



**Université de Caen Basse Normandie
U.F.R Géographie**



**Laboratoire GEOPHEN
LETG UMR 6554 CNRS**

Mémoire de DEA Environnement et Sociétés

Dynamiques paysagères et feux de brousse en zone soudanienne. Analyse diachronique des surfaces brûlées du réseau d'aires protégées de l'Ouest du Burkina faso. Etude de faisabilité.

**Etude réalisée avec le soutien de
L'Unité de Recherche 136 de l'IRD de Orléans
Et le Centre Commun de Recherche de l'Union
Européenne (Ispra, Italie)**

**Présentée par :
Françoise VALEA**

**Sous la direction de :
Aziz Ballouche**

Soutenance en juillet 2004

Résumé

Plusieurs travaux s'accordent de nos jours pour dire que les feux de brousses seraient le principal facteur de façonnement et de maintien des paysages de savane (MONNIER, 1981,1990, CESAR 1990, FOURNIER, 1991, BALLOUCHE 2002,...). Le feu constitue un élément fondamental dans les transformations des paysages des savanes Ouest Africain depuis des millénaires. Bien que certains auteurs (LEBRUN,1947 ; PERLES, 1977...) attestent l'existence de feux « naturels » (avant l'arrivée des hommes), ce sont les populations des savanes qui allument les feux depuis bien longtemps et décident de leur rythme en fonction de leurs activités et de leurs croyances (MONNIER, 1981,1990 ; AUBREVILLE 1949, BRUZON 1994...).

Or, de nos jours, les paysages Ouest burkinabé tout comme ceux de l'Afrique de l'Ouest, se transforment sous l'effet d'une mise en culture généralisée et d'un pâturage extensif de plus en plus intensives. Seules les aires protégées, par divers statuts administratifs conservent par endroits des paysages proches de la brousse d'antan. Dans ces milieux en mosaïque, le régime et le rôle du feu se modifie ainsi que ses pratiques par les hommes également.

Dans les géosystèmes de savanes typiques, il existe une relation syngénétique entre le régime de feu et le type de paysage rencontré. Pour appréhender les transformations paysagères à partir des feux et pour bien comprendre l'effet de ceux ci sur la végétation ainsi que la maîtrise qu'en ont les populations, il est nécessaire de connaître le régime des feux (saisonnalité, l'extension précise, la morphologie...) sur des espaces de la taille d'un terroir ou d'une aire protégée.

Des données sont disponibles à très petits échelles (régime des feux sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest ou sur des pays entiers) ou à très grandes échelles (effet des feux sur des parcelles expérimentales, saisonnalité des feux en des points précis). Faute d'outils d'analyse adaptés, il n'existe en revanche jusqu'à présent pas de données sur la saisonnalité et l'étendue des feux à cette échelle, celle qui permet de faire le lien avec les pratiques des sociétés. L'étude doit permettre à partir des satellites images et des enquêtes de terrain, de s'appuyer sur les feux pour exprimer les dynamiques paysagères, et par ricochet, comprendre les pratiques des populations.

***Mots clés :** Burkina Faso, Dynamiques, paysages, savane, feux de brousse, aires protégées, images satellitaires*

Abstract

A number of studies have found that bush's fires are the main factor of transformation and keeping of the savannas (MONNIER, 1981, 1990, CESAR 1990, FOURNIER, 1991, BALLOUCHE 2002,...). Fire is considered as one of the main agents of landscape's dynamics of savannas in West Africa since long ago. Some authors (LEBRUN, 1947; PERLES, 1977...) attest that there are « naturals » fire before the beginning human's life. Today, it is savannas population who make fire and decided of its rhythm as they want. It depend of there activities and there faith. (MONNIER, 1981, 1990; AUBREVILLE 1949, BRUZON 1994...).

Now, in west of Burkina Faso like West of Africa, agriculture, land use management practices and grazing activities are important and occupied more and more surfaces. Protected areas, with administrations statutes, are the only places where we can found landscape like before bush type. In those mosaics areas, fire's regime and its role are modified, also fire practices.

In this typical savannas geosystem, there is a relation between fire's regimes and the type of landscape. To study landscape using fire and to understand fire effects on the vegetation and also fire practices, it is necessary to know fire regimes (seasonality, burned areas...) on protected areas or/and villages areas.

Some data exist but in very small scales or very high scales. There are not studies about fires regimes in medium scales, which can make us to know the link between population's practices and fire regime. With satellite images and society survey, this study permit us to express landscape dynamic, and understand population fire practices.

Keywords: *Burkina Faso, Dynamics, landscape, savannas, bush fire, protected areas, satellite images*

Remerciements

Je tiens à remercier monsieur Aziz Ballouche, mon directeur de recherche et co-directeur de thèse, pour l'encadrement, les encouragements et le suivi de ce projet de thèse. J'en profite pour remercier l'ensemble du laboratoire géophen, les professeurs et les doctorants, particulièrement yann Le Drezen pour son aide. Je remercie également le responsable de l'Ecole Doctoral pour avoir financé en partie mon séjour en Italie.

Merci également à Madame Fournier, directrice de l'UR 136 de l'IRD de Orléans et son équipe qui m'ont permis d'effectuer mon court séjour au CCR (Centre Commun de Recherche) à Ispra (Italie). Je remercie également monsieur Devineau, mon co-directeur de thèse, à l'IRD de Orléans pour les corrections apportées à ce document.

J'exprime toute ma gratitude à l'unité GVM (Global Végétation Monitoring) du CCR, en particulier monsieur Alan Belward, le directeur, monsieur Jean marie Grégoire, monsieur Hugh Eva et monsieur Etienne Bartholomé, mon encadreur. Aussi, je n'oublie pas madame Carla Dal Molin pour son aide concernant les affaires administratives lors de mon admission au centre.

Je remercie enfin toutes les personnes qui m'ont aidé à concrétiser ce mémoire ; ma famille au Burkina Faso pour leur soutien, mes amis.

Glossaire des sigles

AVHRR: Advanced Very High Resolution
ATSR : Along Track Scanning Radiometer
CCR : Centre Commun de Recherche
CILSS : Centre Permanent Inter Etats de Lutte contre la Sécheresse au Sahel
CIT : Convergence Inter Tropicale
CNRS : Centre National de Recherche Scientifique
DEA: Diplôme d'Etude Approfondie
ETM + : Enhanced Thematic Mapper Plus
GEOPHEN : GEographie Physique et ENvironnement
GLC: Global Land Cover
GPS: Global Positioning System
INH : Institut National d'Horticulture
IRD : Institut de Recherche et de Développement
GVM: Global Vegetation Monitoring
MODIS: Moderate Résolution Imaging Spectroradiometer
MSS: Multispectral scanner
NDVI: Normalized Difference Vegetation Index
NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration
UMR : Unité Mixte Recherche
UNESCO : United Nations Educational Scientific and Cultural Organisation
UR : Unité de Recherche
UTM : Universel Transverse Mercator
RCA : République Centrafricaine
S.A : Société Anonyme
SIG : Système d'Information Géographique
SPOT HRVIR
TM: Thematic Mapper
TRMM VIRS Tropical Rainfall Mapping Mission Visible and Infra-Red Spectrometer

Sommaire	
Résumé.....	2
Abstract.....	3
Remerciements.....	4
Glossaire des sigles.....	5
Sommaire.....	6
Introduction générale.....	7
 Première Partie : Etat des connaissances sur la question.....	 8
<i>Les modifications paysagères et les feux de brousse dans l'ouest burkinabé : une approche systémique</i>	
 Chapitre I- Les géosystèmes et les paysages : concepts et définitions.....	 13
1- Le géosystème et l'écosystème : quelles nuances ?.....	13
2- Les paysages : questions de terminologie.....	15
3- Les paysages savanes : productions anthropiques ?.....	22
 Chapitre II- Les dynamiques environnementales dans l'ouest burkinabé.....	 25
1- Les conditions climatiques.....	25
2- Les sols dans l'Ouest du Burkina Faso.....	26
3- La végétation et la faune.....	27
 Chapitre III- Les savanes : des milieux investis par les sociétés.....	 33
1- Les mutations des sociétés et des espaces ruraux ouest burkinabés.....	33
2- Les feux de brousse comme élément majeur dans la dynamique paysagère des savanes Ouest burkinabé.....	39
3- Les aires protégées et leurs places dans l'organisation du paysage.....	46
 Deuxième partie : Acquis préliminaires et états d'hypothèses.....	 52
<i>La mosaïque paysagère et les feux de brousse</i>	
1- Introduction.....	53
2- Hypothèses scientifiques.....	54
 Chapitre I : Les outils de télédétection.....	 56
1- Les justifications du choix de l'outil et contribution de la télédétection.....	56
2- La disponibilité et l'accessibilité des images.....	57
3- Les limites et le choix des images.....	61
 Chapitre II : Approche méthodologique.....	 64
1- La cartographie des paysages.....	64
2- Le suivi des feux actifs.....	69
3- Les surfaces brûlées.....	75
4- D'autres sources d'informations.....	82
 Troisième partie : Des aspects organisationnels de la thèse.....	 84
1- Présentation.....	85
2- Ressources humaines et moyens matériels.....	86
3- Calendrier probable des années de thèse.....	88
4- A quoi peuvent servir nos résultats de thèse ?.....	90
Conclusion générale.....	92

Introduction générale

Le feu façonne les paysages des savanes d'Afrique de l'Ouest depuis des millénaires. Allumé pour la chasse il y a déjà 100.000 ans, (RAMADE, 1977) puis ultérieurement pour l'extension des aires d'élevages, les feux de brousses en Afrique remontent comme l'admet R SCHNELL (1952), au moins au début du néolithique, il y a quelques 6 milliard d'années. Bien que de l'existence de feux « naturels » (avant l'arrivée des hommes) soit attestée, ce sont les populations des savanes qui allument les feux depuis bien longtemps et décident de leur rythme en fonction de leurs activités et de leurs croyances.

