double objectif de promouvoir les filières de production (création de groupements et d'associations professionnelles, de coopératives) et de rechercher une meilleure cohérence entre les impératifs des marchés régionaux et les échanges internationaux.

Au niveau des terres de parcours, les grandes phases d'investigations scientifiques correspondent assez bien aux objectifs de développement du moment :

- ❑ 1950-1970 : mise en valeur de la ressource ;
- ❑ 1970-1980 : quantification de la ressource ; mécanisme de production de la ressource ;
- ❑ 1980-1990 : mécanismes du renouvellement de la ressource ; surveillance des écosystèmes, observatoires, systèmes d'alerte.

Diverses conclusions semblent s'imposer, à l'issue de ce bref aperçu historique :

❑ A l'échelle du demi-siècle, les actions de recherche et les stratégies de développement nous donnent une lecture indirecte de l'état de la ressource, qui est passée d'un niveau **non limitant** (1950-1970), à un niveau **critique** (1970-1980), pour être considérée aujourd'hui comme étant **plus ou moins menacée**.

❑ En matière de recherche écologique sur les systèmes pâturés, les connaissances relatives aux mécanismes de production et de renouvellement de la ressource, ne portent guère que sur les **deux dernières décennies**, ce qui rend difficile les tentatives de synthèse et de modélisation à des échelles d'espace et de temps englobantes.

❑ Le développement des sciences sociologiques, depuis les années 70, a engendré une lente genèse de la perception des communautés pastorales, dont les grandes lignes, pour les deux dernières décennies, sont assez bien résumées par J. Hall (CMRADR - FAO, 1989) :

"...L'attitude générale a progressivement évolué d'une hostilité ouverte (les pasteurs n'ont aucun respect pour l'environnement, leur organisation est anarchique), à un paternalisme naïf (ils sont ignorants, le technicien doit les éduquer), puis, plus récemment, à une sorte de réalisme pragmatique (il faut les associer aux actions de développement sous peine d'échouer), pour aboutir, actuellement, à une réhabilitation

radicale du rapport des sociétés pastorales à leur milieu naturel qu'il faudrait, idéalement, intégrer à toute proposition nouvelle"...

4 - EQUILIBRE OU DESEQUILIBRE, DEGRADATION, DESERTIFICATION

Depuis plusieurs décennies maintenant, des études de botanique et de phytosociologie ont été menées dans les zones de parcours avec des méthodes relativement comparables. Les observateurs ont mis en évidence, notamment là où s'exercent de fortes contraintes climatiques ou humaines, des **évolutions** entraînant parfois des modifications considérables. Dans la même période, des fluctuations climatiques et d'importants changements de l'occupation humaine de ces régions ont été enregistrés. Les scientifiques ont alors tenté de remonter aux causes de ces évolutions et d'en expliquer les mécanismes, ce qui s'est avéré difficile en raison de la complexité des facteurs en jeu. Le but consistait à s'interroger sur la réversibilité des phénomènes et les conséquences à tirer du rôle des activités humaines qui leur sont liées. Les questions sont devenues pressantes lorsque ces évolutions sont apparues comme une menace pour les populations concernées et pour l'environnement.

La dégradation des parcours se traduit par une altération des éléments qui les constituent et des ressources qu'ils procurent. Globalement, elle représente une perte de productivité biologique ou économique. Elle est évaluée par comparaison avec les premières descriptions agrostologiques, notamment après les années 50 et aussi en référence à des critères d'appréciation. Il peut s'agir de la richesse spécifique animale et végétale, de l'importance du couvert ou de la biomasse végétale présente, de l'activité biologique de l'écosystème, de la valeur pastorale. Le **surpâturage** a généralement été invoqué comme cause principale de dégradation. En fait, d'autres causes en partagent souvent la responsabilité.

L'évolution d'un écosystème résulte de changements de l'un ou de plusieurs facteurs du milieu. Si les causes disparaissent, on peut constater un retour vers la situation initiale : il y a alors réversibilité. Mais passé un certain niveau d'altération, ce retour devient impossible ou extrêmement lent. Des schémas théoriques ont été décrits, faisant état de différentes étapes et situant les seuils au-delà desquels la dégradation est irréversible. On peut parvenir à de nouvelles communautés végétales (Friedel, 1991) qui ont leur stabilité propre (Laycock, 1991).

En régions arides et semi-arides, les chutes de pluies sont très irrégulières d'une année sur l'autre. Pour l'écologiste, ces fluctuations sont des caractéristiques naturelles. Elles contribuent même à la pression de sélection sur les êtres vivants favorables à l'évolution. Pour l'éleveur, on parle de **l'état de déséquilibre des parcours** (Behnke et Scoones, 1992). Cette notion est perçue comme telle par les pasteurs nomades qui ont basé sur elle leur mode de vie. Dans ces conditions, l'exploitation pastorale ne constitue qu'un élément supplémentaire de déséquilibre. Lorsque les conditions environnementales sont mauvaises, il y a dégradation, mais lorsqu'elles sont bonnes, on assiste à une remontée biologique (Boudet, 1977).

Amplitude de variation
des conditions écologiques

Amplitude de variation
des conditions écologiques

Figure 2 - Diagramme illustrant l'analogie de la boule et du creux pour illustrer les concepts de stabilité globale et locale d'une communauté végétale. La communauté est représentée par une boule sur une surface irrégulière qui représente l'amplitude de variation des conditions environnementales à l'intérieur de laquelle la communauté est stable. En a) la communauté est à la fois globalement et localement stable parce qu'après toute perturbation elle revient à la configuration I. En b), la communauté est localement stable mais si une perturbation dépasse une amplitude critique, elle passe le seuil A et arrive à une nouvelle configuration localement stable II (D'après C.J. Krebs 1985. Ecology, the experimental analysis of distribution and abundance. Harper and Row Publ.)

La résilience, ou pouvoir de récupération, caractérise la végétation selon sa capacité à retrouver ses caractéristiques antérieures, une fois les contraintes environnementales levées. Elle n'existe qu'en-deçà du seuil d'irréversibilité. Au-delà, **la restauration des parcours** nécessite des interventions volontaires mettant en jeu des moyens mécaniques, des ressources biologiques et des modes de gestion appropriés (Rochette, 1989).

De ces constats résulte la notion d'**état des parcours**. Elle fait référence à des stades d'évolution ou de dégradation identifiables. C'est ainsi par exemple qu'une approche opérationnelle a été mise en application en élaborant, pour chaque type de milieu d'une région, une classification simple sur des critères de photo-interprétation établis à partir des constatations du terrain (Toutain, De Wispelaere, 1978). Cela a permis de comparer les états des parcours à 20 ans d'intervalle.

L'irréversibilité de la dégradation conduit, en milieu aride et semi-aride, à la **désertification**. On considère que ce phénomène particulièrement préoccupant qui touche en premier lieu les parcours est, au moins partiellement, causé par l'homme (Nelson, 1990). Cette désertification se produit sous diverses formes : par salinisation ou par induration du sol, par érosion éolienne avec ablation et accumulation de sable, par érosion hydrique ou par aridification du milieu.

**II - ANALYSE DES INTERACTIONS DE L'ELEVAGE
AVEC LES TERRES DE PARCOURS**

1 - INTRODUCTION

Les terres de parcours regroupent une large gamme de milieux naturels qui peuvent être utilisés différemment selon la nature de la ressource, le climat, les espèces animales, les pratiques et les objectifs de production des sociétés pastorales. Du point de vue le plus général, les terres de parcours constituent la base essentielle des systèmes d'élevage extensif "à l'herbe", mais interviennent également, au moins pendant une partie de l'année, dans les systèmes d'élevage mixtes, notamment dans les zones arides méditerranéennes, les zones tropicales subhumides et les régions de montagne (pâturages saisonniers, estives...).

Quels que soient les types de pâturages et les systèmes pastoraux concernés, l'activité d'élevage, en elle-même, présente des caractéristiques communes qui tiennent au **fonctionnement** de cette activité, et qui sont basées sur des **mécanismes**, plus ou moins simples, mais qui s'appliquent aux différents systèmes et aux divers types de milieux naturels.

Les activités d'élevage, en effet, s'inscrivent, quelles que soient leurs caractéristiques, dans un cadre géographique, un espace déterminé affecté à cette activité, mais qui peut évoluer sous la contrainte d'autres types d'activités humaines. **L'occupation des sols** témoigne de ces différentes activités ; elle évolue en fonction de la dynamique interne de chaque activité humaine, mais aussi en fonction des effets, positifs ou négatifs, de l'élevage sur le milieu naturel.

D'un point de vue écologique, l'élevage des animaux domestiques repose, à la base, sur la transformation de matières organiques végétales en matières organiques animales, réalisant ainsi un flux trophique entre des producteurs primaires (les végétaux) et des consommateurs primaires (les herbivores). **L'alimentation**, fonction commune, s'il en est, aux différents types d'élevage de par le monde, peut avoir des effets différents sur le milieu naturel selon la quantité, la répartition, la fréquence ou l'intensité des prélèvements effectués, et la tolérance que montre la ressource de base vis-à-vis de ces prélèvements. Un schéma analogue, bien que légèrement simplifié, peut être avancé pour les ressources en eau, dans la mesure où **l'abreuvement**, fonction vitale de l'animal, conditionne largement les modalités d'occupation de l'espace et d'utilisation de la ressource végétale.

Ces ressources en eau et en pâturage, du fait de leur variabilité dans l'espace et dans le temps, ne deviennent accessibles aux herbivores qu'à travers des **déplacements**, qui s'inscrivent dans des cycles journaliers, saisonniers ou annuels, et qui peuvent avoir d'importantes répercussions sur la ressource primaire (piétinement, compaction du sol) et sur sa gestion (transhumance, nomadisme), mais aussi sur le devenir des produits d'élevage (transport, commercialisation), voire même sur la stabilité politique des sociétés humaines (conflits frontaliers, vols de bétail). Cette mobilité peut d'ailleurs conduire les activités d'élevage à sortir du cadre strict des terres de parcours, pour exploiter des systèmes agricoles, en posant ainsi le problème de la **fertilité** des terres et du transfert des nutriments du sol, des écosystèmes pâturés vers les agrosystèmes.

Si, de tout temps, l'homme a utilisé les herbivores domestiques pour se nourrir, **les productions animales** et leur évolution dans le temps, conditionnent aujourd'hui, en retour, le maintien des populations humaines dans les zones à vocation strictement pastorale, où les alternatives économiques sont souvent limitées. L'efficacité des productions animales, si elle est bien souvent limitée par les ressources primaires, n'en dépend pas moins des modalités de **conduite et d'exploitation** des populations d'herbivores, c'est-à-dire de l'intervention de l'homme vis-à-vis de l'encadrement des troupeaux, mais aussi de son interaction directe avec le milieu naturel (feux, émondage de ligneux...). A l'échelle de l'éleveur comme des sociétés pastorales, les décisions en matière d'utilisation ou de gestion de la ressource dépendent, en dernier lieu, des **politiques d'élevage** menées par les états (encadrement technique, aménagement du territoire, contrôle sanitaire...) ou, à des niveaux plus englobants, par des groupes d'états et des organismes internationaux (subventionnement,

marchés internationaux, politique de développement...).

L'analyse de l'impact de l'élevage sur les terres de parcours peut s'articuler autour des grands "thèmes d'impact" que sont l'occupation des sols, l'alimentation, l'abreuvement, les déplacements, la fertilité, les productions animales, la conduite et l'exploitation, et les politiques d'élevage.

Pour chaque thème d'impact, on s'efforcera de distinguer les effets positifs et négatifs des activités d'élevage sur les terres de parcours, en précisant les impacts directs et indirects, afin d'identifier des indicateurs pertinents par rapport à l'échelle d'étude considérée.

Cependant, on ne peut juger du caractère positif ou négatif d'un impact sans faire référence à un point de vue précis ou à un objectif. Un naturaliste, attaché à la protection des espèces sauvages, aura une appréciation d'un impact différente de celui de l'agronome, cherchant à optimiser un système de production agricole. Comme le rappellent Young et Solbrig (1992), le comportement humain participe à la nature. Sera donc considéré comme positif un effet qui améliore la durabilité d'un système en fonction de l'objectif envisagé, en l'occurrence un objectif productif. Il sera négatif si le système n'est pas soutenable.

2 - OCCUPATION DES SOLS

2.1 - Aspect global

A l'échelle de la planète, les grandes institutions internationales (FAO, Banque Mondiale...) proposent chaque année des données statistiques qui permettent d'évaluer comment se répartissent les terres émergées du globe au sein de quatre grands types d'occupation des sols (figure 3) :

- terres cultivées ;
- forêts et espaces boisés ;
- pâturages permanents ;
- autres.

Ces catégories sont très générales, du fait de l'échelle d'observation et de la diversité des sources utilisées.

Figure 3 - Monde : occupation des sols (WRI, 1991)

Ainsi, les "pâturages permanents" se définissent comme des terrains exploités pendant au moins cinq ans pour l'alimentation des animaux domestiques et peuvent inclure, en ce sens, les cultures fourragères et les prairies artificielles permanentes. Par ailleurs, de nombreux pays reportent

systématiquement d'une année sur l'autre, dans leurs statistiques nationales, les chiffres précédemment publiés pour la catégorie "pâturages permanents" (WRI, 1991), 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, d'après les statistiques publiées) (*ibid.*).

La correspondance entre "terres de parcours", telles qu'elles ont été définies, et "pâturages permanents", est donc loin d'être évidente. Dès lors, seuls les ordres de grandeur peuvent être intéressants à retenir, pour juger de la répartition mondiale des terres théoriquement affectées au pâturage (figure 4), et pour discerner les grandes lignes de force responsables de l'évolution de ces surfaces au cours du temps.

Figure 4 - Monde : pâturages permanents (WRI, 1991)

Ainsi, pour les deux grands réservoirs mondiaux de "pâturages" (au sens large) que sont l'Afrique et l'Asie, on note, pour la décennie 1977-1987, un flux net unidirectionnel de 3 à 5 p. 100 entre les surfaces occupées par les forêts et les pâturages permanents d'une part, et les terres cultivées et les "autres surfaces" (zones urbanisées, zones incultes, désert...) d'autre part, soit, en première approximation, entre des zones occupées en (grande) partie par des milieux naturels, vers des zones constituées majoritairement par des milieux artificiels.

La pression démographique et l'extension concomitante des surfaces cultivées sont donc les deux grandes causes d'évolution de l'occupation des sols. Dans le détail, c'est-à-dire à l'échelle des pays ou de groupes de pays (par exemple : Sahel, bassin méditerranéen), les données statistiques sont encore aujourd'hui insuffisamment précises pour fournir une indication chiffrée sur l'ampleur et la vitesse de ce phénomène.

Avec l'implantation récente de nombreux réseaux d'observation et la multiplication des programmes de surveillance des écosystèmes par imagerie satellitaire (par exemple : programmes nationaux dans divers pays du Sahel), de telles données deviendront rapidement accessibles et permettront de préciser non seulement l'ampleur des changements d'occupation des sols, mais également les causes de ces changements, en identifiant la part des pâturages permanents qui ont évolué respectivement vers :

- les terres cultivées (solde entre la mise en culture des terres pâturées et la mise en jachère des terres cultivées) ;
- les forêts et autres terrains boisés (solde entre les défrichements pour mise en pâture d'une part et le reboisement et l'embuissonnement des parcours d'autre part) ;
- les déserts et les zones incultes (solde entre la désertification des parcours et leur réhabilitation).

La mesure de ces changements d'occupation des sols, si elle ne constitue pas un indicateur de l'impact de l'élevage sur les terres de parcours, permet cependant d'apprécier l'ampleur et l'origine des transformations qui affectent les terres à vocation pastorale (voir IIIe partie : "Indicateurs de changement") ; en regard de l'importance de ces terres à l'échelle mondiale (près du quart des terres émergées du globe), ce type d'information revêt une certaine importance dans la mesure où les terrains pâturés constituent, avec les zones forestières, l'un des deux grands réservoirs de diversité, à la fois biologique, écologique et génétique, de la planète.

2.2 - Occupation des sols par les activités d'élevage : effets positifs

L'occupation des sols par les activités d'élevage peut conduire à des impacts positifs de deux types :

- impacts de type socio-économique : liés au maintien de populations humaines dans des zones où aucune autre alternative de production n'est envisageable ;
- impacts de type écologique : en utilisant les activités d'élevage extensif pour conserver des milieux écologiquement sensibles, ou présentant une faune et une flore sauvage menacées.

2.2.1 - Impacts positifs de type socio-économique

Dans de nombreuses zones marginales du globe, les contraintes climatiques (zones arides et désertiques, zones de toundra arctique), et édaphiques (sols squelettiques de montagnes, sols salés ou engorgés une partie de l'année) limitent le champ des activités humaines aux seules activités d'élevage. Celles-ci relèvent alors le plus souvent d'une exploitation du milieu de type "cueillette", en raison du faible niveau de production de la ressource dans l'espace ou dans le temps, et sont basées sur une forte mobilité des hommes et des troupeaux.

Le maintien de ces activités est souvent perçu comme une nécessité pour lutter contre la désertification humaine des régions à faible potentiel économique, en limitant ainsi l'exode rural, mais aussi en conservant sur place des sociétés au patrimoine culturel original et parfois peu connu, et des espèces ou des races animales rustiques qui peuvent présenter un intérêt génétique (race ancestrale) ou physiologique particulier (adaptation aux fortes contraintes climatiques, aux stress alimentaires...).

L'évaluation de ce phénomène reste cependant peu aisée, dans la mesure où elle dépend des caractéristiques sociales (importance de l'exode rural, taux de chômage) et économiques (demande en produits de l'élevage) de la région considérée. A une échelle locale ou régionale, la part des valeurs ajoutées liées à l'élevage, par rapport aux valeurs ajoutées liées aux autres activités (c'est-à-dire la part du PIB élevage sur le PIB total de la région concernée) peut constituer un indicateur vis-à-vis de l'opportunité de maintenir ces activités d'élevage, au demeurant peu productives, dans les zones marginales.

2.2.2 - Impacts positifs de type écologique

Dans les régions tempérées où l'élevage s'est fortement intensifié au cours de ce siècle, les pâturages naturels utilisés de manière extensive se sont considérablement raréfiés, au point que certaines espèces animales et végétales, qui étaient plus ou moins strictement inféodées à ces milieux, sont aujourd'hui menacées de disparition.

De vastes programmes de conservation ont été mis en place, notamment par la Communauté économique européenne, pour inciter les éleveurs à pérenniser leurs pratiques d'élevage extensif, et pour contribuer ainsi au maintien des espèces sauvages menacées, du moins dans certains milieux particuliers.

Les "Opérations Groupées d'Aménagement Foncier" (appelées OGAF-Environnement) peuvent être citées en exemple ; ces opérations, financées par la CEE, couvrent d'importantes surfaces de marais sur les côtes occidentales de l'Europe et consistent à subventionner les activités d'élevage extensif (faible charge animale, pas d'apport d'engrais, de labour, de nivellement ou de modification importante de la structure du sol...), pour s'opposer au développement de la maïsiculture dans les milieux humides qui présentent un patrimoine écologique élevé.

2.3 - Occupation des sols par les activités d'élevage : effets négatifs

Décriés par les uns, minimisés par les autres (voir par exemple CIPEA Actualités, 1994, n°12 (4) puis n°13 (2)), les effets négatifs de l'élevage sur l'occupation des sols concernent avant tout les problèmes de dégradation des terres de parcours et de déforestation liés à l'élevage (cf. Pierre, Toutain, Bruzon, 1994) ainsi que les pertes de biodiversité à la suite de l'ouverture, pour l'élevage, des zones à trypanosomoses.

Sur le thème de la dégradation des parcours, les estimations de l'impact de l'élevage sont d'autant moins significatives qu'elles concernent des surfaces étendues. A l'échelle mondiale, les statistiques publiées par le "World Resources Institute" (1994) avancent le chiffre de 2 000 millions d'hectares pour les surfaces de parcours qui se sont dégradées depuis 1945 (figure 5) ; 35 p. 100 des surfaces dégradées (700 millions d'hectares) seraient dues au surpâturage, les autres causes de dégradation étant "*l'introduction d'espèces exotiques, la collecte de bois de chauffe, la suppression du cycle naturel des feux, les déprédations de faune et de flore sauvages, et la mutation des terres en surfaces agricoles ou urbaines*" (WRI, 1994).

Alors que déjà à l'échelle de nombreux pays (notamment en Afrique et en Asie), les statistiques d'occupation des sols s'avèrent insuffisamment précises pour estimer l'évolution **quantitative** des pâturages permanents (cf. *supra*), on voit mal comment une appréciation **qualitative** (leur niveau de dégradation) peut être effectuée avec précision, surtout avec, à l'appui, une discrimination objective des causes de dégradation.

Aux échelles locales et régionales, le problème de la dégradation des parcours peut être approché à partir des mécanismes d'action de l'élevage sur la ressource (effets des prélèvements de biomasse, du piétinement...), qui seront développés dans les paragraphes suivants. Il convient cependant de préciser que ces mécanismes sont bien souvent complexes, et interagissent avec d'autres facteurs de dégradation, liés ou non aux activités humaines (exemple : climat) ; de ce fait, la part des activités d'élevage ne prend une réelle valeur explicative qu'à l'issue d'une validation par l'expérimentation (comparaison entre des situations pâturées et non pâturées).

Note : les pourcentages indiquent la contribution du surpâturage (overgrazing) par rapport à la surface totale dégradée

Figure 5 - Dégradation des parcours depuis 1945
(WRI, 1994)

Un second aspect négatif de l'occupation des sols par les activités d'élevage réside dans l'ouverture des zones infestées par des glossines, vecteurs des trypanosomoses. Ce sujet est depuis longtemps controversé (AITVM, 1989), les tsé-tsé étant, pour les uns, une contrainte majeure vis-à-vis du développement des économies rurales en zones humides et sub-humides d'Afrique, tandis que d'autres voient dans ces insectes la garantie d'une conservation du milieu naturel, par l'exclusion des charges animales importantes et des dégradations qui leur sont liées.

L'impact sur l'environnement de la lutte contre les tsé-tsé revêt en fait deux aspects distincts, l'un direct et l'autre indirect.

Les impacts directs résultent de l'emploi d'insecticides rémanents (D.D.T., Dieldrine, Endosulfan), qui peuvent affecter la faune sauvage non cible, soit par l'importance des doses utilisées, soit par le manque de précision dans la localisation des traitements (épandages aériens). Des effets à moyen ou long termes peuvent également se faire sentir sur la faune prédatrice à la suite d'une raréfaction d'une source principale de nourriture (50 p. 100 des espèces d'oiseaux sont insectivores dans certaines parties de l'Afrique), par bio-accumulation d'insecticides rémanents le long des chaînes alimentaires, ou encore par modifications du comportement liées aux substances chimiques.