Or, de nos jours, les paysages Ouest africains se transforment considérablement. Des études réalisées durant ces 100 dernières années permettent de percevoir ce changement (LE DREZEN, 2003). Des variations climatiques à l'évolution des pratiques anthropiques, le milieu se transforme. Le Burkina Faso n'est pas resté en marge de cette modification paysagère qui affecte tous l'ouest de l'Afrique.

Dans ce contexte, seules les aires protégées, par divers statuts administratifs, conservent par endroits des paysages proches de la « brousse d'antan ». Face à la raréfaction, voire la disparition de nombreuses espèces, les autorités administratives ont été amenées à renforcer le suivi de ces zones. D'autres zones à intérêt biologique sont délimitées afin de conserver la biodiversité animale et végétale. Les aires protégées s'insèrent de nos jours dans des paysages humanisés fortement antropisés. Elles font entièrement partie du paysage de ces sociétés, et donc préservent du même coup les pratiques de sociétés notamment celui des feux de brousses.

Mais dans ces milieux en mosaïques, le rôle du feu ainsi que son contrôle par l'homme se modifient. La période de mise à feu, l'étendue des surfaces incendiées, le rôle des feux dans la gestion de l'espace etc. subit une mutation. Son impact paysager également. Les feux de brousses (DOLIDON H, 2001) ont un rôle déterminant dans la formation puis la structuration des paysages dans l'ouest de l'Afrique. En effet, dans ces géosystèmes de savanes typiques, le régime du feu (tardif ou précoce) est un facteur clé de l'équilibre entre végétaux ligneux et herbacés et donc du type de végétation rencontré (CESAR, 1990).

Pour bien comprendre l'effet des feux et la maîtrise qu'en ont les populations ou les gestionnaires du milieu, il est nécessaire de connaître le calendrier et l'extension précise des incendies sur des espaces de la taille d'un terroir ou d'une aire protégée. Des données disponibles à très petite échelle (calendrier des feux sur l'ensemble de l'Afrique de l'ouest, sur des pays entiers ou de grandes régions) ou à très grande échelle (effet des feux sur des parcelles expérimentales, calendrier des feux en des points précis) Faute d'outil d'analyse adaptés aux échelles moyennes, il n'existe en revanche jusqu'à présent pas de données sur les calendriers et l'étendue des feux à une échelle moyenne, celle qui permet de faire le lien avec les pratiques des sociétés. Comment la nouvelle structure des paysages modifie-t-elle le régime des feux ?

Afin de pouvoir répondre aux différentes questions du phénomène des feux et de la dynamique paysagère dans les milieux en mosaïques Ouest burkinabé, deux hypothèses sont posées :

1 - « il existe une relation dialectique entre le régime des feux et le type d'occupation du sol ».

2- « le feu peut être un indicateur des dynamiques paysagères dans et autour des aires protégées, par ricochet, révélateur des pratiques de sociétés »

Il s'agit dans ma recherche doctorale, de faire ressortir dans un premier temps, la cartographie des structures paysagères et leur évolution, les feux actifs et les surfaces brûlées (régime actuel des feux, calendrier, surfaces...) dans quelques végétations types de savane (terroirs villageois, aires protégées et leurs périphéries) de l'Ouest burkinabé; milieux assez fragmentée et anthropisée. Dans un second temps, il s'agira d'établir des comparaisons et des corrélations dans l'espace et le temps, entre les variabilités des paysages et celles des feux.

L'étude s'appuiera sur la dimension spatiale et la dimension sociale du phénomène du feu à une échelle moyenne.

La dimension spatiale utilise la télédétection comme outil de caractérisation des paysages et des feux. C'est cette dimension spatiale qui permet de se faire une idée de l'état de la couverture végétale, de la structuration des paysages, leur évolution ainsi que de l'extension et la morphologie des surfaces brûlées... Elle favorise une vision synoptique de la végétation et des surfaces brûlées en mettant respectivement en exergue, pour l'un les états de dégradation permettant ou non au feu de se propager et pour l'autre la morphologie et l'extension de superficies brûlées, variables qui dépendent en partie de l'état de cette couverture végétale. Cette « vision en hauteur » du paysage doit être complétée par une étude de terrain dans le but de montrer le rôle des sociétés dans cette dynamique. Il faut noter que cette étude se fait en étroite collaboration avec les écologues qui eux, sont à mesure de caractériser avec précision les espèces qui brûlent ou non.

La dimension sociale révèle l'importance des rapports entre nature et sociétés dans la pratique des feux de brousses. La nouvelle structure des paysages résulterait de l'action dans le temps, des différents peuplements de l'ouest burkinabé, de leur mise en place, de la mutation des systèmes et méthodes culturelles, de l'organisation même de ces sociétés de savane. Le feu est à l'interface nature/société en ce sens qu'il révèle un mode d'appropriation de l'espace, une maîtrise de la nature par une société donnée.

Les thématiques du sujet s'insèrent dans les axes de recherche du laboratoire du GEOPHEN qui appartient à l'U.M.R 6554 du C.N.R.S (L.E.T.G). De ce fait, la recherche s'appuie parfaitement sur le projet scientifique de recherche de l'U.M.R intitulé « Dynamiques des systèmes complexes, à l'interface entre Nature et Sociétés. Ce projet correspond à 2 axes thématiques de l'unité :

- « l'analyse des processus dynamiques à l'interface Nature /Sociétés » où est développé avec d'autres doctorants « le rôle du feu dans les dynamiques paléoenvironnementales et l'histoire des paysages. Exemples ouest africains »

- l'analyse des « conditions de la gestion intégrées des territoires : approche du développement durable »

Ce sujet s'insère également dans les thématiques de l'UR 136 du laboratoire IRD d'Orléans intitulé « Aires Protégées, Ecosystèmes, gestions et fonctions périphériques. Exemples dans l'Ouest africains : Burkina Faso, Niger, Bénin ». Il s'articule bien autour de l'axe de recherche intitulé « Organisation spatiale, modes de gestion et dynamiques biologiques dans les aires protégées » en ce sens qu'il fait ressortir la structuration spatiale où s'insèrent les petites aires fragmentées de l'ouest du Burkina Faso notamment la Mare aux

Hippopotames. A cette structuration spatiale, il met en exergue le rôle des sociétés de l'ouest dans la gestion et la dynamique des aires protégées à travers les feux de brousses. Cette étude aboutira à une cartographie évolutive des feux de brousses à l'intérieur et en dehors des aires protégées, à l'étude des mutations des usages et pratiques des feux dans cette société ouest burkinabé et une analyse de ses effets sur la végétation.

L'utilisation de l'outil de télédétection se fait au Centre Commun de Recherche (CCR) à Ispra (Italie). Compte tenu de la courte période (2 mois) de ce stage en télédétection, nous n'avons pas été en mesure de faire ressortir une cartographie du paysage et des feux de notre zone d'étude pour cette année de DEA (Diplôme d'Etudes Approfondies). L'atout majeur de ce stage a été de montrer la faisabilité de notre étude de thèse (Objectif de notre DEA «environnement sociétés» de l'Université de Caen) en fonction des outils disponibles et des orientations que l'on peut donner à ce sujet. Le sujet de thèse sera une continuité de cette étude dont les bases ont été posées en DEA.

Ce travail nous permet à la fois de connaître les différents travaux menés dans cette région ouest du Burkina Faso sur ce sujet, mais également nous pourrions ainsi mieux restituer et comparer nos résultats. L'aboutissement de ce travail sera profitable pour mieux gérer les feux de brousses dans les aires protégées et apprécier la part des sociétés dans l'accélération des modifications du paysage ; aussi trouver les moyens adéquats de préserver cet environnement.

La présente étude de DEA comprend trois parties :

La première situe le contexte général de la recherche tant au niveau géographique que thématique. Elle fait une synthèse bibliographique de nos connaissances sur les dynamiques des paysages, les feux de brousses et les aires protégées.

La deuxième partie correspond au développement méthodologique de télédétection. Elle part d'une synthèse de littérature en s'appuyant par la suite sur nos deux hypothèses fondatrices énoncées plus haut, pour expliquer comment utiliser l'information en télédétection pour cartographier les différents éléments du paysage et les feux. Cette application pratique s'appuie sur des exemples d'études réalisées sur d'autres zones. Elle devra en année de thèse s'appuyer exclusivement sur notre zone d'étude et élaborer des cartes de feux et d'occupation du sol de ces domaines géographiques.

La troisième partie présente les possibilités et les insuffisances dont nous disposons ou non pour la réalisation de la thèse. Elle propose un calendrier probable de notre période de recherche et évoque également un axe pouvant exploiter nos éventuels résultats de thèse.

La zone d'étude se situe dans l'ouest du Burkina Faso (Afrique de l'Ouest). Les petites aires protégées de l'Ouest burkinabé couvrent les villes de Bobo dioulasso (la plus importante de l'ensemble), Boromo, Dédougou, Réo, et Houndé. Le secteur d'étude se situe entre les latitudes 11°Nord à 13° Nord et de longitude 4,5° Ouest à 3,5° Est. (Carte 1).

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude



Première partie : Etats des connaissances sur la question.

Les modifications paysagères et les feux de brousse dans l'ouest burkinabé : une approche systémique

Chapitre I- Les géosystèmes et les paysages : concepts et définitions

La géographie a pour objectif de construire un paradigme d'interface entre la société et la nature (BERTRAND et AL, 2000). L'étude des relations entre la société et le milieu est une préoccupation ancienne des géographes. La tendance actuelle est de s'intéresser principalement à des problématiques traitant des structures de l'espace et de leur genèse, en rapport avec les sociétés. (BERTRAND et AL, 2000). L'approche systémique du milieu mettant en exergue les combinaisons d'éléments inter agissant entre eux est privilégiée. La nécessité de savoir comment est perçu et produit l'espace par une société, en rapport avec le phénomène du feu de brousse dans l'ouest du Burkina Faso, nous amène à produire une cartographie du paysage de cette région en insistant sur les phénomènes responsables de sa modification et les caractéristiques du feu de brousse dans ce paysage actuel en mosaïque.

1- Le géosystème et l'écosystème : quelles nuances ?

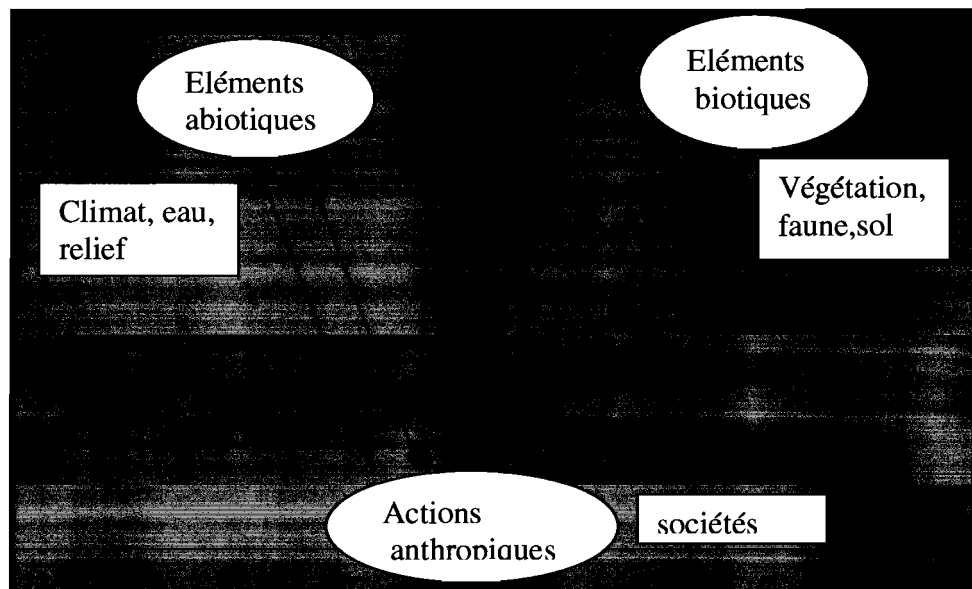
Le géosystème n'est pas un concept récent. Il a pris corps en différentes circonstances et sous des formes variées dans le courant de la décennie 1960 (BERTRAND et AL, 2000). Inspiré de la géographie physique soviétique ; de l'écologie américaine et de divers « *land use* » et « *landscape sciences* » anglo-saxon, le géosystème est un concept d'inspiration naturaliste mettant en évidence l'interaction entre ses trois composantes biotiques, abiotiques et anthropiques.

Introduit en France par BERTRAND, le géosystème est basé sur l'analyse systémique d'espace géographique et vise à synthétiser et hiérarchiser des fonctionnements propres et des flux externes d'espaces. Il exprime une combinaison géographique à une certaine échelle temporelle et historique. Sa finalité est de comprendre la structure et le fonctionnement du système géographique naturel. Si le géosystème est à la base un complexe territorial naturel, BERTRAND, (2000) a montré surtout l'intérêt de l'homme et des sociétés dans l'évolution des géosystèmes pour en faire une entrée majeure. Pour lui, le géosystème se définit comme « une combinaison territoriale bien délimitée dans laquelle interagissent des éléments abiotiques (roches, air, eau), des éléments biotiques (animaux et végétaux) et des éléments anthropiques. L'impact des sociétés humaines est considéré à priori comme faisant partie entièrement du système et non comme un élément extérieur et perturbateur, introduit à *posteriori* dans le fonctionnement du système ». Le géosystème est un système complexe et diversifié permettant l'analyse de l'interface nature/sociétés.

La théorie d'interface selon BERTRAND, (1992) se fonde sur le concept d'anthropisation. Pour le géographe, la nature c'est avant tout l'espace, un espace de moins en moins naturel, de plus en plus « territorialisé » c'est-à-dire approprié, exploité, artificialisé, dégradé. Le qualificatif d'anthropisation définit classiquement cette action directe ou indirecte des sociétés sur leurs territoires. Il propose d'élargir le concept à la totalité de la combinaison société / nature. BERTRAND, (1991) insiste sur le fait que ce concept anthropique du géosystème n'est en rien un concept social. Il n'a pas selon lui pour fonction d'expliquer la société dans son rapport avec le territoire mais bien de rendre compte de la physionomie et du fonctionnement du territoire sous l'impact de la société. Le géosystème introduit la dimension géographique dans les études d'environnement naturel en privilégiant la dimension historique (impact des sociétés) et de la dimension spatiale (horizontale : géohorizon, et verticale :

géotope, géofaciès, géocomplexe etc.), domaines dans lesquels il est plus performant que l'écosystème. (BERTRAND, 1992)

Figure 1 : le géosystème



L'écosystème par contre est un système biologique par excellence. Il est élaboré par des biologistes et se définit selon TANSLEY comme étant l'« ensemble formé par une communauté végétale et son environnement ». (HOUZARD, 1988). Il a été progressivement élargi et devenu « une unité d'organisation biologique composée de tous les organismes présents dans une aire donnée... » (ODUM 1969). La biocénose est au cœur de l'écosystème. C'est l'expression concrète de son fonctionnement et de sa capacité de production. L'étude de l'écosystème se fonde sur des flux, des entrées, des stockages, des masses, des bilans de matières et d'énergie. Les flux et les échanges l'emportent largement sur les individus et les communautés, simples maillons qui pourraient être identifiés par « *un numéro de code* » (HOUZARD 1988). Néanmoins, l'impact des activités humaines est pris en compte dans les approches écologiques. Pour l'écosystème, les rapports entre le milieu et l'organisme se font par le jeu de certains facteurs sur certaines fonctions c'est-à-dire un mécanisme d'ordre physiologique. C'est un concept qui saisit les interrelations mais intégralement fondé sur des bases biologiques.

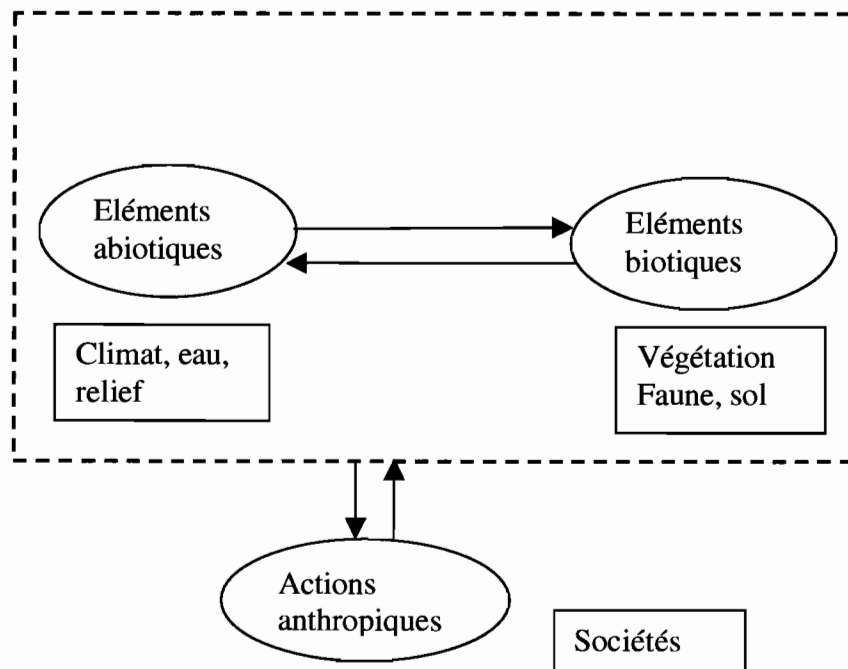


Figure 2 : l'écosystème

2- Les paysages : questions de terminologie

«Les sociétés aménagent leurs environnements en fonction de l'interprétation qu'elles en font et réciproquement elles l'interprètent en fonction de l'aménagement qu'elles en font »

A BERQUE, 1986.

L'analyse du concept de paysage ne semble pas être exhaustif. Il nous a donc semblé judicieux d'insister plus sur le « paysage du géographe », celui que nous utiliserons tout au long de cette étude. Pour sa compréhension, deux aspects fondamentaux sont développés :

- la question des définitions, de la problématique et de l'évolution des paysages, surtout, en géographie.
- les méthodologies d'approche des paysages et des modèles de schémas présentant la complexité du concept.