En pratique, les stratégies de lutte contre la tsé-tsé s'orientent aujourd'hui vers des méthodes plus souples et écologiquement plus acceptables, basées sur des pièges attractifs imprégnés de substance toxique et d'attractifs olfactifs qui permettent une lutte beaucoup plus ciblée sur les glossines (Cuisance, 1992).

Les impacts indirects tiennent à la suppression du contrôle du territoire par les glossines (Jordan, 1991), les zones libérées étant bien souvent occupées massivement et sans réglementation, tant par les éleveurs que par les agriculteurs, avec les risques inhérents de surexploitation et de dégradation du milieu naturel.

Il faut noter cependant, en accord avec Cuisance (1992), que dans de nombreuses régions, *"les glossines ne sont plus un rempart contre la dégradation des milieux naturels en Afrique, car l'homme occupe de plus en plus tous les milieux, infestés ou non"*. Ainsi en Côte-d'Ivoire, des analyses rétrospectives

tendent à montrer que la lutte contre la tsé-tsé est plus un facteur secondaire, vis-à-vis des changements négatifs de l'environnement, en comparaison avec le développement social et économique général (Nagel, 1993).

3 - ALIMENTATION : EFFETS DU PRELEVEMENT DE MATIERES VEGETALES

L'alimentation des herbivores domestiques repose sur le prélèvement de matières végétales ; cet acte élémentaire peut conduire à des effets positifs sur l'environnement, lorsque le couvert végétal est jugé "indésirable", par exemple quand celui-ci constitue un combustible qui menace de brûler et provoquer de vastes incendies incontrôlés. Ce même prélèvement devient un impact négatif lorsque son intensité remet en cause les potentialités de renouvellement du couvert végétal :

- soit directement : en modifiant la composition, la structure ou la productivité des peuplements herbacés ou ligneux ;
- soit indirectement : en agissant sur les facteurs de la production primaire que sont l'eau (redistribution des eaux de surface liée à une modification du recouvrement de la végétation), le sol (dénudation des sols et sensibilisation à l'érosion) et l'air (émission de méthane), ou encore par interaction passive avec les autres consommateurs primaires (compétition avec les herbivores sauvages vis-à-vis d'une même ressource).

3.1 - Effets positifs liés aux prélèvements de matières végétales par les herbivores domestiques

A - PREVENTION DES INCENDIES

Dans certaines situations, la présence d'une biomasse herbacée importante peut constituer un facteur de risque d'incendie ; c'est le cas dans les régions à climat méditerranéen, où l'aridité et les fortes températures estivales rendent la couverture herbeuse très combustible. Dès lors, la diminution de la biomasse herbacée à la suite du pacage des animaux contribue à limiter l'occurrence des feux (Liacos, 1987), et à réduire significativement les coûts d'intervention et de prévention qui s'avèrent souvent très élevés (utilisation de moyens aériens, systèmes d'alerte, patrouille mobile...).

B - LUTTE CONTRE L'EMBOUSSAILLEMENT

Dans les régions à climax forestier, le maintien de la végétation herbacée est dû à l'action, combinée ou isolée, des trois facteurs que sont : les feux, les défrichements (effectués le plus souvent à des fins agricoles) et le pâturage. L'embroussaillage des formations herbeuses constitue un premier stade dans la dynamique forestière qui conduit à une réduction de la production d'herbe et à une modification des espèces composantes, avec souvent une chute de la qualité fourragère du milieu. Vu sous l'angle de la production animale, l'embuissonnement entraîne donc une péjoration quantitative et qualitative de l'espace pastoral.

La lutte contre l'embuissonnement peut être menée, sous certaines conditions, par l'animal lui-même ; l'acte de broutage, en effet, favorise une forte compétition dans les tout premiers centimètres au-dessus du sol, où les espèces herbacées (et les graminées en particulier) montrent des aptitudes de croissance bien supérieures aux espèces ligneuses.

Les conséquences de ce phénomène apparaissent surtout intéressantes dans les zones

frappées par une importante déprise agricole (notamment en Europe occidentale et méditerranéenne), où la seule solution actuellement retenue pour lutter contre la fermeture des paysages est l'élevage des grands herbivores (Baudry *et al.*, 1992).

Dans les zones tropicales de savanes, le rôle du bétail dans les processus d'embroussaillage dépend en grande partie de la charge animale, mais aussi des espèces d'herbivores utilisées. En comparant l'action du feu et de la pâture par les caprins dans une zone sub-humide de l'Ouganda, Sabiiti et Wein (1991) concluent que le maintien des parcours, face à un embroussaillage par des *Acacia*, passe par l'action combinée des facteurs "feux" et "pacage".

A l'inverse, lorsque la charge animale devient trop intense, la couverture herbeuse des savanes peut devenir trop faible ou discontinue pour permettre le passage du feu (insuffisance de combustible), et favoriser ainsi la dynamique forestière.

C - DYNAMIQUE DES ESPECES SOUS L'EFFET DE LA PATURE

"Est-ce que les plantes ont intérêt à être mangées ?" (Fily et Balent, 1991). Cette question provocante a été, au cours des années 80, au centre d'une polémique entre les tenants du "oui" (Owen, 1980) et ceux du "non" (Belsky, 1986). La "croissance compensatoire" des plantes sous l'effet de la pâture ("compensatory growth") a conduit divers auteurs à émettre l'hypothèse d'un effet positif des herbivores sur la croissance et la reproduction des plantes consommées (figure 6).

L'intensité du pâturage (grazing intensity) a été définie par le nombre d'herbivores,
leur biomasse ou la quantité de matière prélevée
NPP est la productivité primaire nette

Figure 6 - Courbe d'optimisation de l'herbivorie (Belsky, 1986)

La dynamique des espèces végétales, conditionnée par ces relations de mutualisme entre plantes et herbivores, favoriserait alors les espèces dont la capacité de repousse est rapide (ce qui, au demeurant, est conforme à l'objectif du "sélectionneur" !).

De nombreux arguments ont été développés en faveur de la "surcompensation" (c'est-à-dire la production d'une quantité de biomasse supérieure à celle que prélèvent les animaux), tels que la présence, dans certaines plantes, de vitamine D3, nécessaire à la croissance des animaux mais qui n'a pas de fonction connue chez les plantes, ou encore en rapport avec le rôle de la salive sur la croissance des plantes (Dyer, 1980).

Les développements les plus récents tendent à modérer ces considérations, arguant que l'analyse et la présentation des arguments autour du thème de la croissance compensatoire est, avant tout, un problème d'échelle (Brown et Allen, 1989).

D - DISSEMINATION DES SEMENCES PAR LES HERBIVORES DOMESTIQUES

La littérature abonde en exemples de dissémination favorisée par les animaux (Herrera, 1985). On distingue généralement le transport par accrochage sur la toison (ou sous les pattes) des animaux (épizoochorie), et la dissémination par consommation puis dispersion dans les déjections (endozoochorie). Dans le dernier cas, l'action des sucs digestifs lors du transit intestinal a pour effet d'attaquer les enveloppes protectrices des semences, et peut favoriser leur germination dans le cas des espèces à graines dures, comme par exemple la plupart des espèces d'*Acacia*.

3.2 - Effets négatifs liés aux prélèvements de matières végétales par les herbivores domestiques

3.2.1 - Impacts directs

Les prélèvements de matière végétale par les herbivores peuvent entraîner des modifications dans la **composition** spécifique des parcours (disparition, apparition, régression d'espèces), dans leur **structure**, à la fois verticale (relation entre les strates ligneuses et herbacées) ou horizontale (répartition spatiale des plages enherbées), dans leur production (phytomasse aérienne et souterraine) et dans leur dynamique (reconstitution du couvert végétal).

A - IMPACTS SUR LA COMPOSITION SPECIFIQUE DES TERRES DE PARCOURS

Dans les écosystèmes pâturés, les inter-relations dynamiques entre les ressources végétales et les herbivores constituent un facteur primordial vis-à-vis de la composition spécifique du tapis végétal. Dans le cas d'une pression de pâturage modérée, on a vu précédemment (chapitre II.312B "Dynamique des espèces sous l'effet de la pâture") que le broutage tendait à favoriser les espèces repoussant rapidement qui, en retour, amélioraient les disponibilités fourragères pour les animaux d'élevage. Une sorte d'équilibre dynamique peut alors s'instaurer entre l'herbe et l'animal, où chacun tire profit de la situation d'exploitation.

Lorsque la pression de pâturage diminue, le rôle de l'animal, en tant que facteur de sélection des espèces végétales, devient non significatif, et la composition spécifique des parcours tend alors vers une situation climacique, c'est-à-dire vers un équilibre sol-végétation-climat.

A l'inverse, lorsque la pression de pâturage augmente, les espèces non consommées deviennent de meilleurs compétiteurs par rapport aux espèces fourragères et tendent à les supplanter. Il en résulte une chute de l'intérêt pastoral du milieu, qui peut conduire à un abandon de l'exploitation

lorsque les animaux ont la possibilité d'émigrer. Quand cette dernière condition n'est pas remplie (maintien des animaux), le stade dynamique suivant conduit à une raréfaction du couvert végétal avec augmentation des surfaces dénudées, et apparition d'espèces "pionnières", aptes à recoloniser rapidement le sol (espèces à cycle court), à chaque nouvelle période de croissance.

Ce schéma dynamique général souffre, bien sûr, de nombreuses exceptions ; il permet cependant d'avancer quelques notions indicatrices sur l'état des terres de parcours (vues sous l'angle de leur composition spécifique), en rapport avec leur utilisation par les herbivores, notamment :

- le nombre d'espèces présentant un intérêt fourrager au sein d'un parcours : ce nombre tend à diminuer lorsque l'on passe d'une exploitation modérée à une surexploitation ;
- le spectre biologique, en particulier la proportion entre espèces herbacées vivaces (surtout hémicryptophytes) et annuelles (thérophytes) ;
- la longueur du cycle végétatif, pour un type biologique donné (thérophytes en particulier) ou la tendance au remplacement des espèces à cycle long par des espèces à cycle court ;
- la morphologie des plantes, et en particulier la proportion d'espèces présentant des structures vulnérantes ;
- la composition biochimique des plantes, dans la mesure où une forte intensité de pâture peut contre-sélectionner les espèces à faible teneur en azote, forte teneur en lignine, ou comprenant des métabolites secondaires préjudiciables aux herbivores.

B - IMPACTS SUR LA STRUCTURE DES TERRES DE PARCOURS

On distingue généralement la structure verticale de la végétation, qui correspond à l'étagement en hauteur des différentes strates, et la structure horizontale qui témoigne de l'agencement dans l'espace des plages de végétation.

En terme de structure verticale, les relations entre les strates ligneuses et herbacées ont déjà été évoquées précédemment (chapitre II.312.A "Lutte contre l'embroussaillage").

L'impact des herbivores domestiques sur les peuplements ligneux a surtout été étudié dans le cas des végétations steppiques tropicales et méditerranéennes. L'évaluation des effets du broutage est difficile à préciser, les mêmes causes pouvant avoir des effets radicalement opposés (figure 7). Par ailleurs, le dépérissement des ligneux en zone steppique est étroitement corrélé aux périodes de déficits hydriques prolongés, qui résultent des épisodes de sécheresse ; l'impact de l'animal est donc d'autant plus fort lorsque les conditions climatiques sont draconiennes. De plus, par leur rôle de maintien du sol, mais aussi par la rugosité qu'ils impriment aux paysages, les arbres contribuent à limiter les forces érosives hydriques et éoliennes, de sorte qu'une réduction importante des peuplements ligneux favorise la régression des peuplements restants.

L'évolution du recouvrement de la strate ligneuse dans le temps (mesurée par projection au sol

des couronnes des arbres) fournit une bonne indication sur la structure des terres de parcours, mais ne constitue pas une information discriminante par rapport au rôle de l'élevage dans ce processus.

Figure 7 - Impact of browsing on tree and shrub population and productivity (Hiernaux, 1993)

(Impact du broutage sur les peuplements d'arbres et arbustes et sur leur productivité)

En terme de structure horizontale, l'évolution des terres de parcours peut être fortement marquée, notamment dans les zones arides et semi-arides, par une contraction de la végétation qui se concentre dans les parties basses plus humides, tandis que les pentes et les parties hautes se dénudent. Là encore, la part de l'élevage dans ce processus est difficile à estimer, car elle s'ajoute aux effets des pratiques agricoles (défrichage des pentes, labour avec sillons dans le sens de la pente) et à ceux du climat (déperissement des peuplements par stress hydriques).

A une échelle plus fine, ce phénomène de contraction peut être observé au sein de certains pâturages nord-sahéliens, où la végétation herbacée tend à se répartir en plages plus ou moins concentriques en fonction de la microtopographie (Carrière, 1989) avec, dans chaque plage, une ou parfois deux espèces dominantes. Cette organisation du pâturage en "mosaïque" traduit une sorte de repli des espèces végétales vers des micro-habitats particuliers, qui correspondent à leur optimum écologique.

Un autre aspect de la structure des terres de parcours est celui de l'homogénéisation de la végétation, qui peut être liée au tallage des graminées sous l'effet de la dent de l'animal. Sur une surface donnée, l'émission d'innovations végétatives après broutage conduit une même plante à occuper un espace plus grand, et par conséquent à limiter les probabilités d'implantation pour les autres espèces. A une échelle très locale, sur le terrain, cet impact peut être estimé à partir de l'intensité de tallage, c'est-à-dire du nombre de tiges par plante, ou du nombre de plantes par unité de surface. Pour des territoires

plus étendus, la richesse aérale (nombre d'espèces par unité de surface) peut également fournir une indication sur ce phénomène, lorsqu'il s'agit de comparer des parcours de même nature en situation pâturée et non pâturée, ou supportant des charges animales très différentes.

C - IMPACTS SUR LA PRODUCTION DES TERRES DE PARCOURS

Le prélèvement d'herbe par les animaux domestiques peut conduire à une stimulation de la croissance en favorisant une repousse des parties aériennes (voir chapitre II.312B "Dynamique des espèces sous l'effet de la pâture"). La nouvelle production obtenue peut cependant résulter d'une redistribution des assimilats entre les parties souterraines et aériennes de la plante. Des expériences de coupes répétées sur des graminées vivaces de savane, ont montré un rapide épuisement du système racinaire sous l'effet d'un rythme d'exploitation soutenu (César, 1989).

Les graminées de savane, qui sont bien adaptées aux contraintes majeures du milieu tropical que sont la saison sèche et les feux de brousse, ne sont pas, de par leur nature, adaptées au broutage (*Ibid.*).

D - IMPACTS SUR LA DYNAMIQUE DES TERRES DE PARCOURS

Le problème du renouvellement de la ressource végétale, sous l'exploitation des herbivores, peut être posé en ces termes :

Quelle part de la production primaire les animaux peuvent-ils prélever sans affecter la capacité de renouvellement du couvert végétal ?

Pour répondre à cette question, il faut connaître la part de la production primaire qu'il est nécessaire de conserver pour :

- maintenir une surface de tissus chlorophylliens suffisante pour assurer la synthèse des organes de reproduction pendant la saison de croissance ;
- maintenir les organes de reproduction (souches, stock semencier) entre deux périodes de croissance.

Concernant le premier point, la synthèse des organes de reproduction est quelque peu différente dans le cas d'une végétation à base d'annuelles (production de semences), ou à base de vivaces (production de souches).

On n'a, en fait, aucune donnée précise scientifiquement établie sur ce sujet ; les seules estimations disponibles, à petite échelle, ont été obtenues empiriquement, en comparant la part de la phytomasse consommée en période de croissance, par rapport à la phytomasse maximale potentielle, et en évaluant parallèlement l'état général de la ressource après exploitation. Ainsi, Le Houerou et Hoste (1977) proposent, pour les régions sahéliennes et soudaniennes d'Afrique, un taux d'utilisation pendant la période de croissance (saison des pluies) de 17,5 p. 100, ce qui correspondrait, "en accord avec la plupart des spécialistes pour les régions concernées, à une exploitation modérément conservatrice" (*Ibid.*).

Dans le cas des parcours composés d'espèces annuelles, des recherches ponctuelles effectuées sur le renouvellement du stock semencier du sol (Carrière, 1989), tendent à indiquer, pour des pâturages nord-sahéliens d'Afrique, qu'une proportion de 10 à 20 p. 100 du nombre de plantes par unité de surface serait suffisante pour assurer la reconstitution du couvert herbacé, sur la base du nombre de semences produites.

En l'état actuel des connaissances, aucune synthèse ne peut être envisagée sur ce sujet à l'échelle des grands types de parcours, et encore moins à une échelle globale. On peut cependant retenir que l'exploitation des parcours pendant la période de croissance de la végétation, si elle ne semble pas préjudiciable par rapport au renouvellement de la couverture végétale, n'en reste pas moins déterminante vis-à-vis de l'évolution qualitative des pâturages, en favorisant certaines espèces au détriment d'autres (cf. chapitre II.321A "Impact sur la composition des parcours").

Concernant le maintien des organes de reproduction en dehors de la période de croissance, le problème se pose en termes différents selon les grands types de parcours (végétation à base d'annuelles ou de vivaces).

Dans le cas des savanes tropicales constituées de graminées vivaces, parler de la part de la biomasse qui est consommée pendant la saison sèche a peu de sens, dans la mesure où la majeure partie de cette biomasse est brûlée chaque année. Les prélèvements des herbivores sont effectués sur les repousses après le passage des feux, repousses de forte valeur nutritive en raison de leur teneur élevée en azote. Dès lors, le problème du renouvellement du couvert végétal pour les graminées de savane se pose plus en terme de bilan minéral, du fait de l'exportation des nutriments sous l'effet de la pâture, qu'en terme de conservation de la phytomasse sur pied. Dans ce cas, les indicateurs de dégradation portent avant tout sur la composition spécifique des parcours, et en particulier sur le remplacement des graminées vivaces par des graminées annuelles, plus tolérantes vis-à-vis des ressources minérales du sol.

Dans le cas des végétations steppiques tropicales et méditerranéennes, le problème de l'utilisation de la biomasse pendant la saison sèche a surtout été abordé dans une optique de production animale ; la question posée était alors : quelle est la quantité de biomasse nécessaire à l'entretien des animaux pendant la saison sèche ?

On dispose, à ce sujet, d'informations relativement précises, basées sur le fait que la capacité d'ingestion quotidienne d'un animal correspond à environ 2,5 p. 100, en matières sèches, de son poids vif, soit :

- pour une "Unité Bétail Tropicale" (UBT), équivalente à un bovin de 250 kg à l'entretien (Boudet, 1984) : 6,25 kg de matières sèches par jour ou 2,3 tonnes par an ;
- pour une "Livestock Standart Unit" (LSU), définie pour l'Afrique de l'Est comme un animal de 1 000 livres (454 kg) : 11,35 kg de matières sèches par jour ou 4,15 tonnes par an.

Divers auteurs se sont ensuite attachés à connaître la part de la production primaire qui était accessible aux animaux, déduction faite des pertes par piétinement, par décomposition naturelle, ou par prélèvement par la faune sauvage (insectes, oiseaux, mammifères).

Les coefficients d'utilisation qui ont été publiés se rapportent à la biomasse aérienne maximale, c'est-à-dire à la production d'herbe mesurée en fin de période de croissance, et correspondent aux ordres de grandeur suivants :

Région/ Type de parcours	Part de la biomasse maximale consommable par les animaux	Auteurs
-----------------------------	--	---------

. Steppe sahélo-soudanienne	33 à 40 p. 100	Le Houérou et Hoste, 1977 ; Boudet, 1984 ; Bille, 1976 ; Toutain et Lhoste, 1978.
. Zone méditerranéenne	25 p. 100	Le Houérou et Hoste, 1977.
. Prairie tropicale d'altitude	30 à 45 p. 100	Cossins et Upton, 1987 ; Van Wijngaarden, 1985.
. Prairie tempérée (Amérique du Nord)	40 à 60 p. 100	National Handbook for range & related grazing land, 1967.

Ces normes d'utilisation de la biomasse n'ont pas été établies, au départ, dans le but de connaître la part de la phytomasse à préserver pour assurer la reconstitution de la ressource. Néanmoins, la plupart des auteurs cités précédemment précisent qu'au-delà de ces normes, des signes de dégradation deviennent visibles sur les pâturages. Ces normes peuvent donc constituer des **indicateurs empiriques** d'utilisation critique des parcours, dans le sens où une exploitation de la biomasse à un taux supérieur, conduit bien souvent à une dégradation des pâturages et peut donc affecter leur reconstitution.

Dans le cas des pâturages sahéliens, des normes d'utilisation de la biomasse, comparables à celles citées précédemment (environ $\frac{1}{2}$ de la phytomasse maximale) ont été obtenues en comparant des situations pâturées et hors pâture, et en évaluant la part de la biomasse qui résulte d'une dégradation "naturelle" (Bille, 1976), c'est-à-dire des prélèvements par les consommateurs primaires (non domestiques) et les détritivores.

Des résultats analogues ont également été obtenus en évaluant la quantité d'azote qu'il est possible de prélever sans affecter la production d'herbe (Penning De Vries et Djiteye, 1982).

Connaissant les besoins en matière sèche des animaux (2,3 tonnes par UBT et par an) et la part de la biomasse qui est consommable par les animaux (par exemple : $\frac{1}{2}$ pour les steppes sahéliennes), on peut évaluer, sur la base de la production primaire maximale des parcours et du nombre d'animaux qui les exploite, un **coefficient d'utilisation réel**, qui correspond au rapport entre la quantité d'herbe consommée et la quantité d'herbe consommable. Moyennant certaines hypothèses (nombre d'animaux constant pendant la période considérée), ce coefficient pourra être jugé critique lorsqu'il atteint les normes empiriques d'exploitation mentionnées précédemment, et employé comme indicateur de risque, ou mis en relation avec des cartes de dégradation des parcours.

3.2.2 - Impacts indirects des prélèvements des matières végétales

Sont considérés ici les impacts des prélèvements de matières végétales sur les facteurs de la production primaire (l'eau, le sol, l'air) et sur la production secondaire des parcours (faune sauvage).

A - IMPACTS SUR LES RESSOURCES EN EAU

Lorsque la couverture végétale du sol régresse, l'interception des eaux de pluies diminue dans des proportions importantes ; le ruissellement tend à augmenter, tandis que le drainage vertical

diminue. Il en résulte une concentration des apports d'eaux pluviales vers les points bas, qui, en retour, favorise la production végétale en bas de pente et limite celle des sommets et des pentes. Il peut aussi engendrer des ravinements très importants.