2-1 Les paysages : des définitions à l'évolution du concept

Concept polysémique, « paysage » est un terme utilisé par plusieurs disciplines et domaines. Il ne recouvre pas toujours le même contenu. Imprécis, chacun l'utilise à sa guise, le plus souvent en y adjoignant un qualificatif de restriction qui en altère le sens. Le paysage renvoie différemment à des faits de l'espace, des mythes publicitaires, des peurs écologiques, de l'art, de l'architecture, des sciences, de la musique... tant de domaines qui donnent un sens propre et particulier à ce qu'il met derrière ce mot. Du paysage audiovisuel au paysage scientifique en passant par ceux politiques, « c'est comme si chacun avait sa propre acceptation et son propre usage du mot » (ROUGERIE et BEROUTCHACHVILI, 1991). Le

nombre de domaine intellectuels et professionnels qui se sentent concernés par lui se sont multipliés au fil du temps.

L'émergence de cet attrait pour le paysage s'est effectuée, pour l'essentiel au cours de ces deux dernières décennies. On note un regain d'intérêt et un engouement face à l'émergence de nouvelles idées sur le paysage et de nouvelles relations avec lui. Une telle constatation pose, de prime abord, la question des facteurs qui ont pu déclencher un tel phénomène. Pour ROUGERIE et BEROUTCHACHVILI, (1991) ceux qui paraissent les plus universels consistent dans la mutation récemment intervenue en ce qui concerne les rapports de l'homme à la terre et qui jouent sur trois ordres de choses :

- *le mode d'occupation de la terre caractérisé par la montée de l'urbanisation, entraînant un renversement total dans les manières d'être présent à l'espace et aux lieux, de les percevoir et de les utiliser.

- *le mode d'exploitation des ressources, lequel vise partout, un accroissement en variétés, en quantité et parfois en qualité. Il en résulte deux conséquences spatialement peu divergentes :

 - l'extension de l'emprise à de nouvelles terres, en quête de nouvelles sources de biens.

 - l'accroissement des rendements, qui suppose la concentration des moyens et des exploitations.

- *les changements affectant les modes de circulations, des biens, des hommes et des idées.

Ce dernier ordre est lié en partie, et dialectiquement, aux deux précédents mais il relève différemment des effets induits de l'évolution des sciences, des techniques et des comportements. Il se traduit, en tous les cas, par une restructuration et par une contraction de l'espace socio économique. A un autre degré, plutôt dérivé que fondamental, se situe la série des choix d'aménagement, qui introduisent une certaine différenciation géographique dans la façon de traiter et de concevoir le paysage.

Dans la plupart des pays européens qui se sont le plus intéressés à la question du paysage, on remarque que des divergences subsistent quant au terme à utiliser pour mieux exprimer le phénomène de paysage. C'est ainsi que d'un pays à l'autre, les termes ne sont pas parfaitement synonymes. Le « paysage » français, dans l'usage habituel se caractérise avant tout par un aspect visuel. Pour mieux souligner ce dernier, le vocabulaire anglo-saxon préfère plutôt le mot *scenery* à celui de *landscape* et le hollandais ajoute un adjectif, *visueel landschap*. Le *landschaft* germanique recouvre à la fois la notion de territoire, proche des *landscape* et *landschap*, et l'aspect visuel. Quant à la géographie soviétique, à ses propres termes de *mesnost* et d'*ourotchitché* qui ont valeur territoriale, elle a jugé nécessaire d'ajouter celui de *Landschaft*, emprunté à l'allemand mais en lui attribuant une connotation scientifique, qui l'éloigne un peu du terme germanique actuel et encore davantage du « paysage » français. (ROUGERIE et BERROUTCHACHVILI, 1991).

Depuis les années 1970, la géographie a choisit d'aborder le paysage de manière « globale ». Mais cela n'a pas empêché ni les différences de sensibilités ni les débats. BERTRAND voit surtout en lui « un produit social » ; GOUROU, « des aménagements voulus par des civilisations » ; VOGT, « l'aspect visible du géocomplexe, à structure déterminée et constitué de faits naturels et de faits humains » ; BAILLY pense que son objet

est de renvoyer à « l'expérience existentielle propre à chacun » ; BRUNET la considère comme dual : « source d'informations et [...] source de sensations », bien qu'il ne soit que « tout simplement ce qui se voit » ; BERQUE aussi, mais d'autre manière : « le paysage est une empreinte » conditionnant la relation d'une société à l'espace ; quant à WIEBER, il conclut qu'« il ne peut y avoir de définition unique et fermée ». On pourrait de ce fait dire que le paysage est un concept dont l'appréhension n'est pas aussi simple qu'il paraît, comme en témoigne le nombre de définitions et de point de vue.

On remarque en dépit de toutes ces nuances que le paysage constitue un objet ancien de la géographie. Il a subi une évolution à travers le temps et les Ecoles. Les années 1970 constituent une époque charnière dans la manière de le définir et de le concevoir. De 1913 avec SORRE à BRUNET (1992), le paysage a toujours fait parler de lui soit pour des questions de définitions soit pour celles plutôt méthodologiques. C'est ainsi que SORRE 1958 admet que « toute la géographie est dans l'analyse des paysages ». Plus récemment, BRUNET et FERRAS (1992) écrivent : « le paysage est une catégorie majeure de la géographie ». Ainsi, en plusieurs années, le paysage semble resté un objet de la géographie mais ses sens ont évolué au fil du temps.

De manière générale et pour le grand public, le paysage est défini comme étant une « étendue de pays qui présente une vue d'ensemble » (dictionnaire Hachette, 1992), une « partie d'un pays que la nature présente à l'observateur » (dictionnaire Robert, 1977). Ces deux définitions très générales insistent sur le paysage comme champ de vision. Ces définitions correspondent aux études géographiques de la première moitié du 20^{ième} siècle. En effet, deux grandes orientations du paysage se sont distinguées au cours de ce siècle. La première concerne la première moitié du 20^{ième} siècle, où, « décrire pour faire connaître » restait le principe clé de l'Ecole vidalienne. Les études étaient donc basées sur les éléments visuels. Seuls les éléments qui permettaient la lecture « physique » du paysage étaient considérés.

De nos jours, on note un grand changement de la démarche du paysage en géographie. Il semble que la considération des facteurs physiques comme déterminants prioritaires d'une compréhension des paysages ne peut guère être suffisants. Dès les années 1960, on note une évolution de la géographie classique. GEORGES définit le paysage en 1963 comme étant l'expression de la « conjoncture des civilisations ». Ainsi, de l'approche « classique » dont le principal était le relief, le paysage du géographe a évolué vers l'approche sociale dans les années 1970. Cette approche du paysage en géographie physique « s'humanise », apporte que l'on doit surtout aux biogéographes qui dans leurs études des géosystèmes, analysent les paysages en intégrant les facteurs anthropiques comme causes de la dynamique paysagère. C'est également en partie grâce aux travaux dirigés par FREMONT (1974), que le paysage est devenu une « image de l'espace vécu ». L'accent est mis sur les représentations collectives des paysages, sur les ambivalences que suscitent ces paysages aux habitants.

Dans les années 1968, BERTRAND campait le paysage dans une optique systémique. En 1978, il reprend et affine cette manière de voir. Elle est surtout, considérablement et explicitement élargie en direction de la société, de la subjectivité, du culturel, du symbolique etc. La quête sur la problématique du paysage débouche sur la découverte que le « paysage n'est pas à chercher exclusivement ni du côté de la nature, ni du côté de la société, ni même entre les deux, mais qu'il est présent ici et là et que son exploration relève à la fois de l'analyse naturaliste et de l'analyse sociale » (ROUGERIE et BERROUTCHACHVILI, 1991). Pour eux, le paysage relève maintenant du qualitatif, tandis que le géosystème et

l'écosystème sont des concepts avant tout quantitatifs, et ce caractère qualitatif est à mettre en rapports avec les pratiques et les valeurs des différents groupes sociaux qui sont responsables des processus paysagers. Car : « le paysage n'a de réalité et de sens que pour un groupe social » et il se révèle être « un processus, produit du temps et plus précisément de l'histoire sociale ». A ce niveau de réflexion, l'explication du phénomène « paysage » est donc tout entièrement renvoyée du côté de la subjectivité. Il n'existe que selon les rapports perceptifs d'un groupe humain à son environnement et la manière dont il existe est le fruit des rapports d'usages des sociétés à travers l'histoire. La compréhension du contenu de la notion de « paysage » paraît ainsi bien avancée. Elle peut selon ROUGERIE et BEROUTCHACHVILI, (1991) se résumer au fait que ce paysage est, sans doute : « une interprétation sociale de l'interface terrestre » et « une production interne née de la société et conférant une existence sociale à [...] l'interface société- nature »

La citation introductive de BERQUE a également pour objet non pas de donner une définition univoque du paysage mais de présenter selon lui, les facteurs qui entrent en compte dans la notion du paysage. Elle fait ressortir à notre avis trois éléments fondamentaux dans la production du paysage :

- les sociétés**, au centre du paysage avec leurs histoires et leurs cultures
- l'interprétation**, qui implique la notion de perception et de représentation par les sociétés
- et enfin **l'aménagement**, qui particularise chaque environnement pour en faire avec les deux précédentes c'est-à-dire les sociétés et les interprétations, un paysage.