Là encore, la part des différentes causes impliquées dans ce phénomène (l'aridification climatique, l'agriculture, l'élevage) est difficile à évaluer, dans la mesure où ces causes interagissent entre elles (l'extension des cultures aboutit à une concentration des animaux sur un territoire plus petit, qui se dégrade d'autant plus vite que les précipitations sont déficitaires).

B - IMPACTS SUR LES SOLS

Le rôle de la végétation sur la conservation des sols est bien connu ; les racines assurent le maintien des particules du sol et améliorent la porosité, ce qui augmente l'infiltration et réduit le ruissellement ; la matière organique végétale, en se décomposant (humus), améliore la structure du sol et sa cohésion, et la couverture végétale, en empêchant la pluie de tomber directement sur le sol, élimine l'effet "splash" qui est à l'origine de l'érosion (CTFT, 1979).

Comme précédemment, le rôle de l'élevage dans le processus de dénudation des sols ne peut être établi avec précision. La comparaison des pratiques agricoles et pastorales tend cependant à minimiser le rôle de l'animal, qui coupe l'herbe à une certaine hauteur, en épargnant les parties basses et les racines, tandis qu'une mise en culture du sol implique une déstructuration de l'horizon superficiel et l'élimination totale de la végétation herbacée. De plus, dans certaines zones semi-arides comme, par exemple, au Niger, la mise en culture est souvent effectuée de manière systématique, sur des terrains déjà peu productifs, où les probabilités de récolte sont, au mieux, d'une année sur cinq (Bonfils, 1988).

Quoi qu'il en soit, le suivi de l'état des sols, et en particulier de l'extension des surfaces dénudées, constitue un indicateur important vis-à-vis du niveau de dégradation des terres de parcours. A un niveau régional, les mesures d'albédo du sol sont intéressantes à retenir, car elles sont relativement accessibles par le biais de l'imagerie satellitaire ; elles peuvent, par ailleurs, être utilisées dans des modèles de circulation générale de l'atmosphère, pour simuler les conséquences de la dénudation des sols sur les modifications de la pluviométrie (voir par exemple Charney *et al.*, 1977 ; Picon, 1983).

C - IMPACTS DE L'ALIMENTATION DES RUMINANTS SUR LA COMPOSITION GAZEUSE DE L'ATMOSPHERE

Lors de la digestion des aliments par les ruminants, une partie des produits terminaux de la fermentation ruminale est constituée de méthane et de gaz carbonique, rejetés à l'extérieur par éructation.

Le méthane est un gaz à effet de serre important, puisqu'on considère qu'il est actuellement responsable de 19 p. 100 de l'effet total (Dunglas, 1993). Des différences importantes existent entre les espèces (75 p. 100 des émissions dues au bétail proviendraient des bovins), et entre les pays développés et en développement (Miran, 1993).

Les évaluations de quantités de méthane émis par les herbivores varient selon les auteurs. Peyre de Fabrègues avance le chiffre de 90,9 millions de tonnes (tableaux I et II). Pour Muller

(communication personnelle), l'émission de méthane par les grands herbivores représente 75 millions de tonnes par an sur un total de 505 millions de tonnes produits (soit environ 15 p. 100). La participation des ruminants domestiques ne représente que la moitié de cette production.

Depuis le début des années 1990, la concentration en méthane de l'atmosphère a été stabilisée. La tendance à la baisse et le fait que la concentration de méthane soit plus faible de 30 p. 100 dans l'hémisphère nord par rapport à l'hémisphère sud montrent que le bétail ne contribue pas de façon considérable à cette production. En revanche, il convient de porter attention aux émissions d'ammoniac qui seraient causées à 78 p. 100 par l'agriculture et l'élevage.

Tableaux I et II (Peyre de Fabrègues, 1993)

D - IMPACTS SUR LA PRODUCTION SECONDAIRE DES PARCOURS (FAUNE SAUVAGE)

Lorsque les prélèvements de matières végétales par les herbivores domestiques sont importants, des situations de concurrence avec les herbivores sauvages, vis-à-vis d'une même ressource, peuvent contribuer à limiter les effectifs de la faune sauvage. Le niveau trophique de la ressource, en effet, est considéré par de nombreux auteurs comme un facteur déterminant vis-à-vis de la dynamique des populations d'herbivores sauvages (Sinclair, 1975 ; Walker *et al.*, 1987). Certains auteurs ont même suggéré que la relative pauvreté de l'Afrique de l'Ouest en grands mammifères sauvages était une conséquence de l'extension historique du pastoralisme (Jewell, 1980).

Des études comparatives sur la nutrition des herbivores sauvages et domestiques, exploitant un même milieu, tendent cependant à modérer ce point de vue ; le recouvrement des niches alimentaires ("diet overlap") est limité (figure 8), du fait d'une utilisation inégale des habitats, dans

l'espace et dans le temps, d'un comportement social différent entre ongulés sauvages et domestiques (Schwartz et Ellis, 1981) et d'une adaptation des régimes alimentaires liés à ce voisinage (Fritz, 1994). Dans certains cas, le développement de l'élevage a entraîné la régression spectaculaire des populations d'ongulés sauvages.

Recouvrement des niches alimentaires comparant a) des ongulés selon leur taille
 (- - - bovins - moutons ; ---- antilope pronghorn - bison) et b) espèces sauvages et domestiques
 (- - - bison - bovin ; ---- pronghorn - mouton)

Figure 8 (Schwartz & Ellis, 1981)

4 - ABREUVEMENT

Il s'agit ici d'évaluer les impacts, directs ou indirects, de l'utilisation des ressources en eau par le bétail. Les effets directs résultent de la consommation d'eau pour l'abreuvement, qui peut modifier quantitativement les ressources en eau locales, ou affecter leur qualité (pollution de l'eau). Les impacts indirects sont liés à l'exploitation par le bétail des sites d'abreuvement (auréole de dégradation, interaction avec la flore et la faune liées aux milieux humides), et à l'aménagement du territoire, lorsqu'il vise à modifier la répartition originelle des points d'eau (programmes d'hydraulique pastorale). Dans ce dernier cas, on peut distinguer des effets positifs, du point de vue des productions animales, du développement des activités économiques ou de l'environnement sanitaire des populations humaines, et négatifs, du fait des modifications des règles d'utilisation du milieu naturel (ouverture de nouveaux parcours, modifications des circuits de transhumance..).

4.1 - Effets positifs

En théorie, les stratégies modernes pour lutter contre les pénuries d'eau dans les zones sèches reposent sur deux principes (Sandford, 1989) :

- Augmenter la densité spatiale des points d'eau, afin de réduire les dépenses d'énergie liées à la marche, et utiliser les espèces, races et types d'animaux, choisis sur la base de leur productivité et non en fonction de leur résistance à la soif.
- S'appuyer sur la densité des points d'eau, sur leur localisation et sur leurs périodes d'ouverture et de fermeture, pour contrôler l'intensité, l'uniformité spatiale, et le moment du

pâturage, en vue d'optimiser la production des parcours.

Sans développer en détail les effets des politiques d'hydraulique pastorale menées depuis le milieu du siècle (voir chapitre II.9 "Politiques d'élevage"), il est certain que l'aménagement hydraulique du territoire, dans les zones sèches, a eu d'importantes conséquences sur l'environnement sanitaire, social et économique des populations humaines concernées. Dans de nombreux cas, les points d'eau modernes, à vocation pastorale, sont récupérés, au bout d'un certain temps, comme bases initiales d'implantation humaine, qui bénéficient alors de ressources en eau de qualité.

4.2 - Effets négatifs

4.2.1 - Impacts directs de l'abreuvement sur les ressources en eau

D'après les chiffres publiés par Nicholson (1985), on peut estimer à 6 - 18 mètres cubes par Unité Bétail Tropical et par an la consommation d'eau moyenne d'un animal élevé en zone aride ou semi-aride.

Reportée, par exemple, aux effectifs nationaux du cheptel pour des états sahéliers d'Afrique (environ 4 millions de têtes au Tchad ou au Burkina Faso), la consommation d'eau du bétail, à l'échelle de ces pays, atteint 24 - 72 millions de mètres cubes par an ; ceci équivaut, compte tenu des précipitations annuelles de ces zones qui sont de l'ordre de 500 mm/an, à l'eau de pluie reçue sur une surface de 50 à 150 km².

Cette disproportion importante entre la consommation d'eau par le bétail, d'une part, et les quantités d'eau reçues (ou perdues par évaporation) d'autre part, tend à minimiser le rôle de l'élevage vis-à-vis d'une éventuelle dégradation quantitative des ressources en eau.

C'est plus en terme de qualité que de quantité d'eau prélevée que se raisonnent ces impacts directs.

Les problèmes de pollution de l'eau par les activités d'élevage affectent principalement les ressources en eau de surface, et peuvent être de trois types :

- Eutrophisation des mares temporaires ou permanentes, résultant du stationnement du bétail à proximité de la mare ; les déjections animales ont alors tendance à s'accumuler vers le centre de la dépression, ce qui peut poser un problème sanitaire lorsque le point d'eau est utilisé conjointement par l'homme et par l'animal (Carrière, 1990).
- Pollution chimique des eaux de surface, liée aux insecticides (glossines) et acaricides (tiques) employés en élevage qui s'ajoute aux conséquences des démoustications ou des traitements agricoles.
- Pollution microbienne ou parasitaire par des agents pathogènes susceptibles d'infecter indifféremment l'homme ou les animaux.

Sur ces thèmes, dans les pays en développement, force est de constater qu'il existe aujourd'hui très peu de données chiffrées, les problèmes de gestion des ressources en eau ayant toujours été raisonnés en terme de quantité plutôt que de qualité des eaux.

Des mesures relativement simples (dureté de l'eau, recherche de germes), mises en parallèles avec des niveaux différents de fréquentation animale sur les points d'eau de surface, permettraient, à court terme, de disposer d'indicateurs pertinents par rapport à ce type d'impact.

4.2.2 - Impacts indirects de l'élevage sur les ressources en eau

Les impacts des politiques d'hydraulique pastorale, qui ont fait couler beaucoup d'encre, seront traités plus loin (chapitre II.9 "Politiques d'élevage"). Les impacts indirects envisagés ici portent sur :

- la dégradation des sites d'abreuvement ;
- les conséquences de l'utilisation des sites d'abreuvement sur la flore et la faune inféodées aux milieux humides ou aquatiques.

Dans les zones arides et semi-arides, l'abreuvement des animaux est généralement un facteur limitant pour l'élevage ; des troupeaux nombreux sont amenés à converger, pendant la saison sèche, vers un petit nombre de points d'eau, ce qui provoque une dégradation "en auréole" autour des sites d'abreuvement.

Les effets de ces concentrations animales sur le sol et sur la végétation ont été étudiés par de nombreux auteurs (Poissonet *et al.*, 1992). Dans l'ensemble, les résultats de ces études sont assez homogènes, quelles que soient les méthodes employées (analyse de la composition floristique, du recouvrement de la végétation, de la production primaire, de l'état des sols...) ; ils montrent une dégradation importante du milieu dans un rayon d'environ 2 à 4 km autour du point d'eau, dégradation qui s'estompe entre 4 et 8 km, pour devenir négligeable au-delà d'une dizaine de kilomètres (le facteur limitant est alors la distance que doivent parcourir les animaux pour aller boire).

Cette dégradation en auréole des sites d'abreuvement, même si elle est bien souvent spectaculaire, ne concerne, en définitive, que des surfaces relativement limitées dans l'espace.

L'utilisation des sites d'abreuvement par le bétail peut également avoir des incidences sur les groupes floristiques et faunistiques qui sont inféodés, pour leur alimentation ou leur reproduction, aux milieux aquatiques ou semi-aquatiques.

Une récente prise de conscience des organismes de recherche et de développement, vis-à-vis de l'intérêt biologique et écologique des milieux humides (zones à forte productivité biologique et à forte diversité spécifique) conduit aujourd'hui à s'interroger sur le devenir de ces milieux, qui sont des sites privilégiés lors de l'extension des activités humaines (les milieux à forte productivité biologique sont bien sûr des milieux à forte productivité agricole).

D'importants programmes d'inventaires ont d'ores et déjà été mis en place (de Beaufort, 1986, pour l'Afrique), les premières conclusions de ces travaux étant que ces milieux fragiles et spécialisés voient "leur équilibre menacé dans la plupart des pays du monde" (Czakowski, 1986).

Le rôle de l'élevage dans l'altération de ces milieux est sans doute peu significatif, par rapport aux vastes surfaces occupées, ou modifiées, par l'emprise des activités agricoles (drainage, irrigation, riziculture...). Le manque de données concrètes, notamment pour les écosystèmes humides tropicaux, rend cependant difficile l'appréciation de l'impact des activités d'élevage sur ces milieux particuliers.

La création de points d'eau artificiels, ainsi que la transformation du tapis graminéen par le broutage du bétail ont amélioré et étendu les biotopes à Quelea, ce qui a contribué à l'accroissement des dommages qu'ils causent aux cultures (Peveling, 1990).

5 - DEPLACEMENTS

Le problème des déplacements des animaux, et des hommes qui les encadrent, conduit à analyser deux types d'impacts très différents :

- l'un direct, la notion d'impact étant prise dans son acception première, c'est-à-dire en terme d'empreintes et de pressions exercées sur le sol par les sabots des animaux (thème "**piétinement**");
- l'autre indirect, lié à la **mobilité des troupeaux** et à ses conséquences sur l'utilisation et la gestion des parcours, mais aussi sur la commercialisation des produits de l'élevage, ou encore sur le transport des hommes ou des marchandises.

5.1 - Piétinement

Les effets du piétinement par le bétail portent à la fois sur la végétation et sur le sol. Dans le premier cas, l'impact des sabots est particulièrement difficile à évaluer, car on peut y voir des effets positifs et négatifs très divers sur la végétation, comme le montrent les exemples suivants :

5.1.1 - Effets positifs

Le piétinement favorise :

- le tallage des graminées ;
- la dissémination de nombreuses plantes, par fragmentation des souches ou des rhizomes ;
- la dispersion des semences (par adhésion sur le pelage ou sous les sabots) et leur germination (par rupture des téguments pour les graines dures) ;
- l'incorporation de la matière organique au sol, par fragmentation.

5.1.2 - Effets négatifs

Le piétinement réduit :

- la biomasse sur pied en brisant les chaumes desséchés, ce qui augmente la surface de sol dénudé et favorise l'érosion ;
- la photosynthèse des plantes en déchirant et en écrasant les tissus foliaires ;

- ❑ les stocks semenciers des sols, par concassage des graines.

De plus, ces effets, positifs ou négatifs, s'exercent différemment selon le type de végétation (espèces vivaces ou annuelles, à forte ou faible capacité de tallage, à port dressé ou prostré, à graines dures ou à graines tendres...), le type de milieu (à longue ou courte saison sèche, avec dans chaque cas un développement phénologique de la végétation différent) et, bien sûr, le type d'animaux (ovins, caprins, bovins ou camelins).

Autant dire, dans ces conditions, qu'un bilan des effets du piétinement sur la végétation, à des niveaux un tant soit peu englobants, est une opération quelque peu téméraire.

Au niveau des sols, une approche plus pragmatique des effets du piétinement peut être envisagée :

Sachant que la surface d'un sabot est d'environ 30 cm² pour un bovin (estimée d'après Bang et Dahlstrom, 1991) et qu'en élevage extensif, un animal parcourt aisément 5 km par jour, à raison d'environ un pas par mètre, on obtient une **surface piétinée** par animal et par an de l'ordre de 22 000 m². En reprenant les exemples cités précédemment (Burkina Faso et Tchad), qui comptent chacun à peu près 4 millions de têtes de bétail, la surface piétinée annuellement correspond à :

- ❑ 32 p. 100 de la surface totale du pays, et 88 p. 100 de la surface des pâturages permanents pour le Burkina Faso ;
- ❑ 7 p. 100 de la surface totale du pays, et 20 p. 100 de la surface des pâturages permanents pour le Tchad.
- ❑ ou encore, pour l'ensemble du continent africain : 12 p. 100 de la surface totale du continent, et 49 p. 100 de la surface des pâturages permanents (calculé d'après les données FAO, 1994).

Ces diverses estimations ne traduisent pas directement l'effet du piétinement sur le sol, mais permettent cependant d'approcher l'ordre de grandeur du phénomène qui, de prime abord, ne semble pas négligeable.

L'impact du piétinement sur le sol résulte, en grande partie, du passage répétitif des animaux sur une même surface (piste à bétail par exemple) ; la surface piétinée, telle qu'elle a été calculée, ne fournit donc qu'une indication globale, et ne peut rendre compte des situations locales, qui dépendent avant tout des modalités de circulation des animaux. Dans certains systèmes mixtes tropicaux d'altitude, par exemple, l'accès au pâturage s'effectue par des sentiers, entre les parcelles cultivées ; à la suite du passage répété des animaux, ces sentiers constituent des chenaux d'écoulement privilégiés lors des fortes pluies, d'où une importante érosion des sols.

En pratique, l'impact des sabots correspond à une pression sur le sol estimée habituellement à 0,7 - 0,9 kg/cm² pour les ovins et 1,3 - 2,8 kg/cm² pour les bovins (Humphreys, 1991) ; cette pression provoque un tassement de l'horizon superficiel du sol, que l'on peut mesurer par la diminution de la **porosité** ou, de manière équivalente, par l'augmentation de la **densité apparente**. Ces mesures peuvent constituer des indicateurs d'impact, par rapport au piétinement, lorsqu'elles sont mises en relation avec des charges animales d'importance variable (voir figure 9 à titre d'exemple).

Effet du chargement de 2 prairies (proches de Mackay, Queensland)
sur la densité apparente du sol, l'une associant graminées et légumineuses,
l'autre comprenant des graminées recevant une fertilisation azotée composée

Figure 9 (Humphreys, 1991)

5.2 - Mobilité des troupeaux

L'espace pastoral, support des activités d'élevage, ne peut se définir, en pratique, qu'en prenant en compte les déplacements des animaux (un espace n'est réellement "pastoral" que s'il est utilisé par l'animal).

En terme d'impact sur le milieu naturel, la mobilité des troupeaux apparaît comme un élément essentiel vis-à-vis de la gestion et de la conservation des ressources végétales ; elle est également un élément-clé pour la commercialisation des produits de l'élevage et pour le transport des hommes et des marchandises (effets positifs).

Cette mobilité, à l'inverse, est parfois à la base de conflits sociaux, qui résultent de l'interaction entre un espace pastoral aux limites imprécises et fluctuantes, à la fois dans l'espace et dans le temps, avec des territoires administratifs aux contours durables et établis avec exactitude (effets négatifs).

5.2.1 - Effets positifs

A - LA MOBILITE DES TROUPEAUX COMME FACTEUR DE GESTION ET DE CONSERVATION DES PARCOURS

De longue date, la mobilité des troupeaux a été une condition *sine qua non* de l'utilisation des

ressources fourragères naturelles, celles-ci étant distribuées de façon très hétérogène dans l'espace (du fait, par exemple, de l'irrégularité des précipitations en zones arides et semi-arides) ou dans le temps (dégel ou déneigement progressif des sols de toundra ou des prairies d'altitude).

Ces déplacements peuvent présenter un rythme saisonnier plus ou moins marqué ; on parle alors de "transhumance", par exemple entre des parcours naturels et des pâturages post-cultureaux, dans les zones où l'élevage est associé à l'agriculture (Milleville, 1992).

Ils peuvent être, au contraire, de nature plus conjoncturelle, en réponse à l'irrégularité de répartition des ressources naturelles, et on parle alors de "nomadisation".

Dans ce dernier cas, les troupeaux se déplacent d'un pâturage à un autre, dès que le niveau trophique du parcours devient insuffisant pour assurer une alimentation satisfaisante des animaux ; le pâturage abandonné peut alors se régénérer, jusqu'à atteindre, à nouveau, une production fourragère suffisamment élevée pour justifier le retour des animaux.

Ce schéma général, qui relève à la fois d'une exploitation "*opportuniste*" de la ressource (Wesbody *et al.*, 1989) et d'une gestion plutôt conservatrice (l'éleveur choisit les parcours productifs et délaisse les parcours dégradés) repose sur deux grands principes fondamentaux :

- l'espace pastoral potentiel ne doit pas être limitant ;
- l'accès à cet espace ne doit pas être soumis à restriction.

L'extension importante des surfaces agricoles, mais aussi l'attribution foncière des terres mises en culture font que ces deux conditions sont, aujourd'hui, de moins en moins remplies.

B - MOBILITE DES ANIMAUX ET COMMERCIALISATION DES PRODUITS DE L'ELEVAGE

Le rôle des animaux d'élevage dans le transport des hommes et des marchandises a sans doute été déterminant lors des grandes phases d'extension historique des activités humaines (la "route du sel" à travers le Sahara constitue un exemple).

Plus récemment, les importantes différences entre les potentiels de production dans les zones d'élevage traditionnel d'une part, et les potentiels de consommation dans les zones périphériques à fortes activités humaines d'autre part, ont conduit naturellement de nombreux décideurs à favoriser le transit des productions vers les pôles de consommation. L'Afrique de l'Ouest constitue, à ce titre, un bon exemple, la "stratification de l'élevage" ayant été, dès les années 70, l'un des fers de lance de la politique de développement, avec au programme divers travaux d'équipement pour faciliter les flux d'animaux entre les pays "naisseurs" au Nord, et les zones de réélevage en amont des grandes villes côtières, en aval de la filière de production.

Cette voie de commercialisation des produits de l'élevage, basée avant tout sur l'importante aptitude des animaux à effectuer de longs déplacements, tend aujourd'hui à régresser sous l'effet du développement des productions animales dans les zones d'accueil, de la paupérisation croissante des populations urbaines, et des contraintes économiques liées au marché international de la viande (voir chapitre II.9 "Politiques d'élevage").

5.2.2 - Effets négatifs

A - INTERACTIONS TERRITOIRE PASTORAL - FRONTIERE ADMINISTRATIVE

L'amplitude des mouvements de certaines tribus nomades, qui s'inscrit dans des traditions séculaires, peut constituer une source d'interaction entre des populations qui relèvent de territoires administratifs différents. Ainsi J.P. Digard (1973) rapporte que les Rwala, grande tribu nomade qui campait aux portes de Damas dans la première moitié du siècle, parcouraient à l'époque un territoire qui relève aujourd'hui de quatre états différents (Syrie, Iraq, Jordanie et Arabie saoudite). Les exemples de ce type pourraient être multipliés, et l'actualité nous rappelle bien souvent l'inadéquation chronique qui existe entre les divisions administratives modernes et les limites fluctuantes d'un territoire pastoral qui ne se définit que par la disponibilité fourragère du moment.

6 - FERTILITE DU SOL

Le transit des matières végétales par le tube digestif des herbivores domestiques joue un rôle important sur le cycle du carbone et des éléments trophiques, en créant un "circuit court" pour le recyclage de ces éléments dans le sol (Gachon *et al.*, 1979). La fragmentation opérée par la mastication des aliments est complétée par la fermentation microbienne dont l'intensité est nettement plus élevée que celle qui intervient au niveau du sol (Landais *et al.*, 1990). Cette fragmentation très rapide (24 à 72 heures) est essentielle pour le processus d'incorporation au sol de la matière organique végétale (Piéri, 1989), de sorte que l'accélération du cycle des éléments trophiques conduit à une véritable "stimulation biologique de l'écosystème" (Gachon *et al.*, 1979).

En ce sens, l'animal peut être considéré comme un "fermenteur à pattes" (Landais *et al.*, 1990), la fonction fertilisante étant la résultante des trois grands mécanismes que sont l'ingestion, la mobilité et l'excrétion (figure 10).

Figure 10 - L'animal vu comme un fermenteur à pattes.
Les fonctions physiologiques mises en jeu
dans la fertilisation animale (Landais *et al.*, 1990)

Dès lors, l'impact de l'animal sur la fertilité des sols dépend de la localisation de ces activités physiologiques ; du point de vue de la conservation des terres de parcours, cet impact pourra être positif lorsque les restitutions du bétail ont lieu sur le pâturage, et négatif lorsqu'un transfert de fertilité s'effectue vers les terrains cultivés, au détriment des terres de parcours.

6.1 - Effets positifs d'un point de vue agronomique

Le recyclage des nutriments du sol par les déjections animales dépend, en premier lieu, de la richesse en éléments biogènes du fourrage consommé, mais aussi de l'espèce animale qui utilise ce fourrage (tableau III, à titre d'exemple).

Tableau III (Loiseau *et al.*, 1984)

Dans le cas de l'azote, les restitutions au sol sont relativement faibles pour des fourrages pauvres (estimées à 50 p. 100 en moyenne pour les pâturages sahéliens, d'après Penning De Vries et Djiteye, 1982), mais peuvent excéder 100 p. 100 pour les fourrages riches, ou s'il existe un apport exogène d'azote (figure 11). Il y a alors augmentation de la production végétale, du fait d'une plus grande disponibilité des éléments fertilisants, qui conduit à une amélioration de l'alimentation des animaux, et par conséquent, à des restitutions au sol plus importantes, d'où la "stimulation biologique" du système.

Figure 11 (Lancon, 1978)

En pratique, cette stimulation trouve rapidement ses limites, notamment lorsque l'azote du sol constitue, à la base, un facteur limitant pour la production primaire (Breman et de Wit, 1983). Par ailleurs, une partie de l'azote prélevée par les animaux est rejetée dans l'urine (70 p. 100 en moyenne pour les zones semi-arides, selon Harpaz, 1975), et se volatilise sous forme d'ammoniac, notamment lorsque l'urine est évacuée à maintes reprises au même endroit (Stewart, 1970).

La recirculation de l'azote consommé par le bétail devient, bien sûr, négligeable, lorsque les animaux broutent sur un pâturage et déposent leurs excréments ailleurs.

6.2 - Effets négatifs

Un aspect négatif, rarement mis en avant dans l'étude des relations agriculture - élevage, est celui de l'exportation des éléments fertilisants depuis les terres de parcours vers les terrains cultivés. La plupart des études portant sur ce thème ont été menées dans une optique agronomique (quelles sont les quantités restituées, leur composition et leur devenir dans le sol, par rapport à la production agricole ?), ou zootechnique (comment s'effectue la transformation de la matière organique lors du transit par l'animal, comment mettre en place des "filiales fumures organiques" ?). Dans ces problèmes de transfert de fertilité, la question du devenir de la "source" (les terres de parcours) est, en effet, rarement évoquée.

Parallèlement, divers auteurs travaillant sur la production des pâturages ont montré qu'en dehors des zones arides, la disponibilité en nutriments du sol (en particulier azote et phosphore) était le principal facteur limitant de la production primaire (figure 12).

Niveaux de production réelle (actual) et potentielle (potential) des plantes de pâturage (en t MS/ha)
en relation avec les précipitations annuelles moyennes

Figure 12 (Breman & de Wit, 1983)

Dès lors, il convient de s'interroger sur l'impact que peuvent avoir les transferts d'éléments fertilisants sur la production et le renouvellement des pâturages. Quantifier cet impact revient, en théorie, à mesurer les **flux d'éléments fertilisants** entre terres pâturées et cultivées.

Des mesures faites par Quilfen et Milleville (1983) en zone sahélienne font état d'un apport d'environ 1 à 4 tonnes de déjections par hectare de culture, pendant la saison sèche ; ces apports correspondraient à la consommation de 5 à 20 hectares de pâturages et à une importation d'azote d'environ 10 à 50 kg pour chaque hectare de culture.

En pratique, l'estimation des flux d'éléments fertilisants se heurte au manque de données précises sur les "circuits de pâturage", c'est-à-dire sur les modalités d'occupation, dans le temps, des grandes unités paysagères (cultures et parcours), occupation qui détermine à la fois la localisation des prélèvements et celle des restitutions.

A petite échelle, la transformation des systèmes d'élevage "à l'herbe" en systèmes "mixtes" peut apporter une indication qualitative vis-à-vis des transferts de fertilité, de même que l'évolution du rapport entre "surfaces pâturées" et "surfaces cultivées".

En tout état de cause, l'impact du transfert des éléments fertilisants des terres pâturées vers les terres cultivées ne peut être pleinement imputé aux animaux d'élevage, qui ne sont, en quelque sorte, que le "vecteur" de cette transformation.

7 - PRODUCTION ANIMALE

Dans son principe, l'élevage des animaux domestiques consiste en une transformation de matière organique végétale en matière organique animale ; cette transformation, qui peut être assimilée en termes économiques à un "projet", conduit l'éleveur à dégager une "valeur ajoutée", sous forme de divers produits d'élevage : viande, lait, peau, laine, sang des animaux (chez les Masais par exemple), ou encore, force de travail (traction attelée), épargne, ou plus simplement, nombre d'animaux. L'évaluation de ce projet, en économie classique, repose en premier lieu sur l'analyse de ses effets directs ou indirects, à savoir : comment sont distribués les produits d'élevage, et comment se répartissent les ressources qui en résultent.

Dans le cas qui nous intéresse, cette première étape vise donc à évaluer, à partir de l'examen des productions, les **performances économiques de l'élevage**, et plus particulièrement de l'élevage extensif. La seconde étape consiste alors à apprécier les conséquences positives et négatives des activités d'élevage vis-à-vis de l'accès à la ressource (reconnaissance foncière), et aux facteurs de production (propriété du bétail), mais aussi sur la dynamique sociale (exode rural) et économique (maintien des populations en zone marginale, demande de protéines) des sociétés pastorales.

7.1 - Analyse des performances économiques de l'élevage extensif

Les performances économiques des activités d'élevage sont généralement perçues dans le cadre d'une économie de marché, où l'offre et la demande sont les deux grandes forces responsables de la formation des prix et de la constitution des marchés.

Sous cet angle, les activités d'élevage extensif sont apparues à beaucoup comme étant profondément irrationnelles, du fait, par exemple, de la vente préférentielle des bêtes âgées ou de qualité inférieure, ou encore, d'une plus grande commercialisation des animaux au moment où la demande est la plus faible (UNESCO, 1981).

Cette apparente hostilité face au rationalisme économique repose, en fait, sur des raisonnements économiques et des choix techniques qui s'inscrivent dans une échelle de temps englobante (Bourbouze, 1982), celle des cycles pluriannuels, seuls capables d'intégrer, dans une même vision, les bonnes et les mauvaises années.

En ce sens, la stratégie de production des éleveurs a pour objectif principal une limitation des risques écologiques (sécheresse, manque de pâturage) ou pathologiques (épidémie), basée sur la constitution de réserves importantes et sur une forte aptitude aux déplacements (Pascon, 1980).

On conçoit, dès lors, qu'une telle stratégie échappe à la logique de l'économie de marché, dans la mesure où ce n'est pas tant la production en elle-même qui est recherchée, mais la conservation, à long terme, des moyens de production et des sociétés humaines qui leur sont liées.

En ce sens, l'élevage extensif traditionnel a toujours porté en lui le principe de "viabilité à long terme" (long-term sustainability), que brandissent aujourd'hui les projets de recherche-développement.

7.2 - Production animale et effets positifs d'ordre économique et social

7.2.1 - Production de protéines animales

Dans les pays en voie de développement, le maintien ou l'augmentation des productions animales est souvent considéré comme un objectif majeur, voire un "défi" (Bonte, 1984) au niveau des politiques de développement.

Les prospectives, en matière de déséquilibre alimentaire, sont cependant pessimistes, notamment pour les continents asiatique et africain (Griffon et Marty, 1993) ; en effet, la projection de la croissance démographique, d'une part, et de la production agricole alimentaire d'autre part, laisse entrevoir une accentuation du déficit alimentaire, pour la décennie à venir.

Dans ce contexte, le soutien des productions animales s'avère un enjeu important ; il passe par le maintien du niveau de vie des éleveurs.

Il y a lieu aussi de prendre en compte les différences d'efficacité entre productions d'origines animales et végétales. L'élevage pastoral, en effet, est avant tout consommateur de surface. Par ailleurs, en l'absence d'intensification agricole importante, l'augmentation des productions alimentaires d'origines végétales reste encore fortement basée sur l'extension des surfaces cultivées.

En prenant l'exemple du Mali, Breman et Traore (1987) ont montré qu'il faut entre $\frac{1}{3}$ et 1 hectare de culture pour produire les 250 kg de céréales qui correspondent aux besoins annuels d'un individu, alors que 30 à 150 ha sont nécessaires pour nourrir le même individu à partir des seules activités d'élevage pastoral.

Comparées à des données démographiques, ces estimations peuvent constituer une indication vis-à-vis des possibilités de maintien de l'élevage dans le contexte actuel du développement agricole.

7.2.2 - Rôle social du bétail

Dans les sociétés pastorales traditionnelles, la possession de bétail peut conduire à une certaine "représentation sociale", en conférant au propriétaire des animaux un rang ou un statut social distinctif.

Ainsi en Mauritanie, l'opposition chez les Maures des "*Beydan*" (dominants), autrefois pasteurs, et des "*Haratin*" (esclaves affranchis), agriculteurs, se perpétue avec comme enjeu principal le contrôle foncier des terres agricoles, et peut-être encore plus le pouvoir politique. La possession du bétail, signe différenciant les statuts, reste, de ce point de vue, un aspect des hiérarchies sociales et politiques et

explique certains développements de l'élevage (Bonte, 1984).

7.3 - Production animale et effets négatifs d'ordre économique et social

7.3.1 - Problème foncier et accès à la ressource

La propriété collective des pâturages, qui caractérise la plupart des systèmes pastoraux, est souvent considérée comme le principal obstacle au développement, voire comme une "tragédie" (Hardin, 1977 : "*The tragedy of the commons*"). Les principaux griefs envers le statut collectif des terres de parcours peuvent être résumés ainsi (Larisse, 1982) :

- exploitation archaïque des ressources par des pratiques coutumières ;
- inertie à la conservation et ignorance des principes qui mènent à une détérioration irréversible ;
- avantage des grands éleveurs qui tirent un meilleur parti des parcours que les petits.

Ces arguments sont bien sûr très controversés, et ne sont, pour certains, qu'un nouvel avatar de la thèse ancienne de l'irrationalité de la production pastorale (Sandford, 1983).

Quoi qu'il en soit, la propriété collective des terres de parcours résiste mal au grignotage des surfaces par les activités agricoles, qui débouchent, pour leur part, sur une appropriation privative des terrains. L'encombrement des parcours collectifs qui en résulte, limite, en retour, la capacité des sociétés pastorales à gérer leurs parcours collectifs.

Ainsi, pour beaucoup d'éleveurs, "l'agriculture devient la seule forme de mise en valeur reconnue et protégée" (Marty, 1990) et ce, en dépit des efforts pour reconnaître ou mettre en place des codes fonciers pastoraux.

Dans ce domaine, la dialectique du couple "surface agricole/surface pastorale" peut prendre une valeur indicatrice, dans la mesure où elle reflète l'une des principales forces qui régit l'accès à la ressource pour les éleveurs.

7.3.2 - Propriété du bétail

De l'avis général, la propriété du bétail, dans les pays en voie de développement, a sensiblement évolué au cours de ces dernières décennies ; deux tendances principales peuvent être notées :

Dans les zones où l'élevage a été fortement frappé par les épisodes de sécheresse, divers groupes d'agriculteurs ont pu investir leurs surplus agricoles dans le bétail, opération favorisée, dans un contexte d'après sécheresse, par une flambée des prix céréaliers et une chute des cours du bétail (Bonfiglioli, 1990).

D'une manière plus générale, le bétail reste encore aujourd'hui un moyen relativement sûr de thésauriser pour les investisseurs privés, commerçants, riches agriculteurs, ou fonctionnaires. Ces derniers, n'étant pas directement dépendants des revenus de l'élevage, peuvent acheter du bétail à bas

prix lors des années difficiles et bénéficier du profit des ventes en années favorables.

Ainsi, Breman et Traore (1987) constatent qu'au Mali, plus de la moitié des animaux n'appartient plus aux éleveurs pasteurs, mais à des investisseurs privés.

Ces transferts au niveau de la propriété du bétail ne sont pas sans incidence ; ils favorisent, en premier lieu, l'apparition d'une classe d'éleveurs pauvres, démunis de tous moyens de production, et constituent, en ce sens, un risque social.

D'autre part, la "pastoralisation" des agriculteurs, et la tendance à la sédentarisation agricole des éleveurs, contribuent à limiter les liens de coopération mutuelle qui pouvaient traditionnellement s'inscrire entre ces deux activités.

Ces transferts, par ailleurs, peuvent affecter qualitativement et quantitativement l'emploi dans le secteur de l'élevage (cf. chapitre II.8 "Conduite et exploitation"), les gros propriétaires urbains faisant généralement appel à des bergers salariés, plus ou moins expérimentés et qui ont à leur charge de gros troupeaux.

Enfin, en matière de recherche-développement, ces gros propriétaires sont rarement considérés comme des interlocuteurs potentiels, même lorsqu'ils détiennent, comme dans le cas du Mali cité précédemment, plus de la moitié du cheptel du pays.

Le problème du transfert de propriété du bétail, même s'il est souvent connu ou reconnu dans ses grandes lignes, reste cependant difficile à chiffrer avec précision ; des indicateurs tels que la répartition des effectifs d'animaux par classes socio-professionnelles "d'éleveurs", s'ils sont pertinents en théorie, sont rarement utilisables dans la pratique, du fait de l'imprécision des données de terrain.

8 - CONDUITE ET EXPLOITATION

Sont considérées, sous ce titre, les interactions qui peuvent s'inscrire entre le berger, l'éleveur ou la société pastorale d'une part, et la ressource végétale d'autre part ; ces interactions peuvent être directes (feux de brousse, émondage des ligneux), ou indirectes, via la surveillance et l'encadrement des troupeaux (pâturages mixtes, nocturnes, circuits de pâturage), les traitements sanitaires appliqués aux animaux (effets des déparasitants sur la faune sauvage), ou encore le choix des éleveurs vis-à-vis de la composition et de l'exploitation des troupeaux.

8.1 - Effets positifs

8.1.1 - La conduite des animaux au pâturage et l'encadrement des troupeaux

Longtemps ignorés, les effets de la conduite et de l'encadrement des animaux domestiques ont surtout été étudiés par les nutritionnistes, dans le cadre de travaux sur le comportement alimentaire des herbivores. D'une manière générale, ces études ont montré que l'alimentation des animaux, en élevage extensif, ne correspondait ni à celle des herbivores sauvages, pour lesquels ont été établies de nombreuses théories écologiques, ni à celle des animaux strictement domestiques, qui reçoivent une ration quotidienne équilibrée (Malechek et Narjisse, 1990).

Dans certains cas, le rôle du berger (ou de l'éleveur) a pu être mis en évidence, en comparant les effets sur les pâturages de troupeaux en libre parcours et de troupeaux guidés par un berger. Ainsi, Leclerc *et al.* (1986) soulignent que dans les systèmes en libre parcours, la pression de pâturage semble principalement s'exercer au niveau de l'espèce végétale sur l'ensemble du territoire, alors que dans le système du troupeau gardé, la pression s'exercerait plutôt au niveau du groupement végétal, ou

du quartier choisi par l'éleveur.

Le rôle du berger, en privilégiant certains sites de pâture, tend à créer un système de rotation entre les différentes zones du territoire pastoral, avec une alternance de périodes de repos pour la végétation et de périodes à fortes charges instantanées (en nombre de têtes/ha/jour).

Les effets de la conduite sur la dynamique et le renouvellement de la végétation sont néanmoins peu connus ; se plaçant du point de vue de la ressource, il est en effet difficile de savoir si une exploitation modérée mais continue (donc sans période de repos pour la végétation) est préférable à une exploitation intense mais de courte durée (avec période de repos).

De la même manière, aucune donnée n'a été collectée sur les effets du pâturage nocturne, en dehors des conséquences positives qu'il peut avoir sur la production animale (Joblin, 1960 ; King, 1983), du fait de la diminution des dépenses énergétiques liées à la thermorégulation, de la plus grande teneur en eau des plantes pendant la nuit, et de l'accroissement de la durée totale d'ingestion. Ces effets sont certainement non négligeables, l'état physiologique des plantes étant très variable au cours d'un cycle nyctéméral (ouverture des stomates, flux ascendant de sève...).

8.2 - Effets négatifs

Ils concernent les interactions directes entre l'homme et la ressource (émondage, feux de brousse) et les interactions indirectes (choix des espèces animales, traitements sanitaires).

8.2.1 - Impacts directs

A - ÉMONDAGE DES LIGNEUX

L'émondage des ligneux est surtout important en zones arides et semi-arides, lorsque la biomasse herbacée est à son niveau le plus bas (fin de saison sèche). L'ébranchage ou l'abattage des arbres et des arbustes par les éleveurs a souvent été vigoureusement décrié, car effectué sans souci apparent de conservation (branches cassées et non coupées).

Comparativement aux menaces qui pèsent sur les peuplements ligneux dans ces régions (défrichage pour mise en culture, bois de chauffe et de construction), l'impact de l'émondage n'est sans doute significatif qu'à une échelle très locale. Les estimations publiées concernant l'utilisation du bois comme combustible, font état d'ordres de grandeur importants (1 kg par habitant et par repas pour Thalén (1979), 1,15 stères par habitant et par an pour Delwaulle, 1973). Ces ordres de grandeur peuvent être mis en parallèle avec des estimations de production ligneuse qui tournent, pour les mêmes zones, autour de 1 kg de matière sèche par individu et par an (Le Houérou, 1989).

Dans un tel schéma, il faudrait idéalement une augmentation du nombre d'arbres équivalente à 500-1000 fois celle du nombre d'hommes, pour que l'impact de l'utilisation de bois de chauffe se stabilise à son niveau actuel...

B - FEUX DE BROUSSE

Le problème des feux de brousse concerne avant tout les régions de savanes. Les effets du feu sont multiples et variés, et portent entre autres :

- sur les sols : le passage du feu, en réduisant le couvert végétal, favorise l'érosion des sols (cf.

chapitre II.3), et tend à accélérer la dégradation des milieux pédologiques les plus pauvres (sols peu profonds sur cuirasse, sols en pente...);

☐ sur la dynamique de la végétation, en limitant l'embroussaillage et en maintenant les milieux ouverts (cf. chapitre II.3);

☐ sur l'utilisation pastorale des milieux, en favorisant la repousse des graminées vivaces;

☐ sur la composition gazeuse de l'atmosphère, par émission d'oxydes de carbone liée à la combustion de la biomasse.

Sur ce dernier point, Menault (1993) estime que les feux de savanes représentent 42 p. 100 de la biomasse brûlée dans le monde; ceci conduirait à une émission annuelle de quatre gigatonnes de carbone dans l'atmosphère (Hall et Scurlock, 1991), soit environ 18 p. 100 du dioxyde de carbone total émis chaque année (Dunglas, 1993).

Les raisons de brûler la savane sont en fait très diverses; hormis les pasteurs, qui cherchent à entretenir les pâturages, les feux de savanes peuvent avoir pour but les défrichements culturels, les pratiques de chasse, l'élimination des parasites, l'amélioration des déplacements, la protection des villages, la mise en valeur touristique. Ils peuvent également avoir une origine naturelle (foudre, volcanisme).

Dans le cas des activités pastorales, l'objectif de la mise à feu volontaire est de déclencher une repousse comestible des graminées vivaces, au fur et à mesure de leur dessèchement, et de la perte d'intérêt fourrager qui en résulte (tableau IV). Le calendrier de mise à feu est donc théoriquement établi en fonction de la réserve en eau du sol, et de la topographie (tableau V).

Tableau IV - Cycle d'appétabilité des graminées vivaces (Geny *et al.*, 1992)

Tableau V - Calendrier "idéal" de mise à feu selon les grands types de milieu

D'une manière générale, ce sont donc les feux précoces qui auront une incidence favorable sur l'élevage, plutôt que les feux tardifs ou de mi-saison, qui sont incapables de provoquer une repousse en dehors des milieux humides. A ce titre, la **date de mise à feu** peut constituer une information plus ou moins discriminante par rapport au rôle de l'élevage dans les feux de savanes. Ainsi, Deschler (1974) a montré, dans le cas de l'Afrique sud-saharienne, que 20 p. 100 des surfaces étaient incendiées dans les premières semaines de la saison sèche, contre 80 p. 100 au coeur de la saison sèche, et un faible pourcentage seulement, juste avant l'arrivée des pluies. Ceci tendrait à infléchir l'idée généralement acquise que les feux de savanes sont le seul fait des activités d'élevage ; il faut cependant rester prudent sur ce genre de conclusion, car si l'éleveur, l'agriculteur, le chasseur, ou le villageois ont chacun une bonne raison d'incendier la savane, ils sont bien souvent réunis en une seule et même personne.

8.2.2 - Impacts indirects

A - CHOIX DES ESPECES ANIMALES ET EXPLOITATION DU TROUPEAU

En jouant sur la composition spécifique et sur les modalités d'exploitation de son troupeau, l'éleveur peut être amené à modifier la pression des herbivores sur le pâturage. Ainsi, von Engelhardt *et al.* (1989) relatent que les ovins passent 70 p. 100 de leur temps de pâture au niveau du sol et n'utilisent que très rarement les strates de végétation situées à plus d'1 mètre de hauteur ; les caprins, au contraire, broutent jusqu'à 2 mètres et passent 60 p. 100 de leur temps de pâture entre 0,7 et 1,2 mètre, tandis que les dromadaires exploitent préférentiellement les strates situées entre 1 et 2 mètres, et atteignent les branches jusqu'à 3 mètres. Ces différences entre espèces font que le recouvrement de leur "spectre alimentaire" est généralement faible (Harrington, 1978), ce qui permet à l'éleveur d'obtenir un surcroît de production en utilisant des troupeaux mixtes (Lambert et Guérin, 1989).