A travers l'évolution du terme, on remarque que c'est la nouvelle approche, celle géosystémique du paysage, développé surtout dans les textes de ROUGERIE (1969) et BERTRAND (1979) qui abondent dans le même sens que BERQUE

En effet, s'inspirant de l'analyse des paysages de GROSS, (1998) on pourrait définir l'approche géosystémique du paysage comme celle qui l'étudie selon 3 orientations interdépendantes :

- un **objet regardé** qui représente l'environnement
- une **représentation mentale** qui reflète la perception des sociétés
- une **construction** ou aménagement

Cette approche géosystémique du paysage tient compte de l'action des sociétés, en tant que facteur fondamental de la production des paysages. Pour certains géographes de la nouvelle approche du paysage, comme ROUGERIE tout déterminisme physique (pourtant fort présent dans la géographie « classique ») est évacué dans cette notion de paysage. Cette nouvelle approche tient du fait que la géographie humaine se voit instaurer une double approche, parfois complémentaire : celle sociale et appliquée. BERTRAND a beaucoup développé cette nouvelle approche du paysage. Il insiste sur le fait que la géographie doit « considérer le paysage à la fois comme objet et sujet, réalité écologique et produit social ». Il entre de ce fait le facteur société comme une composante du paysage. Néanmoins, il fait une différence entre le fonctionnement territorial sous l'impact de la société et la représentation. Pour lui, « le géosystème et l'écosystème sont des concepts spatiaux alors que le paysage exprime premièrement un schéma de fonctionnement ». Le géosystème peut être considéré comme « ce qui se passe sur le terrain » ; il analyse « une emprise spatiale, étendue représentative par le paysage ». Dans la conception géosystémique de BERTRAND, paysage et géosystèmes sont inséparables. « Le paysage est un processus, produit du temps et plus précisément de l'histoire sociale ». Cette citation permet de dire encore et sans conteste qu'une étude sur les paysages intègre pleinement les sociétés.

Aujourd'hui encore, certains géographes soulignent les difficultés rencontrées par le géographe dans l'analyse du paysage. PERIGORD, (1991) retient que le terme même de paysage reste « ambigu », que sa définition est « introuvable », mais que de « multiples explications » peuvent éclairer cette notion de paysage. Pour lui, « le paysage n'existe que par le regard » et « le géosystème n'est pas suffisant pour résoudre les problèmes méthodologiques posés par le paysage ».

2-2 Des méthodes et des schémas pour la compréhension du paysage en géographie

Plusieurs méthodes différentes sont élaborées dans la description, l'analyse et la compréhension des paysages et de leurs composantes. La diversité des méthodes exprime bien la difficulté et l'étendue des définitions du paysage. Aussi cette diversité indique l'intérêt que le géographe porte sur le paysage. BRUNET par exemple a surtout utilisé la carte comme élément de compréhension des paysages. Dans les années 1960-1970, on note une évolution des techniques de traitements des données des analyses factorielles mis en place par BENZECRI. Elles deviennent un support d'application des nouvelles méthodes pour les travaux sur les paysages en géographie.

Des schématisations du concept paysage sont faits également dans le but d'améliorer la compréhension de l'usage du terme. Elles démontrent la complexité de la définition et l'ouverture nécessaire vers d'autres courants. Des modèles de schémas ont été élaborés dans les années 1970, applications découlant de l'approche systémique, du moins de son approche représentative. Trois représentations comparatives ont été retenues montrant bien les divergences que recouvre le mot paysage.

Pour BRUNET (1962), le paysage est une combinaison d'éléments qui méritent d'être étudiés non seulement du point de vue de son cadre (aspects morphologiques) mais aussi dans sa couverture (occupations du sol) sans négliger les sociétés (aménagements). En 1974, il propose un schéma qui se présente comme suit (**figure 3**).

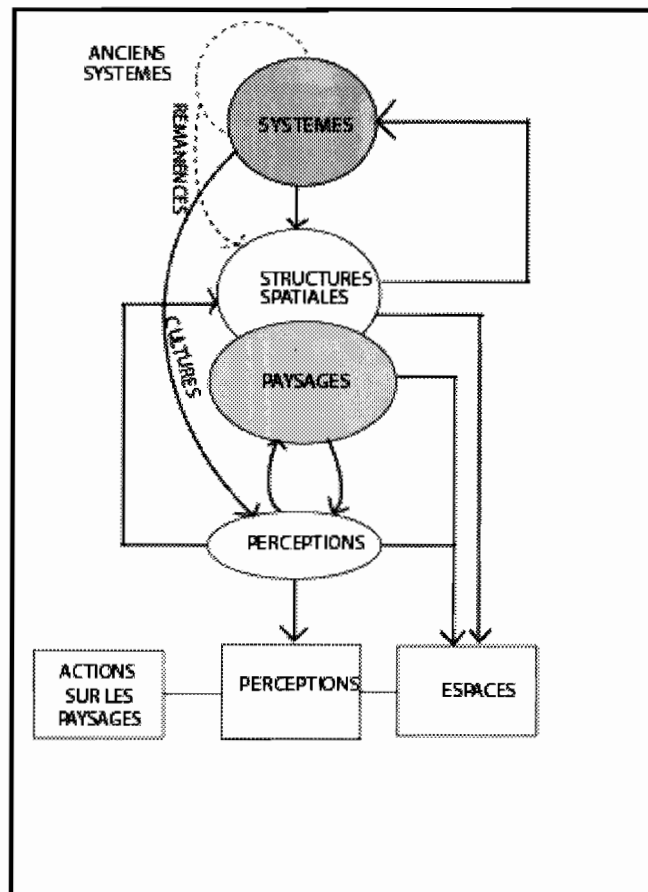
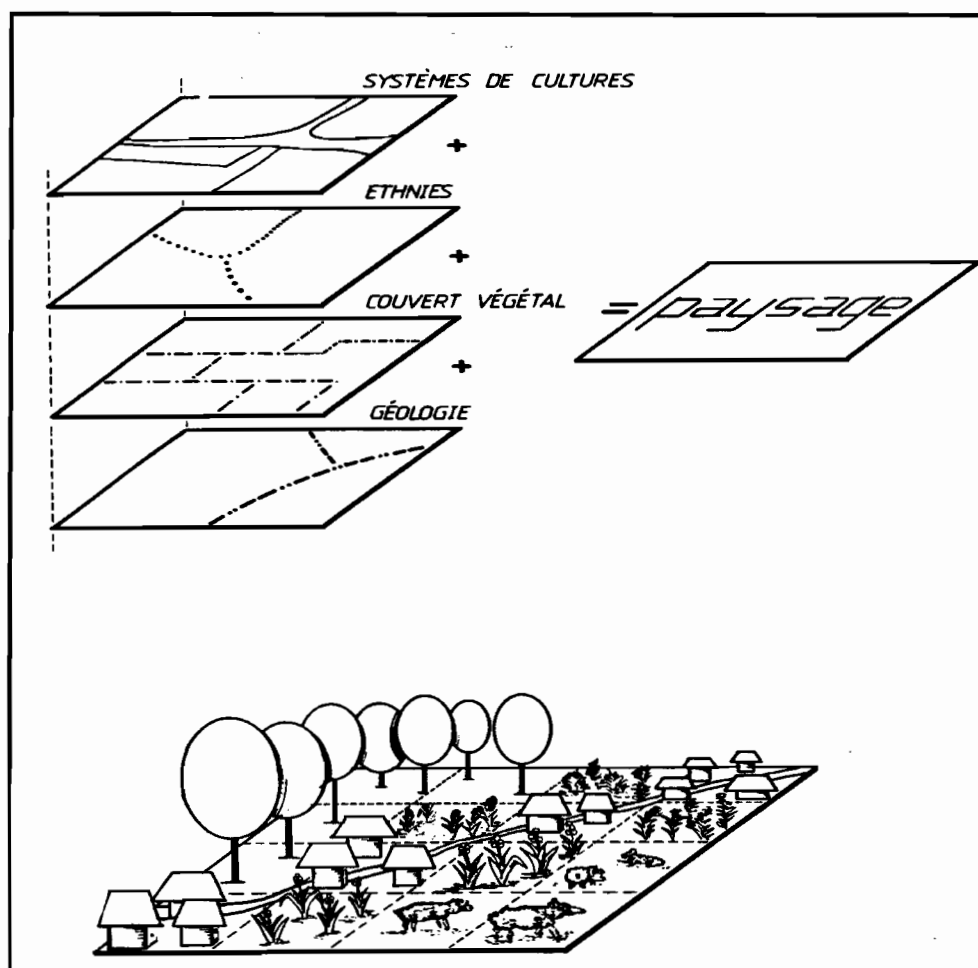


Figure 3 : Place de l'analyse des paysages dans un type d'étude moderne de l'environnement. D'après R Brunet, 1962

A la base, des systèmes anciens et actuels participent à la mise en place des structures spatiales et de perceptions. La présence des anciens systèmes spatiaux s'établit par des rémanences sur les structures spatiales, mais pareillement, pourrait on écrire, sur les paysages. Même si le croquis de BRUNET ne semble pas assez mettre en évidence les éléments paysagers hérités, il montre bien par ailleurs ce caractère interdépendant de la relation homme-paysage à travers les boucles de rétroactions entre « paysages » et « perceptions ». Aussi, le fait culturel (donc sociétal) sur la perception et indirectement sur le paysage est important.

Pour évaluer les paysages et les sites ruraux, CHRISTIAENS (1979), met en évidence des éléments du paysage à travers une typologie, celle-ci aboutissant à une cartographie (figure4).

Figure 5 : La dimension verticale et horizontale du paysage



Source : Lambin, 1988

3- Les paysages de savanes : productions anthropiques ?

Les savanes ont toujours posés des problèmes de définition. De cela découle également la question de leur origine et de leur genèse. Elle suscite encore de nombreux débats aujourd'hui. Si de nombreux chercheurs s'accordent de nos jours pour affirmer que les savanes sont des espaces ouverts, associant en proportion l'herbe et l'arbre, la définition du terme recouvre cependant une étonnante diversité. Pour ne citer que deux exemples exprimant la confusion de cette notion, nous prendrons la définition donnée par les naturalistes lors de la conférence de Yangambi (ex Zaïre) en 1956 et celle des géographes.