Dans la pratique, les statistiques de croissance des populations d'herbivores domestiques, montrent un accroissement plus rapide des effectifs de petits ruminants par rapport aux bovins, dans la plupart des grandes régions d'élevage (figure 13). Ces accroissements, qui ne sont pas toujours décelés lorsqu'on raisonne en terme de charge animale (unités pondérales), se traduisent sur le terrain par une exploitation plus complète du milieu et peuvent conduire à une "densification" de l'impact des herbivores.

Figure 13 - Evolution effectif 1978-88 (p. 100)
(WRI, 1991)

B - TRAITEMENT SANITAIRE DES TROUPEAUX

Les pesticides, acaricides ou autres antiparasitaires, peuvent avoir un impact ponctuel sur la faune sauvage, soit par le biais de la pollution des eaux de surface (cf. chapitre II.4), soit encore sur des populations animales, occasionnellement ou régulièrement charognardes, qui peuvent consommer des cadavres d'animaux domestiques abandonnés au pâturage. Ainsi, Brosset et Petter (1967) notent, pour le Maroc oriental, une raréfaction importante des populations d'Aigle royal, de Vautours et de Percnoptères, qu'ils imputent à une absorption de laine de moutons imprégnée d'antiparasitaires.

9 - POLITIQUES D'ELEVAGE

Au niveau des états, comme des grands organismes internationaux, les décisions prises en matière de politiques d'élevage conditionnent, dans une plus ou moins large mesure, l'impact que peuvent avoir les activités d'élevage sur les ressources végétales. Il n'est bien sûr pas possible d'envisager ici les politiques et stratégies de développement dans toute leur diversité ; l'objectif de ce paragraphe est plutôt d'apporter des éléments d'information, et si possible d'évaluation, autour de quelques grands thèmes comme "la restauration des parcours", "l'hydraulique pastorale", ou les "subventionnements des marchés de la viande", et d'en discerner les conséquences, en terme d'impact, sur les terres de parcours.

9.1 - Effets positifs

9.1.1 - Restauration des parcours

La restauration des parcours est vue, par de très nombreux auteurs, comme l'une des seules solutions techniques actuellement applicable dans les zones de parcours dégradées, notamment arides et semi-arides.

Les opérations de réhabilitation des terres de parcours se heurtent, cependant, à de nombreuses difficultés qui, si elles sont généralement dénoncées par les aménageurs, ne sont que

rarement résolues.

Au premier rang de ces difficultés viennent les problèmes d'ordre social, qui résultent de la mise en valeur d'un territoire utilisé en commun par différents groupes d'éleveurs. La stratégie de développement et de lutte contre la désertification repose sur l'engagement total et volontaire des populations, formées et organisées à cet effet, et sur une approche globale utilisant les méthodes de l'aménagement du territoire. Elle nécessite le concours de la recherche et d'aides extérieures (Rochette, 1989).

Un autre problème, posé par la mise en restauration des pâturages, est celui de l'utilisation fréquente (voire systématique) d'espèces végétales exotiques, choisies pour leur résistance aux stress (sécheresse, surpâturage), ou plus simplement, parce qu'elles sont disponibles en grande quantité au niveau des distributeurs de semences. Ces espèces exotiques, même si elles permettent une restauration effective en terme de couverture végétale du sol, ne conduisent pas à une conservation qualitative des parcours, et peuvent même altérer la diversité biologique locale par compétition avec les espèces autochtones.

En dehors de leur efficacité, les opérations de restauration de parcours ont également un coût, plus ou moins variable selon le contexte écologique et socio-économique local. Ainsi dans le Sahel mauritanien, Boudet *et al.* (1987) font état d'un coût de restauration de 10 000 FF/ha, pour un gain de production moyen de 250 kg/ha de matières sèches, ce qui reviendrait, si l'on devait nourrir une vache à partir du gain de biomasse, à environ 250 FF par jour et par UBT.

Rochette (1989) cite diverses techniques de restauration du sol et d'aménagement au Sahel (demi-lunes, digues filtrantes, bandes enherbées) pour des coûts minimum de l'ordre de 1 000 FF/ha.

Il est certain, dans ces conditions, que les opérations d'aménagement de parcours, si elles sont envisagées sur de vastes surfaces, doivent pouvoir s'appuyer sur des acquis techniques importants et sur une meilleure maîtrise des paramètres sociaux et économiques qui permettent leur pérennisation.

9.2 - Effets négatifs

9.2.1 - Politiques d'hydraulique pastorale

Fer de lance des politiques de développement de l'élevage dans les années 50, l'hydraulique pastorale est considérée aujourd'hui comme l'une des causes importantes des profondes modifications qui ont affecté les sociétés pastorales au cours de ces dernières décennies.

L'objectif initial de ces politiques était d'ouvrir de vastes zones de pâturage, inexploitées par manque d'eau ; elles devaient permettre également de "*réduire sensiblement l'amplitude des mouvements transhumanciers, de fractionner les parcours, d'assurer une meilleure distribution du cheptel, évitant ainsi la surcharge des pâturages*" (Brémaud et Radier, 1954).

Dès leur mise en service, les ouvrages hydrauliques ont rapidement été le siège d'importantes concentrations animales (Bernus, 1974), sans que des règles d'attribution aient pu être édictées ; la répartition spatiale des activités pastorales s'en est trouvée largement affectée.

Dès lors, la gestion de l'espace pastoral, fut-elle régie traditionnellement par des règles séculaires, s'est orientée vers une "*optimisation à court terme de l'utilisation des parcours*" (Touré, 1988), sans égard vis-à-vis d'une éventuelle conservation des ressources.

Au-delà de cet aspect historique, l'impact des politiques d'hydraulique pastorale nous montre combien il est difficile d'apprécier, à long terme, les effets des options de développement qui peuvent paraître pertinentes sur le moment, et s'avérer carrément inopportunes à l'analyse rétrospective.

L'impact de ces politiques conduit également à n'ouvrir systématiquement à l'élevage des zones encore vierges de toute activité (zones à trypanosomoses) qu'une fois pris en compte les risques à long terme pour le milieu.

9.2.2 - Subventionnement des marchés de la viande

Dans les pays en voie de développement, les déséquilibres croissants entre les régions d'élevage traditionnel productrices et les régions fortement urbanisées consommatrices tendent à rendre les activités d'élevage plus dépendantes par rapport aux flux des marchés internationaux.

Dans les régions sahéliennes d'Afrique, par exemple, l'exportation de viande vers les pays côtiers est gravement concurrencée par des importations extra-africaines, subventionnées par la CEE.

10 - CONCLUSION

10.1 - Lignes de force de l'évolution des terres de parcours

D'un point de vue historique, l'élevage extensif est considéré par une majorité d'auteurs comme ayant été, jusqu'à une période récente, une activité relativement conservatrice vis-à-vis du milieu naturel. A une échelle séculaire, le niveau trophique de la ressource peut être considéré comme le principal facteur ayant régulé cette activité au cours du temps, en maintenant les populations animales à un niveau compatible avec les conditions du renouvellement des ressources fourragères.

Forts de constater que "la terre est toujours verte", Hairston *et al.* (1960) et de nombreux écologistes ont longtemps affirmé que les herbivores n'avaient pas, d'une manière générale, un effet limitant sur les populations végétales ; la dynamique des relations "herbivores - plantes" a donc été marquée, jusqu'à une période récente, par un effet limitatif de l'herbe sur l'animal, et non de l'animal sur l'herbe. Il y a des exceptions : les éléphants en Afrique causent localement de tels dégâts à la végétation qu'ils s'obligent à de longues migrations.

Ce schéma relationnel n'est plus applicable aujourd'hui, car si l'herbe continue encore à limiter les populations animales, ces dernières affectent désormais, peu ou prou, les possibilités de renouvellement des ressources végétales.

Au niveau des pays en voie de développement, les facteurs en cause dans ce schéma évolutif, peuvent être hiérarchisés de la manière suivante :

10.1.1 - Croissance démographique et extension des cultures

Sous l'effet d'une amélioration des conditions sanitaires et sociales des populations, la croissance démographique a constitué, au cours de ces dernières décennies, le principal moteur de l'occupation de l'espace par les activités humaines. En l'absence d'intensification agricole importante, l'augmentation des productions alimentaires s'est effectuée par un accroissement des surfaces mises en culture, à un rythme à peu près équivalent à celui de la croissance démographique (De Wispelaere et Toutain, 1976).

L'accroissement tolérable des populations animales domestiques est inférieur à celui de la population humaine. L'écart ne peut être techniquement comblé par des gains de productivité. L'agriculture et d'autres formes d'élevage devront combler l'accroissement de demande en produits animaux obtenus sur parcours. Cela signifie aussi que les populations d'éleveurs seront fournisseurs de main-d'oeuvre que le marché du travail devra absorber.

10.1.2 - Augmentation des populations animales

Résultat d'une protection vaccinale de masse, puis de l'amélioration des conditions nutritionnelles des troupeaux (hydraulique pastorale), l'augmentation des populations animales est encore une réalité aujourd'hui (cf. figure 13) ; elle s'inscrit dans une logique de production, aussi bien du côté des décideurs (pour couvrir la demande en protéines), qu'au niveau des producteurs eux-mêmes (pour la subsistance et éventuellement la thésaurisation).

10.1.3 - Augmentation de la pression animale sur le pâturage

Elle est la conséquence directe des deux points précédents, des surfaces de plus en plus réduites étant utilisées par des troupeaux de plus en plus nombreux, le tout étant couronné, dans certaines zones arides, par les effets insidieux du climat.

10.1.4 - Diminution de l'accès aux ressources pour les éleveurs

C'est une conséquence tout à la fois de la multiplicité des troupeaux et de l'extension des cultures. La diminution de l'accès aux ressources naturelles, pour chaque éleveur, constitue un facteur limitant vis-à-vis des possibilités de gestion de ces ressources.

10.1.5 - Evolution dans la propriété du bétail

On constate la redistribution de la propriété d'animaux vers des catégories professionnelles qui ne sont pas directement dépendantes des résultats de l'activité pastorale (agriculteurs, investisseurs) ; il en résulte une limitation des possibilités locales d'échange, l'émergence de formes d'élevage spéculatives peu motivées à préserver le patrimoine pastoral et qui prennent un poids grandissant au niveau des marchés.

10.1.6 - Intensification de l'élevage

Elle est la conséquence logique des différents points évoqués précédemment, et se traduit par une fusion progressive des activités agricoles et pastorales. Les productions agricoles prennent alors une part de plus en plus importante dans l'alimentation des animaux et font que le niveau trophique des ressources fourragères naturelles devient de moins en moins limitant vis-à-vis de la dynamique des populations d'herbivores.

Voici, en terme de prospectives, les scénarios envisagés à partir de la prise en compte de ces différents facteurs :

☐ A court terme (< 10 ans), la poursuite d'une forte croissance démographique et d'une faible intensification agricole, d'où une accentuation des phénomènes actuellement visibles, en particulier :

- augmentation de la pression sur les pâturages ;
- diminution de l'accès aux ressources pour les éleveurs ;
- redistribution du cheptel vers de nouveaux propriétaires.

☐ A moyen terme (> 10 ans), le ralentissement de la croissance démographique, une production agricole intensifiée. Il est raisonnable d'envisager une intensification concomitante de l'élevage, qui deviendrait, en quelque sorte, une sous-production de l'agriculture, l'élevage pastoral extensif étant limité aux zones les plus marginales.

☐ A long terme ou dans certaines régions, un développement calqué sur le modèle occidental, dans lequel la surproduction agricole semble constituer un aboutissement. Dans un tel schéma, l'élevage extensif peut trouver un sérieux regain d'intérêt, en particulier pour lutter contre la désertification humaine dans les zones rurales.

En dehors de toute valeur prédictive, ces différents scénarios (qui s'observent actuellement le long d'un gradient Nord-Sud) posent avant tout le problème de la conservation, **à court terme**, des terres de parcours ; ils montrent également tout l'intérêt qu'il y a à disposer d'indicateurs permettant d'apprécier **l'état** des parcours, et la vitesse à laquelle s'effectuent les changements actuels.

10.2 - Impacts positifs *versus* impacts négatifs

Dans l'analyse des impacts qui précède, on s'est efforcé de distinguer les impacts positifs des impacts négatifs ; cette distinction n'est pas toujours aisée, car la valeur des impacts dépend parfois de l'échelle, spatiale ou temporelle, des observations. Ainsi, l'impact des herbivores sur la production primaire a été jugé, par beaucoup d'auteurs, comme étant positif, du fait de la croissance compensatoire engendrée par l'abrutissement (cf. chapitre II.3), alors que d'autres auteurs ont mis en évidence un phénomène de dépendance d'échelle dans l'évaluation de cet impact (Brown et Allen, 1989).

De la même manière, on a souvent estimé que les activités pastorales étaient, en général, économiquement peu performantes, en raison de l'irrationalité apparente des échanges, et de l'inefficacité à court terme de la commercialisation des produits. Ce jugement de valeur tend à s'estomper lorsque l'on prend en considération des échelles de temps englobantes (cf. chapitre II.7), avec comme base de réflexion non plus la production animale annuelle, mais la "reproduction" à long terme des sociétés pastorales.

Au-delà des problèmes d'échelle, l'appréciation de la valeur des impacts dépend également du point de vue auquel on se place, autrement dit, de l'objectif que poursuit, plus ou moins implicitement, l'analyste. Les problèmes d'embrouillement constituent, à ce titre, un bon exemple ; ils seront considérés comme positifs par le forestier, qui y voit une augmentation de la surface boisée, et jugés négatifs par le pastoraliste, car débouchant sur une réduction des surfaces herbagères.

De la même manière, la restauration des parcours peut induire une réduction de la diversité biologique locale, lorsqu'elle est basée sur l'utilisation d'espèces exotiques, et apparaître négative en terme de biodiversité, et significativement positive en matière de maintien des sols.

10.3 - Viabilité *versus* co-viabilité

Ces éléments de réflexion sur les problèmes d'échelle d'étude et sur les objectifs de l'analyse ne sont pas sans incidence sur la notion de "viabilité", telle qu'elle est présentée dans les termes de référence de l'étude. A l'instar de Weber (cité par Barbault, 1993), il faut sans doute entendre dans ce contexte "*la recherche d'une co-viabilité, à long terme, des écosystèmes et des modes de vie dont ils sont le support*".

Dans le cas des écosystèmes pastoraux, il y a, à l'évidence, une hiérarchie incontournable entre les différentes composantes du système (l'homme utilise l'animal qui utilise l'herbe). De fait, le maintien des sociétés pastorales ne peut se réduire au seul maintien des populations animales, puisqu'on assiste aujourd'hui à une paupérisation croissante des éleveurs, alors que les effectifs du bétail n'ont jamais été aussi élevés. De même, le maintien de la production végétale des terres de parcours n'est plus une condition suffisante pour le maintien des productions animales, l'alimentation des animaux étant bien souvent le principal facteur limitant.

Dès lors, la "viabilité" des différentes composantes du système n'est pas équivalente ; celle des sociétés pastorales implique, dans le contexte actuel, sinon l'augmentation, du moins le maintien des productions animales et, donc, au minimum, le maintien de la pression des herbivores sur les parcours, ce qui n'est pas, en soit, une condition optimale de viabilité pour les pâturages.

10.4 - Intensification *versus* extensification

Sur les moyens à adopter pour réduire la pression agricole et de l'élevage sur l'environnement, il y a deux écoles :

l'une consiste à extensifier ;

l'autre consiste à identifier les régions les plus propices à chaque production et à y développer ces productions, tandis que dans les régions peu adaptées on maintient l'exploitation des ressources naturelles à un niveau souhaitable.

10.5 - Coûts et bénéfices

Déterminer les coûts et bénéfices propres à un système pastoral n'est pas exempt de difficultés. La première raison vient de la diversité des externalités, positives et négatives, liées aux systèmes d'élevage, et des difficultés à discerner tous les tenants et aboutissants. La seconde raison est liée à notre inaptitude à chiffrer, en termes économiques, des valeurs patrimoniales d'ordre biologique ou culturel. Le coût de la disparition d'une espèce, à une échelle locale, peut être estimé par la dépense qui résulterait de sa réintroduction, à partir d'une autre source. Mais qu'en est-il, à une échelle globale, lorsque cette espèce tend à s'éteindre ?

Au plan culturel, les connaissances acquises, en matière de médecine traditionnelle par exemple, résultent de l'accumulation d'innombrables observations empiriques, acquises au prix "d'essais et d'erreurs". Ces connaissances représentent assurément un "bénéfice" virtuel, ne serait-ce que parce que 70 à 90 p. 100 des populations rurales dépendent, encore aujourd'hui, de la médecine traditionnelle par les plantes pour leurs besoins primaires de santé (Léon, 1989). En ce sens, la perte de ces connaissances serait, à proprement parler, "inestimable", c'est-à-dire littéralement "*dont la valeur dépasse toute estimation*" (Petit Robert, éd. 1990).

Aussi les évaluations, en terme de coûts et bénéfiques, de la dégradation des sols et des paysages sont-elles à considérer avec quelques précautions.

Dans le cas des zones arides et semi-arides, les estimations publiées par l'UNED (tableau VI), bien que très controversées (Forse, 1989), montrent cependant que les coûts de restauration à l'hectare sont nettement moins élevés pour les terres de parcours que pour les terres cultivées et irriguées.

Tableau VI (Mainguet, 1991)

Dans une autre approche de ce problème, Heitschmidt (1991) compare les "coûts" et "bénéfiques" de systèmes pastoraux extensifs et intensifs, sur la base de leur efficacité énergétique (tableau VII). L'unité de mesure adoptée n'est plus d'ordre économique (US \$), mais d'ordre énergétique (le Joule) ; elle a l'avantage de souligner l'inadéquation qu'il peut y avoir entre l'efficacité écologique, mesurée par le rendement énergétique d'un système, et l'efficacité économique qui repose, dans le cas présent, sur une intensification de la production.

Tableau VII (Heitschmidt, 1991)

III - LES INDICATEURS-CLES ET LEUR UTILISATION

1 - PERTINENCE ET LIMITES DES INDICATEURS

1.1 - Choix des indicateurs et indicateurs-clés

Les **indicateurs** qui ont été retenus sont :

- soit des éléments aisément perceptibles de l'environnement,
- soit des résultats des activités d'élevage mettant en évidence des interactions entre les systèmes de production concernés et les terres de parcours.

Ces indicateurs peuvent être qualitatifs ou quantitatifs et directs ou indirects.

En effet, en général, les composantes biologiques et physiques de l'environnement ont un impact **direct** sur l'environnement alors que les facteurs humains d'ordre technique ou socio-économique ont des effets **indirects**.

Un indicateur sera d'autant plus **pertinent** qu'il sera plus associé aux activités d'élevage et moins influencé par d'autres facteurs. Ce degré de pertinence a servi de base à une hiérarchisation des indicateurs.

Les **indicateurs-clés** sont les indicateurs principaux caractéristiques des différents domaines pris en compte. Ils expriment séparément ou simultanément :

- la sensibilité de la relation à l'environnement,
- la commodité de recueil de l'information,
- la pertinence, c'est-à-dire la spécificité vis-à-vis des activités d'élevage.

Dans les pages qui suivent, un nombre important d'indicateurs est mentionné. L'examen des réalités fait apparaître la multiplicité des situations, chacune présentant ses traits d'originalité, de sorte que toute généralisation est excessivement réductrice.

A chaque cas correspondent des interactions complexes entre les activités des éleveurs, l'environnement social et économique où ils se trouvent et l'environnement physique et biologique.

Pour essayer de préserver à l'étude sa capacité d'analyse de la diversité, le nombre d'indicateurs a été volontairement gardé élevé. Il convient dans chaque situation particulière de choisir ceux qui sont les plus pertinents et qui deviennent ainsi les indicateurs-clés dans le contexte choisi.

L'interprétation des interactions ne devient possible que si l'on prend en compte le système dans son entier et, par conséquent, si l'on ne se limite pas dans l'emploi des indicateurs.

1.2 - Difficulté de la démarche

Le choix et la hiérarchisation des indicateurs ont donné lieu à de nombreux débats sans

aboutir à l'unanimité ; la présentation qui suit ne reflète donc pas une opinion consensuelle.

Ce travail, résultat d'une démarche originale, met en évidence l'absence de critères environnementaux précis dans les travaux antérieurs, même si la prise en compte de la durabilité de la "ressource/environnement" est présente dans la majorité des études des parcours.

Ce travail a aussi révélé la distance qui sépare les scientifiques des diverses disciplines et les utilisateurs qui ont besoin de lignes de conduites claires et généralisables.

1.3 - Les indicateurs et leurs pièges

L'analyse des interactions touchant à l'environnement, entre les activités de l'élevage et les aires de parcours, montre la complexité des mécanismes en jeu et les effets multiples et parfois contradictoires qu'exerce, sur le milieu, l'exploitation des ressources pastorales par le bétail. En outre, les critères d'appréciation de ces interactions ne concernent pas exclusivement l'élevage ; d'autres facteurs, naturels ou anthropiques, interfèrent à des degrés divers.

C'est pourquoi la notion d'indicateur doit être considérée avec beaucoup de précaution.

Il faut préciser trois difficultés importantes qui touchent à l'identification et à l'utilisation des indicateurs. Ce sont :

- La faible pertinence des statistiques à l'échelle régionale

Elle résulte de l'imprécision et de l'hétérogénéité - cumulatives quand on passe au niveau régional - des données de base relevées aux échelles locales. Dans certains cas, les statistiques publiées à l'échelle mondiale apparaissent même en contradiction ; par exemple, les surfaces cultivées à la surface du globe ont augmenté de 2,7 p. 100 entre 1977 et 1987 d'après le World Resource Institute (WRI, 1991, sur la base de données FAO), mais ont diminué d'environ 3 p. 100 pour l'OCDE (1991) durant une période comparable (entre 1980 et 1989).

- L'objectif des utilisateurs

L'appréciation de la valeur d'un impact varie selon le point de vue adopté. Ainsi, par rapport à l'opportunité de maintenir des activités d'élevage sur les terres de parcours, les critères d'appréciation décisifs pourront être :

- pour le naturaliste, le maintien d'une flore et d'une faune originales,
- pour l'agronome, le rendement et la valeur fourragère du pâturage,
- pour le zootechnicien, la santé et les performances des animaux,

- pour l'anthropologue, la persistance d'une vie sociale, éventuellement autour de l'élevage, sur des terres peu productives,
- pour l'économiste, le développement d'une activité productrice et d'échanges,
- pour l'aménagiste, l'intégration d'une zone marginale dans un ensemble régional.

- Le transfert d'échelle

L'estimation de la valeur d'un impact peut varier selon l'échelle d'observation qui aura été privilégiée. Trois niveaux principaux peuvent être retenus :

A l'échelle "locale". Elle correspond à des territoires peu étendus, compris entre la parcelle et le terroir villageois ; la ressource végétale peut avoir comme descripteur l'espèce ou la formation végétale ; les décisions sont prises au niveau de l'exploitation (berger, éleveur, famille) ou du village.

A l'échelle "régionale", c'est-à-dire la région naturelle, la division administrative ou l'Etat. A ce niveau, les variables bioclimatiques sont pertinentes pour distinguer les différents types de végétation ; les déplacements des animaux se raisonnent en termes de transhumances et de migrations saisonnières et les centres de décision se situent au niveau de chefferies, de services provinciaux et de ministères.

A l'échelle "globale". Ce niveau réunit plusieurs régions et plusieurs Etats dans un ensemble. C'est l'échelle des grandes divisions écorégionales où se traitent les questions de géographie économique, de politique économique et de stratégie de développement.

2 - INDICATEURS DIRECTS

Les principaux indicateurs directs pourront être :

- biologiques** quand ils concernent la végétation ; c'est, en effet, elle qui, sur les terres de parcours, supporte les relations entre milieu biologique et élevage.
- physiques** quand ils concernent le sol, les eaux et, dans une certaine mesure, l'atmosphère.

2.1 - Indicateurs "biologiques" d'environnement

2.1.1 - Recouvrement de la végétation

Dans une aire donnée, son évaluation correspondra à la **proportion de la surface du sol couverte par la végétation**, ou son complément : la **proportion de sol nu**. Ces données sont interprétables si l'on dispose de séries diachroniques comparables (même périmètre et même saison), cela renseigne sur l'évolution de la couverture végétale. L'expression est un pourcentage.

Le recouvrement donne une estimation synthétique de l'état de la végétation et de sa

tendance évolutive, ce qui permet de suivre les modifications qui affectent sa structure (ouverture du milieu, contraction des associations végétales).

De nombreuses causes entraînent des modifications du recouvrement de la végétation : c'est le cas par exemple, des **aléas climatiques** (exemple : sécheresses), de la **pression animale**, des **défrichements** ou de l'**exploitation excessive du bois**, de sorte qu'en raison de la diversité des facteurs qui l'affectent, le recouvrement, n'est qu'un indicateur peu sélectif pour les activités d'élevage.

Enfin, il est aussi un élément du diagnostic de l'état des sols par rapport à l'érosion éolienne et hydrique (sol nu).

* Détermination

□ A l'échelle locale, sur le terrain, plusieurs méthodes permettent de mesurer le recouvrement. La méthode des "points quadrats" (Daget et Poissonet, 1971) présente l'intérêt d'être précise et adaptable à toutes les situations. Elle consiste à compter les points couverts ou non (sol nu), par la végétation, le long d'une ligne droite matérialisée. D'autres méthodes consistent à évaluer la proportion de sol couvert sur des placettes disposées au hasard. Dans tous les cas, le repérage du site de mesure doit être précis afin de pouvoir y revenir pour des mesures de comparaison.

□ A l'échelle régionale, les données satellitaires permettent, sous certaines conditions (résolution, date d'acquisition des images), d'identifier les surfaces de sol non couvert ou peu couvert (moins de 30 p. 100 de recouvrement). L'utilisation combinée des signaux émis dans plusieurs bandes spectrales et caractéristiques de certains états du couvert du sol (indice de végétation, indice de brillance, etc.) affine la perception.

* Limites d'application

Au niveau du sol, la mesure peut être rapide et ne nécessite pas une grande technicité, elle peut être simplifiée pour être utilisable par des agents peu qualifiés, sous réserve d'apprentissage.

L'exploitation des images satellitaires donne des informations moins précises, mais renseigne sur la position et l'étendue des zones peu couvertes et permet, par exemple, le repérage des "plages" de désertification.

2.1.2 - Biomasse végétale

La **biomasse végétale** fait référence à la quantité de matière végétale présente au moment de la mesure. Sa quantité totale produite en une année est la **production primaire annuelle**, elle comprend deux fractions : au-dessus du sol (épigée) et sous le sol (hypogée). Pour apprécier

l'activité biologique d'un milieu, la production primaire est un indicateur adéquat.

Si l'on se contente d'estimer la quantité de fourrage disponible, on mesure la **biomasse épigée utilisable par le bétail**.

* Détermination

Les méthodes de mesure dépendent de la durée de la période d'activité de la végétation. Si la croissance végétale se poursuit pendant toute l'année ou une grande partie de celle-ci, il est nécessaire de protéger des animaux une surface échantillon pour faire des mesures réparties sur un cycle annuel.

Sous les climats qui n'ont qu'une brève saison favorable à la vie végétale (arides et semi-arides chauds ou froids), la production végétale de l'année se constitue en quelques semaines ou quelques mois. Dans ce cas, la disparition ou le remplacement d'organes végétaux en cours de végétation sont peu importants par rapport à la biomasse mesurable. On peut se contenter d'une seule mesure de la biomasse épigée au moment de son maximum.

Habituellement, la mesure consiste à récolter (fauche) et peser la production disponible sur des surfaces échantillons représentatives de la végétation étudiée. La précision de la mesure dépend de la taille des placettes et du nombre de répétitions (Levang, 1978).

Au Sahel, l'évaluation à l'échelle d'une petite région s'appuie sur l'emploi des données des satellites d'observation de la terre : SPOT, LANDSAT/MSS ou NOAA/AVHRR. La biomasse verte est corrélée, dans certaines conditions, à l'indice normalisé de végétation (NDVI) (Tucker, 1979). Cette propriété permet l'établissement de cartes de biomasses (Peyre de Fabrègues et De Wispelaere, 1988).

Des simulations de production peuvent être calculées à partir des données de pluviométrie et de "coefficients" d'efficacité pluviale (Le Houérou, 1984) qui sont disponibles pour 179 régions arides ou semi-arides. L'établissement de modèles de production de biomasse peut être associé à l'emploi des données des satellites météorologiques. Des progrès sont en cours dans ce domaine.

* Limites d'application

L'indicateur "biomasse épigée" synthétise très bien les effets des divers facteurs environnementaux sur l'activité biologique primaire. Il représente en même temps ce qui est disponible pour les consommateurs secondaires.

Il ne peut être interprété par rapport aux activités d'élevage que s'il est mis en relation avec le nombre des animaux qui utilisent cette ressource. L'étude de sa dynamique sera basée sur le suivi de son évolution à long terme et sa comparaison (si possible) à des données antérieures.

2.1.3 - Composition botanique de la strate ligneuse

La végétation ligneuse, composée de plantes vivaces, est sensible aux changements écologiques durables ; sa **structure** et sa **composition** sont des indicateurs pertinents à moyen terme.

Le bétail exerce un effet direct sur cette végétation en broutant les feuilles et les jeunes plants de certaines espèces et joue un rôle important dans la dissémination des semences. En raison de la **forte influence directe ou indirecte de l'élevage** sur le maintien et la régénération des ligneux dans les parcours, cet indicateur revêt une grande importance pour le suivi de l'impact de l'élevage sur l'environnement.

Cependant, les changements observés peuvent avoir **d'autres causes**, liées à des activités humaines, ou à des processus naturels ou climatiques. La mise en évidence de l'impact des activités d'élevage sur la composition de la strate ligneuse exige une bonne connaissance des circonstances de ces évolutions.

* Détermination

L'information sur la population ligneuse se collecte **sur le terrain** et comporte plusieurs types de données :

- La **liste des plantes** observées dans l'unité de végétation étudiée. Elle renseigne sur la présence ou l'absence d'espèces et, par comparaison dans le temps, sur leur apparition ou disparition.
- L'**abondance** et la **dominance** des espèces présentes, en complétant la liste précédente par cette indication. Cette donnée est beaucoup plus informative sur les facteurs environnementaux, y compris les activités humaines et l'exploitation, que la simple liste de plantes. Elle permet une perception plus précise des tendances évolutives.
- La **structure** de la strate ligneuse. C'est la répartition des ligneux par groupes de taille : arbres, arbustes et arbrisseaux en référence à la densité du couvert de chaque catégorie. Les prélèvements de bois, le broutage, les feux de brousse se répercutent très sensiblement sur le recouvrement et la répartition spatiale des ligneux, et sur les proportions respectives des plantes par classes de taille.
- La répartition des **classes de dimensions** pour les principales espèces (hauteur, diamètre du houppier, circonférence du tronc, surface terrière). Elle renseigne sur leur renouvellement actuel et permet l'analyse de l'évolution.

* Limites d'application

- ❑ Les diverses méthodes de mesure nécessitent des inventaires et des surfaces échantillons identifiées représentatives de plus larges unités.
- ❑ L'interprétation des couvertures photographiques aériennes permet une généralisation, mais seulement qualitative ou semi-quantitative. La définition de classes d'état en fonction de l'appréciation de la couverture végétale par photo- interprétation sur des clichés aériens à 1/50 000 pris à 20 ans d'intervalle a permis d'établir des cartes d'évolution de l'état de la végétation sur une région sahélienne d'Afrique (Toutain, De Wispelaere, 1976).
- ❑ Les satellites à haute résolution permettent l'identification de certaines formations végétales à condition de choisir les périodes de prise de vue et éventuellement de disposer de scènes prises à plusieurs dates. Les informations sont seulement qualitatives et complètent les données sur le recouvrement. Dans ce cas, l'échelle d'application est la région.

2.1.4 - Composition botanique de la strate herbacée

La végétation herbacée est composée d'**espèces annuelles et pérennes** dont la présence est influencée par les événements externes même de courte durée. La composition botanique peut évoluer rapidement.

Cette végétation est la **base de l'alimentation des herbivores**. La pression animale et les dates d'exploitation sont parmi les causes majeures directes de son évolution. Mais sa composition floristique résulte de mécanismes complexes, de sorte que les conséquences du broutage peuvent être perçues comme positives et négatives.

Les critères de recouvrement et de biomasse sont synthétiques, mais peu explicatifs. Ceux de composition floristique offrent davantage d'éléments d'analyse sur la responsabilité de l'élevage dans les changements observés.

*** Détermination**

La base de la connaissance floristique de la couverture végétale est le **relevé de terrain** qui enregistre plusieurs types de données :

- ❑ La **liste des espèces** présentes dans l'unité de végétation, en général complétée par des notes d'abondance, de dominance et de recouvrement.
- ❑ Les informations relatives au milieu et au mode ou à l'intensité d'exploitation.
- ❑ La structure du couvert herbacé, c'est-à-dire la répartition des différentes catégories de plantes avec leur phénologie (espèces annuelles et pérennes), les types biologiques (exemple : classification de Raunkiaer (1905), basée sur la position des organes de

régénération en période de repos végétatif) ou les types morphologiques (exemple : classification de Jacques-Félix (1962) pour les peuplements graminoides basée sur la disposition spatiale des tiges, feuilles et inflorescences). Cette dernière a été modernisée par Descoings (1971) pour définir des spectres morphologiques.

□ La **valeur pastorale du parcours**, après détermination de la contribution des espèces fourragères présentes et attribution d'une note de valeur pastorale à chacune d'elles (Daget, Poissonet, 1971).

* Limites d'application

La **composition floristique** du couvert herbacé est un bon indicateur écologique au niveau de la station d'étude. Il est sensible aux variations des conditions de milieu. Il est riche d'informations, mais doit être interprété pour dissocier les conséquences des activités d'élevage des autres causes naturelles ou humaines.

Certaines données, comprenant un grand nombre de stations, peuvent être généralisées à de grandes régions et devenir des indicateurs écologiques à long terme. Il s'agit par exemple de l'abondance, à l'intérieur de leur aire de répartition, de certaines espèces utiles au bétail, ou des proportions de plantes pérennes par rapport aux annuelles. Là aussi, seule une excellente connaissance du terrain permet d'interpréter la responsabilité de l'élevage dans les changements observés.

L'évolution de certaines populations végétales sont indicatrices d'impacts positifs ou négatifs de l'élevage sur le milieu. C'est notamment le cas de certaines plantes envahissantes (*Chromolaena odorata*, *Lantana camara*)

2.2 - Indicateurs physiques

2.2.1 - Indicateurs relatifs aux ressources en sol

L'état du sol des terres de parcours résulte principalement des effets mécaniques du piétinement par les animaux et des conséquences du broutage sur le recouvrement du sol par la végétation, exposant la surface aux facteurs d'érosion.

A - STRUCTURE DU SOL

La **structure** est la disposition spatiale des constituants du sol (particules solides, eau et air). Elle dépend principalement de la texture, ou proportion des constituants solides, mais divers facteurs climatiques ou biologiques, comme les actions mécaniques exercées par l'homme et les animaux, peuvent la modifier.

La modification de la structure des sols de parcours a pour causes principales le piétinement, en particulier en période humide, et le passage répété des animaux aux mêmes endroits. Il s'ensuit une dégradation de la perméabilité des horizons superficiels qui se traduit par une diminution de la vitesse d'infiltration et l'accroissement du risque de ruissellement au moment

des pluies, donc d'érosion hydrique. Le mauvais drainage est à l'origine des phénomènes d'asphyxie des racines (hydromorphie), préjudiciable à beaucoup de plantes et qui diminue l'activité biologique du sol.

* Détermination

☐ La caractérisation fondamentale de la structure est la **porosité**. Elle correspond au volume de vide d'un sol en place, exprimé en pourcentage du volume total. C'est "la meilleure expression de l'état structural des sols" (Duchaufour, 1984).

On la détermine par des mesures de **densité apparente**, qui est le poids de terre sèche par unité de volume apparent. Pour mesurer la densité apparente on enfonce dans le sol un cylindre de volume connu puis le prélèvement sera séché et pesé.

☐ La **stabilité de la structure** est la résistance aux facteurs externes de dégradation. Elle dépend de la texture mais elle est influencée par la teneur en matière organique. Le bétail participe à la fragmentation et à la fermentation des matières végétales. Par ses déjections, il contribue à améliorer cette propriété du sol.

La stabilité de la structure est évaluée au laboratoire par la méthode de Hénin (1969) et exprimée sous forme d'indice d'instabilité structurale.

* Limites d'application

Les mesures de densité apparente et de stabilité structurale ne peuvent être envisagées qu'à des échelles locales, restreintes à des types de sols définis ou à des parcelles délimitées. On doit faire référence à des situations antérieures ou à des situations témoins.

On peut les interpréter de manière semi-quantitative lorsqu'elles sont mises en relation avec des charges animales ou des intensités d'exploitation.

B - EROSION

L'érosion est l'une des principales causes de la baisse de fertilité des sols, elle peut aller jusqu'à les stériliser.

L'érosion hydrique a pour origine le ruissellement des eaux pluviales qui n'ont pu s'infiltrer. Elle est responsable de transport de matériaux et d'éléments fertilisants avec dépôt dans les parties basses ou entraînement dans les rivières. Le phénomène est d'autant plus redoutable que le climat présente des précipitations violentes et que le relief est plus accidenté.

L'érosion éolienne se manifeste lorsque le climat est sec. Les particules les plus fines sont entraînées dans l'atmosphère, ce qui appauvrit le sol et réduit la transparence de l'air. Celles qui sont plus lourdes sont déplacées au ras du sol et se déposent au niveau d'obstacles ou d'aspérités du relief.

La conséquence de l'érosion est l'amenuisement ou la disparition des horizons superficiels fertiles.

C'est en éclaircissant la végétation herbacée et en découvrant le sol que les animaux facilitent directement l'érosion. L'incendie des savanes par les bergers a les mêmes conséquences. Les pistes de cheminement des animaux sont des points de départ d'érosion.

* Détermination et limites d'application

□ Pour des surfaces n'excédant pas la dimension des versants, on peut mesurer, **au sol**, l'érosion hydrique à l'aide de dispositifs importants, comme les parcelles de Wischmeier. Le coefficient de ruissellement est le rapport en pourcentage des hauteurs de la lame d'eau ruisselée sur la hauteur de pluie. Pour les sols couverts de végétation naturelle, le coefficient de ruissellement augmente considérablement avec l'aridité, pouvant atteindre 80 p. 100 aux limites du Sahara (Valentin, 1994). Des appareillages plus simples permettent de mesurer les quantités de matières solides transportées par le vent.

□ Pour d'importantes surfaces érodées, **la télédétection** permet de les cartographier ; en effet les sols dénudés par l'érosion réfléchissent fortement la lumière et sont identifiables sur les photos aériennes et sur les images satellitaires. Cependant les terrains cultivés non couverts de végétation apparaissent de façon identique et seule la forme des contours permettra de les distinguer.

Le repérage par télédétection ne donne pas toute sécurité en raison des confusions possibles, mais il est commode pour un suivi à moyen terme de l'évolution des superficies érodées, à condition de comparer des données collectées à la même période d'activité de la végétation, pour éviter les erreurs liées aux stades de végétation des plantes.

□ Pour les très vastes surfaces (échelle régionale), les mesures d'albédo peuvent être effectuées. **L'albédo** d'une surface donnée peut être défini, grossièrement, comme le rapport de la puissance du flux solaire réfléchi, à la puissance du flux solaire incident. C'est le pourcentage d'énergie réfléchi par cette surface dans les courtes longueurs d'onde.

Dans les régions semi-arides, les différents types de dégradation des milieux naturels se manifestent, en général, par une augmentation de la lumière réfléchi par leur surface (Robinove, 1982). Dès lors, les mesures d'albédo peuvent constituer de bons indicateurs des changements qualitatifs de ces surfaces. On peut les effectuer à partir des données satellitaires ; les changements repérés sont cartographiés sur de vastes étendues, produisant des "images albédo" (Courel, 1984). La même étude exhaustive, au sol, n'est pas possible.

La précision est liée à celle des données satellitaires.

2.2.2 - Indicateurs de la qualité de l'eau

A - ANALYSE CHIMIQUE ET BIOLOGIQUE DES EAUX

En général, il y a peu d'information sur la qualité des eaux de surface (cours d'eau, mares, etc.) dans les pays en développement. Quand elle existe, la surveillance de la qualité des eaux est basée sur un réseau de sites d'observation, à des échelles locales, puis extrapolée à l'échelle régionale, sur la base d'une typologie des ressources en eau et de leur utilisation.

Dans le cadre de l'impact des activités d'élevage, le contrôle de la qualité des eaux en régions de parcours porte surtout sur les problèmes de pollution, liés à l'accumulation de matières organiques animales (fèces des animaux) ou végétales (débris végétaux fragmentés par piétinement autour des points d'eau).

*** Détermination**

Des analyses physiques et chimiques permettent d'évaluer le degré de pollution de l'eau :

. La turbidité de l'eau (ou charge organique et minérale). La demande biochimique en oxygène, mesurée pendant cinq jours (DBO5), est un paramètre représentatif de la charge en matière organique.

. La concentration en oxygène dissous, qui traduit un phénomène d'oxydation excessive dans le milieu aquatique (apports importants de matières organiques, eutrophisation) et dont l'abaissement anormal signale un danger pour la vie aquatique.

. Le taux de saturation en oxygène, qui a une signification identique au paramètre précédent, mais qui ne dépend pas de la température. La concentration en ions ammonium est corrélée également à un apport important de matières organiques ;

. Le sulfate d'ammonium qui est un indicateur de présence du bétail.

Des analyses microbiologiques permettent la recherche de germes microbiens (agents pathogènes, streptocoques fécaux, etc.). Elles s'imposent lorsque les points d'eau sont utilisés aussi bien par le bétail que par les populations humaines.

*** Limites d'application**

La qualité de l'eau relève surtout de la santé publique. La transmission de maladies communes aux hommes et au bétail (zoonoses) est peu fréquente mais doit être contrôlée. Les mesures de prophylaxie appropriées concernent entre autres les eaux de boisson.

L'unité d'étude est le groupe de population s'alimentant à la même ressource en eau.

B - RESIDUS DE PESTICIDES DANS LES EAUX

L'élevage sur parcours dissémine peu de substances chimiques parce qu'il est extensif. Les

produits de traitement employés en application sur l'animal pour la lutte contre les parasites externes sont utilisés dans des lieux de regroupement du bétail. Des installations fixes sont parfois construites : bains détiqueurs ou douches pour le bétail. Comme les effluents contenant les produits ne se répandent qu'à proximité, les risques de contamination restent localisés.

Le contrôle ou l'éradication d'insectes vecteurs de maladies ou parasites emploie des traitements insecticides épandus dans les biotopes de ces insectes, donc sur certaines parties des parcours. Dans ce cas, là aussi, les surfaces traitées sont limitées à des gîtes précis.

Il peut y avoir néanmoins risque de pollution chimique des eaux d'irrigation ou des eaux potables qui se trouveraient dans le voisinage immédiat.

Le contrôle de la qualité de l'eau consiste à rechercher la présence d'insecticides (DDT, organochlorés, etc.) dans des échantillons prélevés sur les lieux d'utilisation de l'eau.

2.2.3 - Indicateurs de la qualité de l'atmosphère

Les activités d'élevage entraînent directement certaines variations de la teneur de l'atmosphère en gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone et le méthane. Les systèmes d'élevage sur parcours, extensifs, concernent de vastes surfaces, mais impliquent de faibles densités d'animaux.

Les feux de brousse libèrent sous forme de gaz de grandes quantités de carbone et intéressent directement les terres de parcours.

La production de méthane par les ruminants n'est pas spécifique à ce type de milieu en ne sera pas prise en compte comme indicateur spécifique.

A - LE DIOXYDE DE CARBONE ET LES FEUX

Les parcours des pays chauds sont fréquemment incendiés. Dans les régions semi-arides, ces feux de brousse sont généralement accidentels et peu fréquents. En région tropicale sub-humide, les feux sont traditionnellement utilisés pour nettoyer les savanes et peuvent être annuels. Les éleveurs contribuent à ces mises à feu pour éliminer les pailles inconsommables par les animaux et favoriser la production de repousses nutritives.

Les feux de savane concernent chaque année des surfaces considérables. Ils ont deux conséquences en ce qui concerne l'atmosphère :

☐ Selon un cycle annuel, il y a élimination de quantités énormes de matière végétale et libération dans l'atmosphère de dioxyde de carbone. Mais à la saison suivante, la végétation se reconstitue en puisant le carbone nécessaire dans l'atmosphère. Il y a donc un cycle saisonnier, mais une stabilité interannuelle.