Cette conférence définissait la savanes comme «une formation herbeuse, ordinairement brûlées annuellement comportant une strate herbeuse continue, d'au moins 80 centimètres de hauteur qui influence une strate inférieure ; graminées à feuilles planes basilaires ou caulinaires ». Certains auteurs acceptent cette définition comme ADJANOHOOUN (1964) qui s'en sert pour développer sa thèse fondamentale sur les savanes guinéennes. KOECHLIN (1961) insiste plutôt sur des facteurs tels que l'importance de la composition floristique qui lui permet de distinguer les divers types de savanes. Mais beaucoup d'auteurs n'acceptent que certains aspects de cette définition ou, rejettent même le terme de savane (confère White),

démontrant une fois de plus de la difficulté d'instaurer une définition univoque pour tous les naturalistes.

Pour certains géographes ayant abordés ce sujet, c'est surtout les problèmes d'origines des savanes ainsi que des relations entre ces espaces et les sociétés humaines qui les intéressent le plus. Cela ne signifie pas pour autant que cette question des origines n'a pas passionné les naturalistes (on peut citer SCHNELL par exemple). Parmi les définitions des géographes citons celle de RICHARD-MOLLARD (1952) « la savane est un peuplement arborescent ou arbustif assez peu dense, assez lumineux, pour permettre le développement au sol d'un tapis herbacé... » Cette définition lui permettra d'établir une typologie des savanes correspondants aux grandes zones de savanes africaines caractérisées par des espèces emblématiques. RIOU (1995) relève que ces savanes sont parcourues par les feux annuels et comprennent le plus souvent des plantes ligneuses, conduisant à distinguer des savanes herbeuses, arbustives, arborées et boisées.

Comme nous l'avons déjà souligné, la question des origines reste fondamentale dans l'étude des savanes et est source de polémique jusqu'à nos jours. Ces « formations mixtes entre les forêts denses humides et le désert » (RIOU, 1995) sont-elles des productions de sociétés ou dérivent-elles de formations naturelles antérieures ?

Parmi les nombreux auteurs qui se sont penchés sur les origines et la genèse des savanes en Afrique de l'ouest, AUBREVILLE (1949) soutient que l'« Afrique est aujourd'hui en très grande partie occupée par des formations secondaires qui se sont substituées en véritables et anciennes communautés climatiques ». Ainsi pour lui comme pour de nombreux forestiers, les savanes constituent des formations de « substitution ». Pourtant, SCHIMPER en 1898 (SCHNELL 1971) pensait que la savane était une végétation climacique. Comme lui, beaucoup de chercheurs admettaient cette idée de savane comme formation en équilibre entre conditions mésologiques et climatiques. Le climat tropical contrasté était considéré par eux comme déterminant, unique responsable de l'extension des savanes (DEMANGEOT 1976). De nos jours, cette idée n'est plus admise car le climat tropical contrasté déterminerait plutôt les formations de forêts sèches.

D'après DOLIDON (2000), pour certains auteurs, d'autres facteurs peuvent être déterminants dans l'établissement des savanes. C'est ainsi que le rapporte DEMANGEOT (1976) : des conditions climatiques particulières ou un sol cuirassé, les cuirasses étant antérieures à l'apparition de l'homme et déterminant nécessairement une végétation herbeuse.

Pour WALTER (1970), par exemple on trouve quatre sortes de savane : les « savanes fossiles » (qui existaient sous des conditions différentes de celles d'aujourd'hui), les « savanes climatique »s (précipitations inférieures à 500mm), les « savanes édaphiques » (latérites, sols pauvres en substances alimentaires etc.) et enfin les « savanes secondaires » (feux, grands gibiers etc.) Pour expliquer cette origine relictuelle ou secondaire des savanes ouest africaines, il est impératif de savoir comment ont évolué dans le temps les paysages végétaux. A cette fin, on analysera cette évolution au cours de l'Holocène surtout, car c'est à cette période que l'Afrique semble avoir connu de vastes espaces de savanes.

BALLOUCHE *et al* (2003), expliquent que c'est entre 19000 et 15000 ans BP, lors du dernier maximum glaciaire, que les formations ouvertes connaissent une vaste expansion en

Afrique inter tropicale, entraînant la réduction des forêts fragmentées en quelques refuges isolés. Il ne s'agissait pas selon eux de vraies savanes mais bien plus de formations herbeuses, comparables à une prairie de moyenne altitude comportant des bouquets d'arbres épars constitués d'éléments de montagnes et de quelques taxons forestiers (BALLOUCHE 2002). Pour ces même auteurs, la question des origines des savanes est plus qu'« un résumé historique qui répond à un glissement latitudinal pendulaire des limites actuelles de végétation, concomitant des fluctuations climatiques » (BALLOUCHE et AL, 2003). Certains auteurs pensaient qu'une grande partie des régions actuelles des savanes ouest africaines, particulièrement celles soudanaises, connaissaient des formations forestières sèches (SCHNELL 1952, 1976, WALTER 1979, GUINKO 1984, AUBREVILLE 1949...), mais les études paléoenvironnementales ont peu à peu, montré une réalité beaucoup plus complexe. En effet, selon BALLOUCHE et AL (2003), dans une première moitié de l'holocène, la diversité ancienne des végétations et la fréquence des organisations en mosaïque démentent les schémas fondés sur des déterminismes simples et uniformes. Pour eux, c'est à partir du milieu de cette période, et surtout au cours des derniers millénaires, que les dynamiques qui animent les couvertures végétales deviennent de plus en plus complexes. Quelle que soit l'époque prise en compte, il est difficile de s'en tenir à une zonalité parallèle des climats pour en déduire une zonalité parallèle des végétations, plus diverses dans leurs réponses aux différents déterminismes globaux et locaux (BALLOUCHE et AL, 2002).

D'après DOLIDON (2000), SALZMANN prétend qu'entre 6800 et 2500 ans BP, la végétation peut être attribué à un changement climatique. Mais, pour lui, le déclin de la couverture arborée après 2500 ans BP ne peut être expliqué seulement par les conditions climatiques. SCHULZ, lui, défend l'idée d'un important impact anthropique à partir de 7000 ans BP. NEUMANN et BALLOUCHE 1993, attribuent les changements de la végétation observée entre 2600 et 900 ans BP au sud est du Burkina Faso à une emprise humaine plus intensive sur l'environnement.

Mais beaucoup de chercheurs (MONNIER (1981), CESAR (1990), MAIRE, POMEL et SALOMON (1994), BALLOUCHE (2002), FOURNIER (1991), s'accordent pour dire que les feux de brousses (dans le passé comme de nos jours) ont produits et continuent de produire les paysages de savanes. Des traces fréquentes des feux ont été révélés dans des études palynologiques dans des savanes ouest africaines. Des études réalisées sur le plateau dogon au Mali (site d'Ounjougou), au sud est du Burkina Faso (falaise du Gobnangou) BALLOUCHE et AL, (2003) ou dans le lac Tilla sur le Biu plateau au Nigeria (SALZMANN 2000) montrent bien que ces savanes sont liées au passage annuel des feux de brousses. BALLOUCHE et AL (2003) expliquent que l'histoire de la végétation au cours de l'holocène dans le Gobnangou est marqué par la présence des feux qui « a en partie créé, certainement entretenu et maintenu le type de milieu qui lui permettait d'exister ». La présence d'espèce pyrophiles telles que *Combretum micranthum*, *Isobertinia* et surtout *Lonchocarpus laxiflorus* laisse penser selon eux à une explication des feux au II^{ème} millénaire dans la sélection des espèces et le façonnement des paysages de savanes. Les mêmes auteurs affirment que le site d'Ounjougou au Mali présente des couches charbonneuses qui témoignent d'une régularité des feux généralisées à partir de 4500 BP.

Mais si le changement de végétation peut être attribué au feu, encore faudrait-il déterminer les causes du feu, ses conditions de propagations, et ses caractéristiques en rapport avec les activités des populations. Cette partie sur les feux de brousses sera développée dans le chapitre III intitulé: les savanes : des milieux investis par les sociétés.

Chapitre II : Les dynamiques environnementales dans l'ouest burkinabé

La détérioration des conditions climatiques du Burkina Faso en général, entraîne la fragilisation des écosystèmes et accélère le processus de dégradation de la végétation et des sols ; bien que cela n'en soit pas le seul facteur. Pour expliquer les transformations environnementales intervenues dans le milieu naturel de la zone d'étude, nous étudierons les éléments naturels qui interviennent dans les mécanismes environnementaux.

1- Les conditions climatiques

L'Ouest du Burkina Faso a un climat tropical à saisons contrastées. Deux saisons rythment ce climat : l'une pluvieuse va de mai-juin à Octobre. L'autre sèche, s'étale sur les autres mois de l'année. Cette division de l'année en saisons est conditionnée par le déplacement de la Convergence Inter Tropicale (CIT). Au Burkina Faso, la saison pluvieuse s'installe lorsque la CIT prend sa position la plus septentrionale. La saison sèche, quant à elle s'établit lorsque la CIT se trouve aux environs de l'océan Atlantique donc dans sa position la plus méridionale. (ATLAS DU BURKINA FASO 2001).