☐ A long terme, les feux assurent l'équilibre entre la strate herbacée et les peuplements ligneux peu denses des savanes, limitant l'extension des arbres et arbustes. Ainsi, la biomasse

végétale est maintenue à un niveau inférieur à ce qu'elle serait sans passage du feu. De plus, les incendies réduisent la part de matière organique susceptible de s'incorporer au sol. Il y a donc une moindre fixation du carbone par une savane herbeuse que par une formation boisée.

L'intensification de l'élevage favorise le stockage du carbone en limitant l'emploi du feu. De plus, on a constaté que l'amélioration des savanes par la culture de plantes fourragères fixe, en partie dans ses racines, d'importantes quantités de carbone (jusqu'à 53 tonnes de CO² par hectare) (Fisher, 1994).

* Détermination et limites d'application

L'estimation des quantités de carbone fixé s'appuie sur les mesures de matières organiques épigées et hypogées. Ces mesures sont difficiles et réalisées sur de petits échantillons. Elles ne permettent qu'une évaluation approximative, mais sont parfois extrapolées à de larges étendues.

Elles ne peuvent constituer un indicateur des effets de l'élevage applicable aux terres de parcours.

B - LES MATIERES EN SUSPENSION DANS L'ATMOSPHERE

L'érosion éolienne et les feux de brousse entraînent dans l'atmosphère des particules solides de très petites dimensions qui altèrent temporairement la transparence de l'air. La diffusion de la lumière par les particules en suspension est perceptible par les satellites.

L'élevage sur parcours n'a qu'une responsabilité partielle et indirecte sur ces phénomènes, due à sa participation à la désertification et à l'usage du feu de brousse par les bergers.

3 - INDICATEURS INDIRECTS

Ces indicateurs sont dits "indirects" parce que s'ils s'appliquent à l'élevage, au bétail, aux éleveurs, à la production animale, ses moyens, ses règles juridiques ou ses résultats micro- et macro-économiques, ils n'ont qu'un rapport indirect avec l'environnement par les externalités qu'ils produisent.

3.1 - Indicateurs indirects de nature technique

Les indicateurs choisis se rapportent d'une part au cheptel (effectifs, caractéristiques et performances) et, d'autre part, aux pratiques de complémentation alimentaire, qu'il s'agisse de cultures fourragères ou d'aliments d'origine agricole.

3.1.1 - Nombre d'animaux domestiques et pression animale sur l'environnement

A - DENSITE ANIMALE

Le **nombre d'animaux domestiques** dans un périmètre donné est l'aboutissement historique des activités d'élevage. Il est limité par les ressources fourragères ou alimentaires, par l'accès à l'eau d'abreuvement, par sa concurrence avec les autres activités ou spéculations, notamment l'agriculture, par exemple au plan des moyens de production et de la main-d'oeuvre.

L'impact des animaux sur l'environnement dépend des espèces et est directement fonction du nombre de têtes. A l'échelle d'une région, d'une division administrative ou d'un pays, on calcule la **densité animale** en rapportant le nombre de têtes à la surface de la zone considérée.

Au pâturage, la **charge animale**, ou taux de chargement réel, résulte du nombre d'animaux exploitant une surface déterminée. Elle est généralement exprimée en unités de bétail UGB (unité de gros bétail) ou UBT (unité de bétail tropical) ou en anglais SU (*standard unit*), chaque espèce ou catégorie étant affectée d'un coefficient par rapport à ces unités standards. La charge animale est exprimée par le nombre d'animaux standard par unité de surface (exemple des UGB/ha).

* Détermination

Le **nombre d'animaux** à l'échelle d'une région ou d'un Etat est d'autant plus difficile à connaître que les modes d'élevage sont plus extensifs.

Les données statistiques sur l'élevage constituent des sources d'information d'accès facile. Elles sont généralement présentées par division administrative, mais ne sont pas toujours récentes. Certaines s'appuient sur des recensements agricoles systématiques. Les méthodes utilisées pour les établir sont diverses et pas toujours comparables. Leur degré de précision n'est généralement pas donné. Il faut garder l'esprit critique en utilisant ces chiffres quant à leur précision et leur actualité.

Certaines campagnes de vaccination permettent un comptage assez précis. Les services de l'élevage ou les vétérinaires ruraux ont parfois une bonne connaissance du cheptel qu'ils visitent.

Sur de grandes surfaces, dont la végétation était peu arborée (pour que les animaux soient visibles), les survols à basse altitude pour comptage, soigneusement préparés et exécutés selon des méthodes précises, ont permis des évaluations acceptables (R.I.M., 1992).

A l'échelle du terroir, le cheptel peut être évalué par comptage direct des animaux en se plaçant en des endroits de passage obligé (points d'abreuvement, bains détiqueurs, couloirs de vaccination...).

B - COMPOSITION DES TROUPEAUX PAR ESPECE ANIMALE

La **composition par espèce animale** du cheptel est une information de grande importance. En effet, chaque espèce a son régime alimentaire propre et exerce une pression particulière sur l'environnement. Les bovins par exemple sont d'abord des pousseurs et se nourrissent d'herbe, alors que les caprins sont surtout des brouteurs et consomment majoritairement des feuilles et des fruits

d'arbustes et d'arbres. Les distances explorées entre les points d'eau et les pâturages diffèrent aussi d'une espèce à l'autre.

L'évolution de la composition spécifique du cheptel d'une région est partiellement liée à l'évolution des ressources fourragères. Elle illustre donc les changements qui affectent l'environnement. C'est ainsi que l'aridification du Sahel a donné de l'importance à l'élevage camelin. Elle dépend aussi de la richesse des éleveurs. Un troupeau de bovins représente un capital plus long à constituer et moins rapidement mobilisable qu'un troupeau de moutons ; son accroissement résulte d'une capacité à l'accumulation.

* Détermination

Les statistiques d'élevage et les comptages d'animaux domestiques cités précédemment permettent de répartir les effectifs par espèce. Il faut avoir recours à des évaluations anciennes ou opérer des comptages périodiques pour suivre l'évolution des populations de chaque espèce. Pour que les comparaisons soient possibles, les collectes de données doivent avoir le même niveau de précision.

* Limites d'application

De nombreux facteurs influencent la composition spécifique du cheptel, l'environnement n'étant pas seul concerné. Une analyse critique des évolutions constatées est nécessaire pour expliquer les interactions entre cette caractéristique de l'élevage et l'environnement.

C - RAPPORT ENTRE CHARGE REELLE ET CAPACITE DE CHARGE

La **capacité de charge** est la quantité maximale de bétail qu'un pâturage est supposé pouvoir supporter sans se détériorer (FAO, 1988). Cette notion est très controversée car on ne peut déterminer avec exactitude la limite au-delà de laquelle il y a risque de dégradation. Elle donne néanmoins un ordre de grandeur commode et s'exprime aussi en nombre de têtes ou d'animal standard par unité de surface.

Le rapport de la charge animale réelle à la capacité de charge constitue un bon indice d'intensité d'exploitation du pâturage ; il y a surexploitation lorsque il est supérieur à 1.

* Détermination

L'estimation de la capacité de charge est basée sur le besoin d'ingestion de matière sèche de l'animal standard, pour son entretien. Exemple : la ration quotidienne d'un bovin, en matière sèche de fourrage, équivaut à environ 2,5 p. 100 de son poids vif. Par exemple, il faut 2,28 t de matière sèche fourragère pour assurer l'entretien d'un UBT (Unité Bovin Tropical) de 250 kg vif, pendant un an.

Pour estimer la capacité de charge, on mesure la biomasse fourragère offerte par le pâturage et on lui applique un coefficient d'utilisation de la biomasse (entre 35 et 90 p. 100), qui est fonction du type de végétation, du mode d'élevage et de l'espèce (Toutain et Lhoste, 1977).

* Limites d'application

La précision de cet indicateur dépend de l'échelle d'appréciation. Sur une parcelle clôturée, homogène, dont on connaît bien le rendement en fourrage et le chargement, le calcul peut être précis. A l'échelle d'un terroir hétérogène, mal délimité et subissant des déplacements de troupeaux ou des transhumances, l'estimation ne peut qu'être approximative.

Bien que cet indicateur ne soit qu'indicatif, son emploi présente des avantages. Il permet l'appréciation de la partie de la production fourragère prélevée par le bétail et donc la "**pression pastorale**" sur le milieu. Il est spécifique de l'élevage et n'est pas pollué par d'autres facteurs.

D - COMPOSITION DU TROUPEAU PAR SEXE ET CLASSE D'AGE

La proportion de classes d'âge et de sexe résulte du mode de gestion de son cheptel par l'éleveur qui prend également en compte des indicateurs zootechniques tels que la mortalité, la fécondité, etc. Ces informations renseignent non seulement sur les contraintes alimentaires et sanitaires que subissent les animaux, mais aussi sur le contexte technique et commercial dans lequel se trouve l'éleveur. L'environnement est donc l'un des facteurs déterminants.

* Détermination

La composition des troupeaux est établie par comptage exhaustif des animaux qui les constituent. Le choix de ces troupeaux suppose une base d'échantillonnage établie pour permettre d'extrapoler les résultats à une classe d'éleveurs ou à une région. L'évolution de la composition des troupeaux est perçue en répétant ces comptages dans le temps.

* Limites d'application

Autant cet indicateur est précis et interprétable lorsqu'il est établi pour des catégories bien définies d'élevages, autant l'intégration de systèmes diversifiés et l'extension à l'échelle de terroirs ou de régions lui fait perdre en signification et en intérêt.

3.1.2 - Pratiques d'alimentation des animaux d'élevage

Les ressources fourragères disponibles dans les parcours varient en quantité et en qualité, en fonction des saisons et d'aléas divers (sécheresses, inondations, incendies...). Pour assurer une bonne alimentation à son bétail, l'éleveur qui exploite des parcours a recours à diverses pratiques : la **mobilité** pour exploiter au mieux l'espace, la **complémentation** pour équilibrer la ration.

A - MOBILITE DES TROUPEAUX, TRANSHUMANCE

La mobilité des troupeaux est l'élément incontournable d'une bonne exploitation fourragère des productions végétales spontanées en élevage extensif.

Les "déplacements" des ressources fourragères, d'une période à l'autre, imposent que ce soient les animaux qui aillent les consommer là, et au moment, où elles se développent de façon presque imprévisible.

Trois modes principaux de "mobilité" des animaux sont à retenir : nomadisme, transhumance et divagation (parfois appelée "libre pâture").

Le nomadisme s'exerce dans les régions les plus arides, là où les pluies qui provoquent la pousse de la végétation pastorale sont si aléatoires qu'aucune prévision ne peut être faite. Alors, sous réserve d'une possibilité d'abreuvement, les troupeaux sont conduits sur ces pâturages éphémères, dès leur apparition, et n'y restent que le temps de les épuiser. C'est le cas sur les marges du Sahara.

La transhumance est, elle, un mouvement régulier, sur une base saisonnière, des troupeaux entre deux ou plusieurs formations végétales, dont la valeur fourragère mérite d'être utilisée à un moment précis.

La divagation est un mode très répandu chez les petits éleveurs dans les régions où il y a, à suffisance, des ressources pastorales "communautaires". En général le propriétaire des animaux veille à les éloigner des parcelles cultivées mais, en revanche, peut les laisser sans aucune garde dans les parties communes ou quand il n'y a plus de risque. Alors, les animaux pâturent librement au gré de leur instinct et ne rentrent que le soir. Ce mode est très pratiqué pour les petits ruminants en zones humides et pour les camelins.

B - COMPLEMENTATION ALIMENTAIRE

Pour les animaux en élevage extensif, la part de la complémentation dans leur ration renseigne sur le degré d'intensification et de maîtrise de l'alimentation du système. L'importance de la complémentation peut être estimée en prenant en compte les surfaces de cultures fourragères ou les quantités d'aliments du bétail utilisées.

a) Proportion de cultures fourragères par rapport aux parcours exploités

Pour compenser les déficits saisonniers des pâturages, qu'ils soient quantitatifs ou qualitatifs, certains éleveurs installent des prairies ou des cultures fourragères qui seront pâturées en alternance avec les parcours ou destinées à la constitution de réserves. Habituellement l'agro-éleveur effectue ces cultures fourragères sur des terres de bonne qualité ou sur des parcelles qui lui sont attribuées.

Dans ce cas, la pression de pâturage sur le parcours n'est plus seulement fonction de la charge animale, mais aussi de sa part dans le calendrier fourrager. Une grande proportion de

surfaces fourragères cultivées peut signifier un recours limité aux parcours. Ce rapport parcours/culture peut renseigner sur le niveau d'intensification de l'élevage.

* Détermination

Les surfaces cultivées en fourrages apparaissent dans les statistiques agricoles. En leur absence, ou à titre de contrôle, on peut avoir recours à la télédétection, soit sur photographies aériennes, soit sur images satellitaires à grande résolution.

Les statistiques de commercialisation des semences fourragères apportent, aussi, une indication des surfaces fourragères mises en place chaque année. Elles sont utiles en particulier pour les cultures fourragères annuelles qui se différencient mal des autres cultures, par télédétection.

b) Nature des aliments de complément et pratiques de complémentation

La complémentation est faite avec des fourrages, verts ou conservés, que l'éleveur produit ou achète, ou avec des sous-produits de l'agriculture et des industries agro-alimentaires, des céréales, des mélanges alimentaires spécifiques.

Le choix des aliments de complément est guidé principalement par les disponibilités et les prix du marché et des transports. Il s'agit de sous-produits de l'agriculture (exemple : les fanes d'arachides au Sénégal), de sous-produits agro-industriels (exemple : les tourteaux de soja ou de coton, la mélasse), de céréales (exemple : l'orge en pays méditerranéen).

Le recours aux aliments de complément peut résulter de l'insuffisance des ressources fourragères des parcours. Elle peut aussi provenir de systèmes de production s'éloignant de la subsistance pour devenir spéculatifs. Dans ce cas, le parcours est considéré comme une ressource partielle, voire accessoire, et l'éleveur ne se sent pas incité à préserver le milieu. Dans les deux cas, l'analyse concerne l'environnement.

* Détermination

On recherche les quantités produites ou commercialisées de ces sous-produits, de ces céréales destinées aux animaux et de ces compléments alimentaires. Elles sont exprimées en fonction de l'effectif du cheptel de la région considérée.

Il convient de connaître par système de production les usages habituels qui sont faits de ces aliments. On procèdera par enquête ou par expertise.

* Limites d'application

Cet indicateur est utilisable à l'échelle de régions. Il doit s'appliquer autant que possible à des systèmes de production définis, car il est fonction du niveau d'intensification. Il mesure la part de la production agricole dans la production animale.

3.2 - Indicateurs indirects de nature juridique, sociale et économique

Ils concernent l'usage de la terre et l'accès aux ressources pastorales, certains faits démographiques, les profits des éleveurs, les revenus de l'élevage, les modes d'organisation du secteur et les mesures incitatives.

3.2.1 - Occupation des sols

a - Changements concernant les pâturages permanents

Les divers types d'occupation des sols sont internationalement définis. Les terres agricoles se répartissent en pâturages permanents, en surfaces cultivées et en surfaces irriguées. Les parcours, mais aussi les prairies permanentes semées, relèvent de la première catégorie. La surface de pâturage permanent renseigne sur l'espace disponible pour l'élevage, et peut être comparée aux effectifs animaux ou aux productions animales.

Par rapport à l'environnement, c'est surtout l'évolution dans le temps des surfaces qui doit être pris en compte. Les parcours peuvent s'accroître au détriment de forêts (déforestation), ou au contraire laisser la place à des forêts (reboisement, réforestation), à des cultures (défrichage, extension des cultures) ou à des surfaces autres (urbanisation par exemple). Cependant, l'évolution des surfaces de parcours ne doit pas seulement être comparée à l'évolution du cheptel mais aussi tenir compte des changements dans la participation à l'alimentation animale des autres ressources fourragères, d'origine agricole.

Cet indicateur a une importance considérable car il contient plusieurs éléments d'interprétation vis-à-vis de l'environnement: la charge animale et les risques de surexploitation, la part de l'espace attribuée exclusivement à l'élevage comparée à la part de l'agriculture, la part de l'élevage extensif comparé à d'autres types d'élevage, en particulier la conversion du système pastoral au système mixte, la biodiversité des parcours en tant qu'espaces naturels.

*** Détermination**

On a recours aux statistiques nationales, tant en ce qui concerne les surfaces en pâturages permanents que, par rapport à celles-ci, la proportion de parcours et de prairies cultivées.

Une bonne connaissance de la situation de chaque pays est indispensable pour connaître la nature et l'usage des parcours. On doit tenir compte par exemple des surfaces inaccessibles au bétail par manque d'eau.

b - Proportion de surfaces cultivées par rapport aux parcours

Cette information est liée aux systèmes d'élevage et à l'intensification. Les cultures constituent des sources de fourrage et d'aliments pour les animaux, principalement dans le cadre des systèmes de production mixtes agriculture-élevage. Dans la mesure où les cultures couvrent l'essentiel de l'alimentation, l'éleveur peut devenir négligent dans la gestion conservatoire des

parcours.

c - Réserves et parcs

Les surfaces classées en réserves ne sont pas ouvertes aux éleveurs. Elles demeurent des zones réservoirs pour les espèces sauvages, animales et végétales. Une partie de ces réserves sont couvertes de végétation herbacée et sont parcourues par les herbivores sauvages. La biodiversité y est préservée, y compris d'ailleurs pour certains parasites ou maladies du bétail.

Les superficies constituent un indicateur environnemental, ainsi que la liste et le nombre des espèces végétales et animales présentes. Il convient de s'assurer que les règles de protection sont bien respectées, ou de connaître la proportion des activités humaines qui y sont menées en dépit ou dans le cadre de cette protection.

d - Zones de traitements contre les tsé-tsé et autres insectes nuisibles au bétail

Les mesures d'envergure pour contrôler les parasites ou leurs vecteurs levent des obstacles à l'utilisation d'espaces naturels, notamment des parcours pour l'élevage et l'agriculture. Elles entraînent des changements importants des populations animales et végétales et d'occupation des sols. Il convient d'associer à ces mesures une surveillance de l'environnement au niveau du terrain.

Les surfaces concernées et les techniques de traitement (polluantes ou non) sont les éléments de base de cet indicateur.

Celui-ci peut être complété par des contrôles des incidences des substances utilisées dans les organismes vivants ou l'eau.

3.2.2 - Droits d'accès aux ressources pastorales

Des règles coutumières régissent toujours l'usage des parcours et des ressources végétales dans de nombreuses régions. Leur diversité est grande. L'abandon fréquent du respect de ces règles ne conduit généralement pas à l'adoption d'autres dispositions. Il existe aussi des lois (droits de propriété) ou des réglementations (codes pastoraux ou forestiers), mais leur application n'est pas toujours respectée.

Ces règles d'accès aux ressources sont reconnues pour avoir une grande importance sur l'application de dispositions pour la gestion respectueuse de l'environnement.

Ces éléments nécessitent pour être obtenus une connaissance profonde des usagers des parcours, des relations qui régissent leur vie sociale et des contraintes qu'ils rencontrent pour assurer leur existence.

Il convient d'examiner également les droits d'accès à la terre pour la mise en culture ou la jouissance privative. La réduction des surfaces en parcours résulte souvent d'une incapacité des pasteurs à faire valoir des droits au sol en face à l'extension des surfaces cultivées.

3.2.3 - Populations d'éleveurs

a - Nombre d'éleveurs

Des relations sont mises en évidence entre le nombre d'habitants d'une région, plus particulièrement d'habitants ruraux, et le nombre d'animaux, et donc indirectement avec les ressources pastorales.

Si l'on dispose de statistiques sur le nombre d'éleveur, il convient de distinguer les effectifs selon les systèmes de production d'élevage auxquels ils se rattachent. En effet les impacts du bétail sur l'environnement sont liés aux pratiques d'élevage.

Les tendances évolutives des populations rurales et des types d'éleveurs sont des critères utiles pour l'interprétation de phénomènes environnementaux. Il en est de même pour les tendances migratoires, qu'il s'agisse de déplacements définitifs d'une région à une autre ou d'exode vers les villes.

b - Associations d'éleveurs

En s'organisant en associations, les éleveurs constituent des structures ayant des capacités non seulement commerciales mais aussi d'influence, tant vis-à-vis des autres catégories professionnelles et des pouvoirs publics que des adhérents.

Leur conférer des droits sur les ressources pastorales peut être un moyen d'accroître les capacités de gestion des pacours. Une démarche de formation des responsables et des membres de ces associations aux questions de l'environnement peut être souhaitable.

Dans ces conditions, le nombre des associations (ou d'organisations) d'éleveurs ayant une fonction de gestion de l'espace et de terroir peut être pris en compte comme indicateur. Il est utile de noter aussi l'importance de ces groupements (proportion d'éleveurs adhérents par rapport au nombre total d'éleveurs, le nombre d'animaux représentés, la surface du terroir concerné).

3.2.4 - Revenus et avantages tirés du bétail

a - Revenu de l'élevage dans le revenu agricole des exploitations

b - Avantages économiques et sociaux liés à la possession du bétail

c - Autres revenus de l'exploitation des ressources naturelles

Les terres de parcours permettent d'autres activités lucratives que l'élevage. Il s'agit de l'exploitation des paysages et des ressources d'origine animale et végétale offertes par le milieu naturel. Le tourisme de vision, la chasse, la pêche, la cueillette peuvent assurer des revenus qu'il convient de chiffrer et de comparer avec ceux de l'élevage. Ces activités bien conduites sont en effet particulièrement protectrices de l'environnement.

3.2.5 - Prix des produits de l'élevage au niveau régional ou national

a) Les prix du marché influent considérablement sur les ventes de bétail ou au contraire sur la capitalisation de bétail. Les effets des cours des change, la concurrence de produits animaux d'importation, les cours mondiaux ont des répercussions sur le nombre d'animaux possédés par les éleveurs, et en conséquence sur les ressources.

En cas de prix commerciaux bas, les petits éleveurs sont obligés d'exploiter leur troupeau au delà du seuil permettant le maintien de l'effectif. Ils perdent peu à peu leur capital. La possession du bétail par des agriculteurs ou par des citoyens désirant thésauriser et confiant leurs animaux à des bergers a des conséquences négatives sur l'utilisation des pâturages.

3.2.6 - Mesures de contrôle et d'incitation à la production animale

Les pouvoirs publics disposent de moyens pour favoriser certaines catégories de producteurs ou pour inciter diverses activités. Les objectifs sont généralement économiques ou politiques. Ils peuvent aussi être orientés pour la protection de l'environnement. Les parcours sont concernés par diverses mesures touchant l'élevage, l'agriculture, la forêt et l'environnement.

Les pouvoirs publics peuvent agir sur les taxes touchant l'élevage, les taxes foncières, les droits de douane. Des mesures incitatives peuvent être prises, avec des objectifs indirects relatifs aux effectifs en bétail, au métier d'éleveur, aux systèmes de production d'élevage, et de ce fait protéger par contre-coup les espaces naturels que sont les parcours, en permettre des utilisations durables. Il peut viser aussi à lever des contraintes (par ex. l'eau d'abreuvement) ou freiner des commodités abusives conduisant l'éleveur à des pratiques destructives.

Le montant des fonds publics ou internationaux attribués à l'élevage et la part de ce montant consacré aux actions de gestion de l'environnement constituent deux de ces des indicateurs.

BIBLIOGRAPHIE

AITVM, 1989 - Livestock production and diseases in the tropics. Proc. 6th Intern. Conf. of Institutes for tropical Veterinary Medicine, Wageningen (Netherlands), 28 Aug. - 1 Sept.: 91-94.

BANG P., DAHLSTROM P., 1991 - Guide des traces d'animaux. Delachaux et Niestlé éd.: 244 p.

BARBAULT R., 1993 - Point sur le programme national "Dynamique de la biodiversité et environnement". Contribution française au programme international DIVERSITAS. Labo. Ecol., ENS, Paris : 19 p.

BAUDRY J., BARRE V., BUREL F., LEFEUVRE J.C., 1992 - La déprise agricole. Premier bilan des recherches (1988-1991) pilotées par le comité "Ecologie et gestion du patrimoine naturel". REED (Srétie Info), Minist. Envir., 38-39 : 19-24.

BEAUFORT F. de, 1986 - Zones humides d'Afrique septentrionale, centrale et occidentale. II - Inventaire préliminaire et méthodologie. Secr. Faune Flore, Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, série Inventaire de Faune et de Flore, fasc. 35 : 477 p. + 1 carte h.t.

BEHNKE R.H., SCOONES I., 1992 - Rethinking range ecology: implications for rangeland management in Africa. Washington, 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.

BELSKY A. J., 1986 - Does herbivory benefit plants? A review of the evidence. Am. Nat., 127: 870-92.

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., 1977 - Case study on desertification. The Eghazer and Azawak region, Niger. Conf. Nat. Unies sur la désertification, Nairobi (cité par Sandford, 1989).

BILLE J.-C., 1976 - Etude de la production primaire nette d'un écosystème sahélien. Travaux et documents de l'ORSTOM, 65, Paris : 82 p.

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

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

BONTE P., 1984 - Chronique sur le développement pastoral. Production pastorale et société, 15 : 121-9.

BOUDET G., 1984 - Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. Série Manuel

et Précis d'élevage, N° 4, IEMVT, Minist. Coop., Paris, (4e éd.) : 266 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.

BOURBOUZE A., 1982 - L'élevage dans la montagne marocaine. Organisation de l'espace et utilisation des parcours par les éleveurs du Haut Atlas. Thèse Doct. Ing. Sc. Agron. : 345 p. + ann.

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

BOURBOUZE A., RUBINO R. (éds.), 1992 - Terres collectives en Méditerranée. Histoire, législation, usages et modes d'utilisation par les animaux. FAO / Réseau parcours : 279 p.

BRAQUE R., 1988 - Biogéographie des continents. Masson éd., Paris : 470 p.

BREMAN H., CISSE A. M., 1977 - Dynamics of sahelian pastures in relation to drought and grazing. *Oecologia* (Berl.), 28: 301-315.

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.

BREMAN H., WIT C. T. de, 1983 - Rangeland productivity and exploitation in the Sahel. *Science*, 221(4618): 1341-47.

BREMAUD O., RADIER H., 1954 - Les bases de l'hydraulique pastorale dans le Soudan oriental (Cercle de Gao). *Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop.*, 7(1) : 19-36.

BROSSET A., PETTER J.J., 1967 - Dynamique des populations d'oiseaux au Maroc oriental. *Bull. Soc. Sc. Nat. du Maroc*, Rabat : 399-406.

BROWN B. J., ALLEN T. F. H., 1989 - The importance of scales in evaluating herbivory impacts. *Oikos*, 54: 189-94.

BROWN L.H., 1971 - The biology of pastoral man as a factor in conservation. *Biol. Conserv.*, 3(2): 93-100.

CARRIERE M., 1989 - 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.

CESAR J., 1989 - Influence de l'exploitation sur la pérennité des pâturages de savane. I- Effet de la coupe sur la masse du système souterrain. *Fourrage*, 118 : 115-125.

CHARNEY J. G., QUIRK W. J., CHOW SHU HSIEN, KORNFIELD J., 1977 - A comparative study of albedo change on drought in semi-arid regions. *J. Atm. Sc.*, 34 : 1366-85.

CHEVALIER A., 1912 - Carte agricole, forestière et pastorale de l'Afrique occidentale. *La Géographie*, 26(4), pl. I (échelle 1/3 000 000e).

CIPEA Actualités, 1994, 12(4).

CIPEA Actualités, 1994, 13(2) : 5-6.

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

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

COSSINS N.J., UPTON M., 1987 - The Borana pastoral system of southern Ethiopia. *Agricultural Systems*, 25: 199-218.

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.

CRAWLEY M.J., 1983 - Herbivory. The dynamics of animal-plant interactions. *In: Studies in ecology*, 10, Blackwell Scientific Publications, Oxford : 437 p.

CTFT (Centre Technique Forestier Tropical), 1979 - Conservation des sols au sud du Sahara. Minist. Coop., coll. Techniques rurales en Afrique, 2e éd. : 296 p.

CUISANCE D., 1993 - Impact sur l'environnement de la lutte contre la tsé-tsé. *In: BALANCA & VISSCHER (Coord.) : "Méthodes de recherche en écologie des traitements antiacridiens en Afrique"*, C.R. atelier CCE-CIRAD, 24-27 fév. 1992, Montpellier : 109-116.

CZAJKOWSKI A.-M., 1986 - Zones humides d'Afrique. I - Bibliographie. *Secr. Faune Flore, Mus. Nat. Hist. Nat., Paris, série Inventaire de Faune et de Flore, fasc. 34* : 99 p.

DAGET P., 1980 - Sur les types biologiques botaniques en tant que stratégie adaptative. (cas des thérophytes). *In: BARBAULT R., BLANDIN P., MEYER J.A. : "Recherches d'écologie théorique. Les stratégies adaptatives"* ; Maloine éd. : 89-114.

DAGET P., POISSONET J., 1971 - Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application. *Ann. Agron.*, 22(1) : 5-41.

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

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.

- DELWAULLE J.C.**, 1973 - Le bois de feu à Niamey. Bois et Forêts des Tropiques, 152 : 55-60.
- DESCHLER W.**, 1974 - An examination of the extend of fire in the grassland and savanna of Africa along the southern side of the Sahara. Proc. 9th Intern. Symp. Rem. Sens. Environ., Ann. Arbor., 1: 23-30.
- DESCOINGS B.**, 1971 - Méthode de description des formations herbeuses intertropicales par la structure de la végétation. Candollea, Genève, 26(2) : 223-257.
- DEWISPELAERE 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.
- 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.
- DIGARD J.P.**, 1973 - Contraintes techniques de l'élevage sur l'organisation des sociétés de pasteurs nomades. Doc. et Perspectives de travail. In: Cahiers du C.E.R.M., nf. 109 : 33-50.
- DUCHAUFOR P.**, 1984 - Pédologie. Masson éd., coll. Abrégés : 220 p.
- DUNGLAS J.**, 1993 - Effet de serre et activités humaines (gaz à effet de serre d'origine anthropique). Sécheresse, 4(4) : 211-220.
- DYER M.I.**, 1980 - Mammalian epidermal growth factor promote plant growth. Proc. Natl. Acad. Sci., USA, 77: 4836-37.
- ENGELHARDT W. von et al.**, 1989 - Comparative aspects of ruminants and camels grazing on a thornbush savannah pasture. In: "Feeding strategies for improving productivity of ruminant livestock in developing countries". Int. Atomic Energy Agency, Vienna: 63-9
- FAO**, 1988 - Guidelines: land evaluation for extensive grazing. Soil Bull. N° 58, Rome.
- 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.
- FAUGERE O., DOCKES A. C., PERROT C., FAUGERE B.**, 1990 - L'élevage traditionnel des petits ruminants au Sénégal. II : Pratiques de conduite et d'exploitation des animaux chez les éleveurs de la région de Louga. Rev. Elev. Méd. vét. Pays trop., 43(2) : 261-7.
- FISHER M. et al.**, 1994 - Carbone storage by introduced deeprooted grasses in the South American savannas. Nature.
- FILY M., BALENT G.**, 1991 - Les interactions entre la végétation herbacée et les grands vertébrés herbivores : le pâturage considéré comme un facteur évolutif pour les plantes. INRA-SAD, 26 : 41 p.

FORSE B., 1989 - The myth of the marching desert. *New Sci.*, 121-1650: 31-32.

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 (Xe Grenier de Theix), Versailles, INRA pub. : 9-20.

GENY - WAECHTER - YATCHINOVSKY (sous la dir. de), 1992 (?) - Environnement et développement rural. Guide de la gestion des ressources naturelles. Frison-Roche éd.

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.

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

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. Dévpt.*, 9-10 : 60-9.

HAIRSTON N.G., SMITH F.E., SLOBOKIN L.D., 1960 - Community structure, population control and competition. *Amer. Nat.*, 54 :412-425.

HALL D., SCURLOCK J., 1991 - Climate change and productivity of natural grasslands. *Ann. Bot.*, 67: 49-55.

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

HARPAZ Y., 1975 - Simulation of the nitrogen balance in semi-arid regions. Thèse, Hebrew Univ., Jérusalem.

HARRINGTON G., 1978 - The implications of goat, sheep and cattle diet to the management of an australian semi-arid woodland. *Proc. 1st Int. Rangeland Congress, Denver, Colorado*: 447-50.

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

HENIN S., 1938 - Etude physico-chimique de la stabilité structurale des terres. Thèse Univ. Paris. Imprimerie Nationale, 72 p.

HERRERA C.M., 1985 - Determinants of plant - animal coevolution: the case of mutualistic dispersal of seeds by vertebrates. *Oikos*, 44: 132-141.

HIERNAUX M., 1993 (?) - Sustainability of sahelian pastoralism: a quantification of the impact of livestock production on the renewal of sahelian range resources. CIPEA: 20 p.

HITCHCOCK R.K., 1978 - Kalahari cattle posts. Ministry of local government and lands, Gaborone (cité par Sandford, 1989).

HU S.T., HANNAWAY D.B., YOUNGBERG W., 1992 - Forage resources of China. PUDOC, Wageningen: 300 p.(?)

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

JACQUES-FELIX H., 1962 - Les graminées d'Afrique tropicale. I. Généralités, classification, description des fleurs. Paris, IRAT, Bull. Scient. N° 8 : 345 p.

JAHNKE H.E., 1984 - Systèmes de production animale et développement de l'élevage en Afrique tropicale. -Kiel: CIPEA Kieler Wissenschaftsverlag.

JOBLIN A.D.H., 1960 - The influence of night grazing on the growth rates of zebu cattle in East Africa. J. Br. Grassl. Soc., 15: 212-215.

JOFFRE R., HUBERT B., MEURET M., 1991 - Les systèmes agro-sylvo-pastoraux méditerranéens : enjeux et réflexions pour une gestion raisonnée. UNESCO, Dossier MAB 10 : 96 p.

JORDAN A.M., 1991 - Environmental and ecological considerations relating to tse-tse control. Meeting the panel of experts on ecolog. and technical aspects of the Prog. for the control of Afric. Trypano. and related devpt., Harare (Zimbabwe, 24-26 june).

JOYCE L., 1989 - An analysis of the range forage situation in the United States, 1989-2040. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Washington DC: p. 10.

KING M. K., 1983 - Livestock water needs in pastoral Africa in relation to climate and forage. ILCA Research Report, 7: 94 p.

LAMBERT M. G., GUERIN H., 1989 - Competitive and complementary effects with different species of herbivores in their utilization of pastures. 16th Intern. Grassland Congress, Nice (France):1785-9.

LANCON J., 1978 - Les restitutions du bétail au pâturage et leurs effets (2e partie). Fourrages, 76 : 91-122.

LANDAIS E., 1990 - Sur les doctrines des vétérinaires coloniaux français en Afrique noire. Cah. ORSTOM (à paraître).

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.

LARISSE E., 1982 - Le statut collectif et son impact sur la mise en valeur. Sém. Rég. d'amélioration pastorale, Oujda, janv. 1982 : 3 p.

LE HOUEROU H. N., HOSTE C. H., 1977 - Rangeland production and annual rainfall relations in the mediterranean bassin and in the african sahelo-soudanian zone. *J. Range Manag.*, 30(3): 15 p. + ann.

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., 1989 - The shrublands of Africa. *In*: "The biology and utilization of shrubs", Academic Press: 119-143.

LEBRUN J.P., 1988 - Une symbiose exemplaire : agropastoralisme et botanique en Afrique sèche nord-équatoriale. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, 135, lettres bot., 2 : 91-99.

LECLERC B., JOFFRE R., JOFFRE L.M., 1986 - Utilisation du maquis corse par les caprins et les ovins. III. Exploitation de l'espace alimentaire par des caprins. *Acta Oecologia, Oecologia Applicata*, 7 : 123-149.

LEON C., 1989 - L'IUCN et la conservation des plantes au niveau international. *In*: Chauvet M. (éd.) : "Plantes sauvages menacées de France. Bilan et protection". Actes Coll. Brest, 8-10 oct. 1987 : 3-9.

LEVANG P., 1978 - Biomasse herbacée de formations sahéliennes. Etude méthodologique et application au bassin versant de la mare d'Oursi. ACC, Lutte contre l'aridité dans l'Oudalan (Haute-Volta), ORSTOM : 29 p. + ann.

LI Y.H., 1991 - Ecologie et potentialités pastorales des steppes de Mongolie intérieure. *Doct. Phys. Biol. Org. Pop.*, Univ. Montpellier II : 253 p.

LIACOS L., 1987 - Prévention des incendies en forêts méditerranéennes par les feux contrôlés et le pâturage raisonné (traduit de l'anglais). *Coll. Agric. et forêt en région méditerranéenne française* : 14-23.

LOISEAU P., JAUNEAU A., RICOU G., 1984 - Etudes sur le recyclage dans l'écosystème prairial. I : Influence de la conduite du pâturage sur l'activité biologique des pelouses montagnardes. *Acta Oecologia, Oecologia Applicata*, 5 : 23-41.

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.

MALECHEK J. C., NARJISSE H., 1990 - Behavioral ecology of sheep and goats: implications to sustained production on pastures and rangelands. *Comm. 41e réunion FZZ*, Toulouse, 9-12 Juillet 1990: 25 p.

MARTY A., 1972 - Les problèmes d'abreuvement et le fonctionnement des stations de pompage vus par les éleveurs de Tchén Tabaraden. Rapport inédit (cité par Sandford, 1989).

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

McNAUGHTON S.J., 1986 - On plants and herbivores. Am. Nat., 129: 407-416.

MENAULT J.C., 1993 - Effets des feux de savanes sur le stockage et l'émission du carbone et des éléments-trace. Sécheresse, 4 : 251-63.

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.

MIRAN P., 1993 - L'élevage dans les zones arides : une faible contribution aux émissions mondiales de méthane. Sécheresse, 4(4) : 263.

MOLINIER R., VIGNES P., 1971 - Ecologie et biocénose. Delachaux et Niestlé éd., Neuchâtel : 457 p.

MONOD T., 1963 - Après Yangambi (1956) : note de phytogéographie africaine. Bull. IFAN, sér. A, 25(2) : 594-655.

MULLER P., 1981 - Arealsysteme und biogeographie - Stuttgart, Ulmer Ed., 704 p.

NAGEL P., 1993 - L'incidence de la lutte contre la tsé-tsé sur les ressources naturelles. Réun. gr. experts sur les aspects écol. techn. et de dévpt. du prog. de lutte contre la trypan. anim. afr., FAO, Rome, 1er-3 déc. 1993 : 15 p.

National Handbook for Range and related Grazing Land, 1967. U.S. Department of Agriculture, Soil Conserv. Service: S.C.S. Range, 7-67: 77 p.

NELSON R., 1990 - Dryland, management. The "desertification" problem. Washington, World Bank Technical Paper n° 116, 39 p.

NICHOLSON M. J., 1985 - The water requirements of livestock in Africa. Outlook on Agriculture, 14(4): 156-64.

OCDE, 1991 - Compendium de l'environnement. OCDE - 1991.

ODUM E.P., 1969 - The strategy of ecosystem development. Science, 164: 262-270.

OWEN D.F., 1980 - How plants may benefit from the animal that eat them. Oikos, 35: 230-235.

PASCON P., 1980 - Etudes des comportements techniques et des décisions socio-économiques des chefs d'exploitation en situation aléatoire. Zone aride et semi-aride. Exploitation familiale. Coll.

sur la Recherche Agronomique, IAV Hassan II, Rabat : 9 p.

PEVELING R., 1990 - Möglichkeiten der Reduktion von Schäden in der Getreideproduktion der demokratischen Republik Somalia durch den Blutschnabelweber (Quelea quelea L.), Saarbrücken.

PENNING de VRIES F. W. T., DJITEYE M. A., 1982 - La productivité des pâturages sahéliens. Une étude des sols, des végétations et de l'exploitation de cette ressource naturelle. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen : 525 p.

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.

PICON L., 1983 - Etude de l'influence de l'albédo du sol dans les phénomènes de désertification au Sahel à l'aide du modèle de circulation générale du L.M.D. Thèse 3e cycle, Univ. Paris VII : 77p. + ann.

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.

POISSONET J., CHAMBRIS F., TOURE I., 1992 - Equilibre et déséquilibre des phytocénoses herbacées sahéliennes. Influence de la pluviosité annuelle et de la proximité des points d'eau. *In*: "L'aridité, une contrainte au développement". ORSTOM éd. : 283-96.

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.I.M. (Resource Inventory and Management Ltd), 1992 - Survols aériens à basse altitude du cheptel, des habitations humaines et des ressources pastorales dans la région du Bahr el Ghazal, Tchad, Août 1991. Rapport final, Minist. Elevage, N'Djamena, Tchad.

RAUNKIER C., 1905 - Types biologiques pour la géographie botanique. *Bull. Acad. Roy. Sc., Danemark*, 5 : 347-437.

RICHARD D., AHOKPE B., BLANFORT V., POUYE B., 1991 - Utilisation des zones agricoles et pastorales par les ruminants en zone soudanienne (Moyenne Casamance, Sénégal). *In*: GASTON *et al.* : "Actes du 4e cong. int. des terres de parcours", Montpellier : 754-6.

ROBINOVE C.J., 1982 - Space platform albedo measurements as indicators of change in arid lands. *Proceeding of the XXIVth COSPAR Plenary meeting*, 16 March - 2 June 1982, Ottawa.

ROCHETTE R.M., 1989 - Le Sahel en lutte contre la désertification. Leçons d'expériences. GTZ éd., Weikersheim, RFA, 592 p.

SABIITI E.N., WEIN R.W., 1991 - Effects of fire intensity and browsing by goats on the dynamics of Acacia encroachment in rangelands of Uganda. *In*: GASTON A., *etal.* (éd.) : IVth Intern. Rangeland Congress, Montpellier, France: 860-863.

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.

SAVADOGO N.A., 1987 - Localisation des eaux souterraines par l'étude des indices biologiques dans les régions cristallines du Burkina faso. Atelier intern. sur la gestion de l'eau et des ress. nat., FIS/Univ. Niamey, 9-14 mars 1987 : 22 p.

SCHWARTZ C. C., ELLIS J. E., 1981 - Feeding ecology and niche separation in some native and domestic ungulates on the shortgrass prairie. *J. applied Ecology*, 18: 343-53.

SHEPHERD A., 1981 - Government policy in the Sudan and popular participation in rural water supply planning: a report on research in progress. Comm. IAAS Intern. Conf., Univ. Karthoum, 1981 (cité par Sandford, 1989).

SINCLAIR A. R. E., 1975 - The resource limitation of trophic levels in tropical grassland ecosystems. *J. Anim. Ecology*, 44: 497-520.

STEWART B.A., 1970 - Volatilization and nitrification of nitrogen from urine under simulated cattle feedlot conditions. *Envir. Sci. Technol.*, 4(7): 579-582.

THALEN D.C.P., 1979 - Ecology and utilization of desert shrub rangelands in Iraq. Dr. W. Junk B.V. Publishers, Den Haag: 447 p.

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

TOUTAIN B., LHOSTE P., 1978 - Essai d'estimation du coefficient d'utilisation de la biomasse herbacée par le bétail dans un périmètre sahélien. *Rev. Elev. Méd. vét. pays trop.*, 31(1) : 95-101.

TOUTAIN B., DE WISPELAERE G., 1978 - Pâturages de l'ORD du Sahel et de la zone de délestage au nord-est de Fada N'Gourma (Haute Volta). Maisons-Alfort (France), IEMVT, Etude agrostologique n° 51 - Tome III, 219 p., cartes.

TUCKER C.J., 1978 - Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing envir.*, (8) 2: 127-150.

UNESCO, 1972 - Programme sur l'homme et la biosphère (MAB). Groupe d'experts sur le projet 3 : impact des activités humaines et des méthodes d'utilisation des terres à pâturages : savanes, prairies (des régions tempérées à arides), toundra. Rap. final : 96 p.

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 (YOUNG M.D., SOLBRIG O.T. eds.), 1993 - The world's savannas. Economic driving forces, ecological constraints and policy options for sustainable land use. *Man and Biosphere series*, vol. 12: 350 p.

VALENTIN C., 1994 - Sécheresse, 5 : 191-198.

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.

WESTBODY M., WALKER B.H., NOY-MEIR I., 1989 - Opportunistic management for rangelands not at equilibrium. *J. Range Manag.*, 42: 266-274.

WIJNGAARDEN W. van, 1985 - Elephants - trees - grass - grazers: relationship between climate, soils, vegetation, and large herbivores in a semi-arid ecosystem Tsavo, Kenya. ITC Publication N° 4, Enschede, Netherlands.

WILLIAMS O.B., 1981 - Evolution of grazing systems. *In*: MORLEY F.H.W. (ed.): "World animal science, B1: grazing animals". Elsevier, Amsterdam: 1-12.

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

World Resources Institute (WRI), 1994 - World resources 1994-95.

YOUNG M.D., SOLBRIG O.T., 1992 - The world's savannas. Man and Biosphere series, UNESCO. Vol. 12: 3-18.