La zone d'étude se situe entre les isohyètes 800 et 1000 mm. La pluviosité varie de 750 mm à 1200 mm et la pluviométrie ; elle diminue au fur et à mesure que l'on se déplace vers le nord. Les précipitations annuelles atteignent leur maximum en Août dans toute la région. Janvier et décembre constituent par contre les mois les plus secs. Entre 1960 et 1986, la moyenne pluviométrique annuelle de Bobo Dioulasso (Station synoptique la plus grande de la région Ouest et de laquelle sont issues toutes les données chiffrées de cette étude climatique) était de 1026 contre respectivement 541 mm et 664 mm en 1980 et 1990, considérées comme étant des années de sécheresse. Les précipitations moyennes annuelles sur la période de 1966 à 1995 (**carte 2b**) montrent une tendance à la baisse qui n'est pas sans conséquences sur les éléments du milieu naturel. Aussi, la quantité globale de pluies reçues au Burkina Faso avant les années 1970 a diminué considérablement comme le montre la **carte 2a**. Elle se traduit par la disparition des isohyètes 1400 mm et 1300 mm dans le Sud et l'apparition des isohyètes 400 mm dans le Nord.

Les températures présentent une variation saisonnière même si l'on constate que toute l'année, le Burkina Faso jouit de températures élevées. Les plus fortes chaleurs se situent pendant la saison sèche, entre mars et mai, où la température maximale absolue diurne peut s'élever au dessus de 40°C.

Une seconde période chaude, relativement courte s'installe immédiatement après la saison pluvieuse avec 32°C pour maxima.

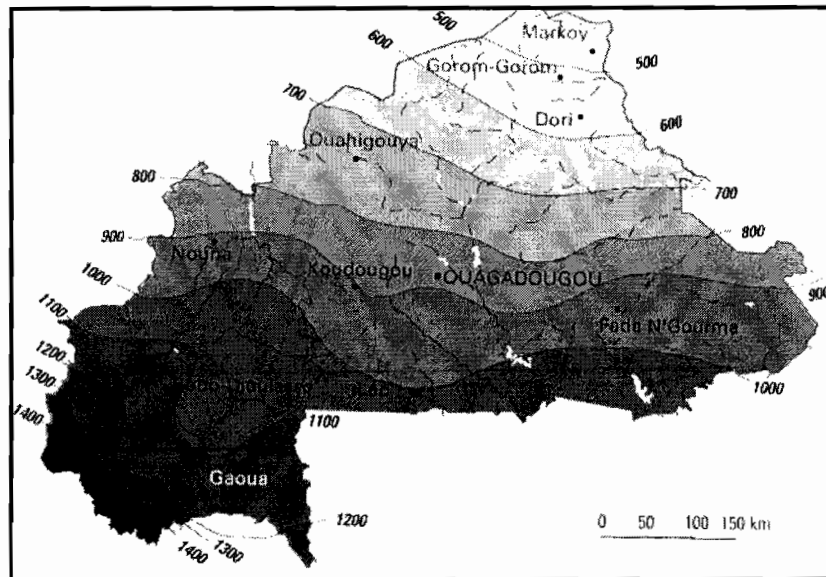
Les températures chutent par contre pendant les mois de novembre à février. En décembre, les minima sont de l'ordre de 18°C

Une seconde période plus fraîche va de juillet à septembre, elle est marquée par les influences marines et les températures minimales du mois d'août (le plus pluvieux) atteignent 21°C.

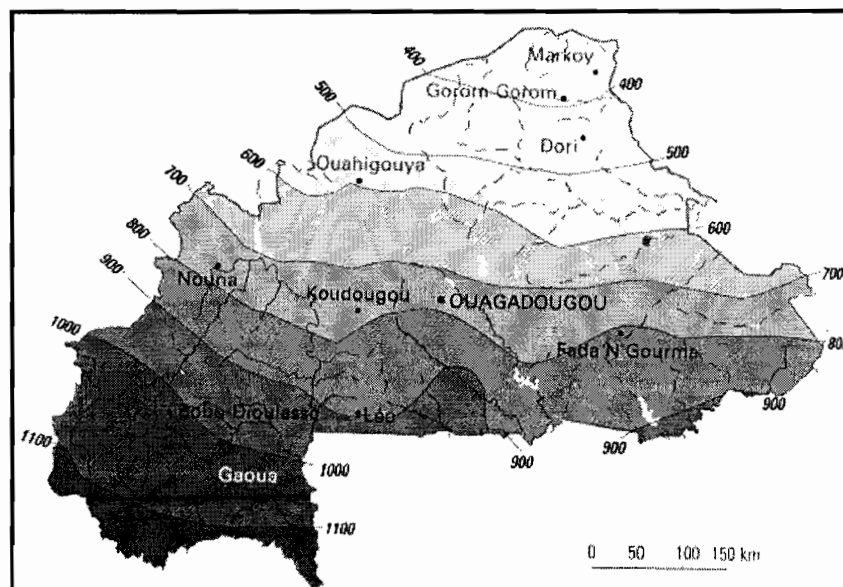
L'harmattan et la mousson sont les des vents qui soufflent dans la zone. L'harmattan est un vent de saison sèche. Il est chaud la journée et frais la nuit. Il a un effet desséchant et accentue l'effet des températures élevées.

La mousson quant à elle est un vent humide qui s'installe progressivement à partir de mai. En début de saison pluvieuse, le vent peut causer lors des tornades d'important dégâts sur les céréales surtout et en déracinant parfois les arbres.

Carte 2a : Précipitations moyennes annuelles (en mm) avant 1970



Carte 2b : Précipitations moyennes annuelles (en mm) sur 30 ans de 1966-1995



Source : Atlas du Burkina Faso, 2001

2- Les sols dans l'Ouest du Burkina Faso

De 1965 à 1969, des études ont été réalisées par BOULET (1976), KALOGA (1977), LEPRUN (1969), MOREAU (1969), GUICHARD (1969)... sur la pédologie du Burkina Faso. Plus récemment, KISSOU (1994) puis KALOGA (1997) établissent une description

détaillée des sols de Bondoukui dans l'ouest burkinabé. Les principales unités pédologiques reconnues sont : Parler du faite que les formes pédologiques sont anthropiques

- les sols minéraux bruts et les sols peu évolués
- les sols ferrugineux tropicaux
- les sols hydromorphes

2-1 les sols minéraux bruts et les sols peu évolués

Ils correspondent aux sols cuirassés et aux roches en affleurement. Ils ont de faible profondeur ainsi qu'une faible disponibilité en eau et une forte sensibilité à l'érosion (ATLAS DU BURKINA FASO, 2001). La difficulté de pénétration des racines due à leur faible épaisseur et leur pauvreté chimique confère à ces sols une valeur agronomique quasi nulle (BOULET, 1976). Cependant, ils peuvent servir d'aire de pâturage ou faire l'objet de protection pour favoriser le développement de la végétation naturelle.

2-2 les sols ferrugineux tropicaux lessivés

Ils se développent sur des matériaux d'altération granitique ou sur des colluvionnement sableux provenant des grès. De nature limono argileuse à argilo limoneuse en surface, ces sols sont argileux en profondeur, mais souvent mal drainés. BOULET (1976) les caractérise comme des sols profonds (plus de 100 cm) ; leur capacité de rétention en eau est moyenne à bonne. Des techniques appropriées permettent la mise en valeur de ces terres par des cultures vivrières. On peut y retrouver des associations à sols ferralitiques et des sols hydromorphes.

2-3 les sols hydromorphes

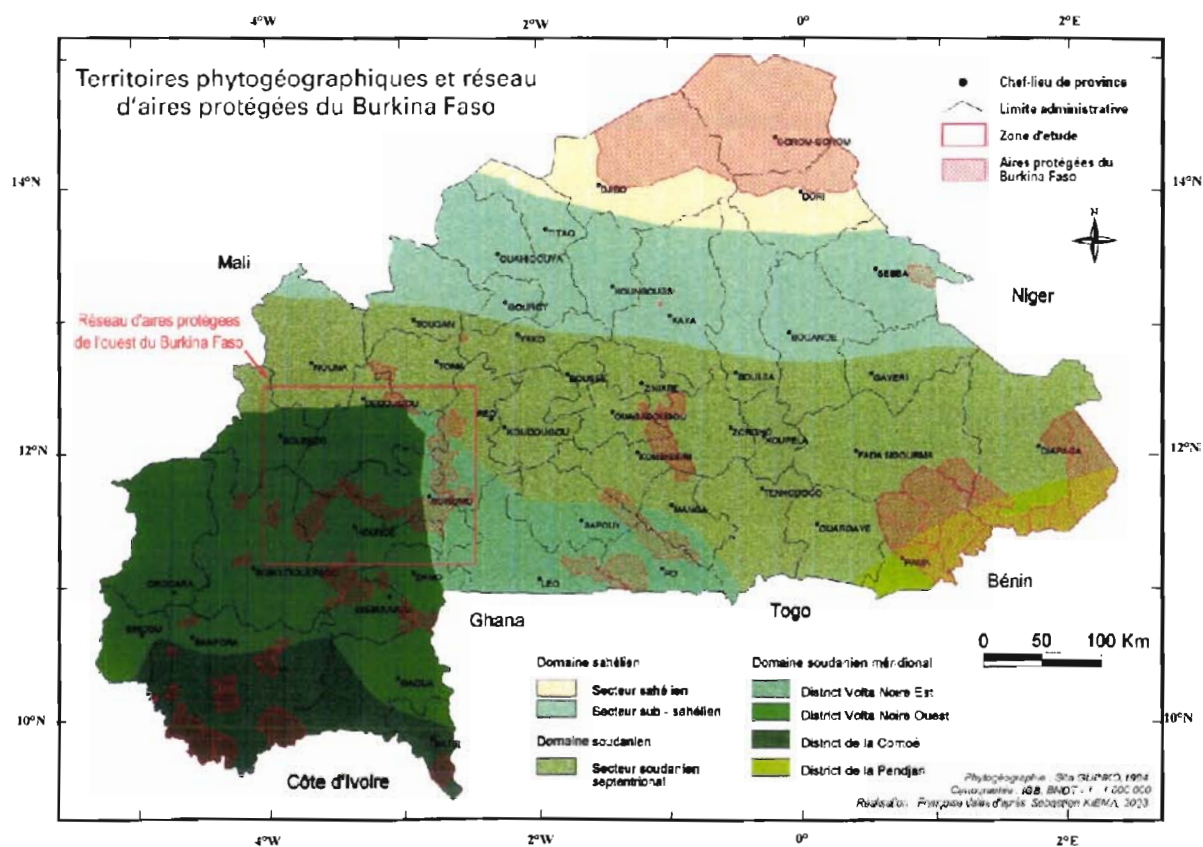
Ils se développent dans toutes les régions où se produit une inondation temporaire de surface ou de profondeur. Ils occupent en général les plaines alluviales ou colluvio-alluviales longeant le Mouhoun ou cernant les mares ou les lacs. Ces sols sont traditionnellement plantés en riz ; leur compacité et leurs imperméabilités sont parfois défavorables car difficiles à travailler.

3- La végétation et la faune

3-1 La végétation dans l'Ouest du Burkina Faso

L'étude des formations végétales s'appuie sur les travaux réalisées par DEVINEAU et AL (1997) sur la végétation de Bondoukuy, sur la Mare aux Hippopotames et sa périphérie, TERRIBLE (1978, 1984), l'UNESCO (1989), OUEDRAOGO (1994) BELEM (1991, 1998), TAITA (1997) etc.

Selon les découpages phytogéographiques de GUINKO (1984), la quasi-totalité de la zone d'étude se situe dans le domaine soudanien méridional. C'est ce domaine qui nous intéresse particulièrement pour l'étude de la végétation de l'Ouest Burkinabé. Il se subdivise en deux district : le district de la Volta Noire Ouest et celui de la Volta Noire Est. Le district de la Volta Noire Ouest couvre une part importante de la zone d'étude. Il faut noter qu'un petit bout (extrême nord est de la zone d'étude) fait parti du domaine soudanien. (**Carte 3**)



Nous nous sommes inspirés de l'étude sur la végétation de l'ouest burkinabé effectuée par KIEMA 2001 pour la distinction des formations végétales. Les données sont donc issues de ses relevés personnels. Nous avons retenu quatre grandes formations végétales :

- **les formations végétales des zones protégées**
- **la végétation des zones humides et des cours d'eau**
- **la végétation des zones de cultures et de jachères**
- **les formations végétales sur sols cuirassés et gravillonnaires**

Ce qui semble le plus intéressant dans cette étude, c'est de faire ressortir le rapport de dominance arbres-herbes, l'état du couvert végétal, car ce sont des éléments qui s'avèrent important dans le déroulement des feux

3-1-1 Les végétions des aires protégées ou peu perturbés.

La plupart des aires protégées de la zone étudiée sont pour une part importante sur des lithosols et des sols cuirassés. Elles sont représentées par les savanes arborées ou arbustives. La distribution des arbres est régulière. Cela témoigne d'un certain équilibre atteint dans ces milieux.

On rencontre comme espèces ligneuses couramment, dans les milieux peu perturbés *Opilia celtidifolia*, *Tamarindus indica*, *Grewia spp*, *Bridelia ferruginea* ... Selon KIEMA (2001) une végétation particulière souvent *Tamarindus indica* peut s'installer sur des emplacements anciens de termitière au sol profond. Il remarque que cette végétation renferme des espèces qui craignent le feu. Cela s'explique par le fait que ces milieux peu perturbés renferment un tapis herbacé très discontinu ou quasi absent ne permettant pas le passage des feux de brousse.

3-1-2 La végétation des zones humides et des cours d'eau

Ce sont les forêts galeries, la végétation aquatique et celles des plaines inondables.

Les forêts galeries longent les cours d'eau. Les individus sont de grandes tailles lorsque la strate arborée est dominante, 30 m selon les endroits (BELEM 1991). La flore des galeries forestières est plus diversifiée dans les zones où l'on note une très faible exploitation agricole et celles à cours d'eau pérennes comme la réserve de la mare aux hippopotames. Ses espèces sont pour la plupart forestières comme *Syzygium guineense*, *Khaya senegalensis*, *Kigelia africana*, *Cola gigantea*... Selon KIEMA 2001, des espèces savanicoles atteignant une taille proche de celle des espèces forestières leur sont souvent associés telles : *Parkia biglobosa*, *Anogeissus leiocarpus*, *Vitex doniana*, *Diospiros mespiliformis*... Lorsque la strate arbustive est présente, elle se compose de *Phoenix reclinata*, *Holarrhena floribunda*... Les lianes (*Baisea multiflora*) sont souvent présentes depuis la strate arbustive à celle arborée.

La strate herbacée par contre est très pauvre à cause de la couverture arborée très fermée dont le recouvrement varie entre 80 et 90 % à la Mare aux Hippopotames (BELEM 1991). Elle se développe surtout dans les lits des rivières temporaires.

La strate arbustive peut être dominante par endroit. Elle se compose de *Mimosa pigra*, *Acacia sieberiana*, *Ficus capensis*, *Englerina lecardi* etc. La strate arborée est alors quasi inexistante et représentée par quelques individus de *Parinari excelsa*.

La végétation aquatique : Elle a été étudiée par OUEDRAOGO (1995) (cité par KIEMA 2001) sur le site de la Mare aux Hippopotames , qui distingue plusieurs types de végétation aquatique composée de strate immergée et émergées en fonction de la profondeur de l'eau. .

Les plaines inondables couvertes en majorité des formations herbeuses. Les espèces ligneuses, très espacées sont arbustives.

3-1-3 La végétation des zones cultivées et des jachères

Les zones de cultures renferment des espèces épargnées expressément par les populations. Il s'agit de parcs arborés. Ces espèces servent aussi bien à l'économie qu'à la couverture des besoins fondamentaux des populations (besoins alimentaires et médicinales, alimentation du bétail...). Ces parcs arborés sont essentiellement composés de *Vitellaria paradoxa*, *Parkia biglobosa*, *Tamarindus indica*, *Lannea microcarpa* auxquels s'ajoutent de plus en plus *Pterocarpus erinaceus* pour son intérêt fourrager et parfois *Daniellia oliveri*. Des parcs monospécifiques à *Faidherbia albida*, se rencontrent parfois à proximité des villages L'espèce semble utilisée depuis longtemps pour ses potentialités d'engrais naturels. Les herbacées quant à elles, sont surtout des adventices de cultures.

Les jachères jeunes ou récentes (1 à 2 années de repos) selon GUINKO 1984 renferment encore en abondance de nombreuses espèces commensales. Au fur et à mesure qu'elles vieillissent, ces espèces sont repoussées par les espèces savaniques qui finissent par dominer physionomiquement. D'après les travaux de DEVINEAU et al (1997), FOURNIER, FLORET & GNAHOUA (2001), les jeunes jachères de l'Ouest burkinabé sont généralement constituées de petites espèces arbustives comme *Guira senegalensis*, *Piliostigma reticulatum*, *Gardenia erubescens*. *Pterocarpus erinaceus* est de plus en plus épargné pour son intérêt fourrager, mais aussi, sévèrement émondé très souvent tandis que de gros individus de *Daniellia oliveri* le sont à cause de leurs dimensions qui rendent difficile une coupe manuelle, ou simplement à cause de leur ombrage. Ces espèces utilitaires s'accompagnent d'arbustes de régénération. Ce sont : *Terminalia laxiflora*, *T. macroptera*, *Combretum collinum*, *Pteleopsis suberosa*... Les herbacées telles que *Dactyloctenium aegyptium* ont un cycle annuel surtout les deux premières années de jachères. Lorsqu'on a une succession normale de jachère, diverses espèces annuelles dominent la strate herbeuse jusqu'à l'installation des graminées pérennes. La première à s'installer et la plus remarquable est *Andropogon gayanus*.

Les arbres qui caractérisent ces milieux de jachères sont *Vitellaria paradoxa*, *Daniellia oliveri*, *Prosopis africana*, *Isobertia doka*. Les arbustes les plus fréquents sont *Terminalia laxiflora*, *Terminalia macroptera*, *Annona senegalensis*, *Pteleopsis suberosa*... Les herbacées pérennes sont dominées par des espèces telles que *Andropogon gayanus*, *Andropogon ascinodis*, *Hyppahenia smithiana*... et les annuelles *Borreria stachydea*, *Borreria radiata*, *Microchloa indica*...

3-1-4 Les formations végétales sur sols cuirassés et gravillonnaires

Elles se présentent sous forme de savanes herbeuses **parsemées** de bosquets et de fourrés. Cette végétation se développe également sur les replats de collines.

Le tapis herbacé se compose en majorité d'espèces annuelles telles que *Loudetia togoensis*, *Microchloa indica*... et de pérennes comme *Loudetia simplex*. La strate ligneuse comprend *Combretum glutinosum*, *Acacia macrostachya*, *Detarium microcarpum*, *Lannea velutina*... Dans les fourrés, la strate arbustive associée est *Gardenia sokotensis*, *Allophylus africanus*...

Les replats de collines présentent par endroits des dépressions retenant les eaux de pluies, et où poussent une flore composée uniquement d'herbacées.

Les pentes de buttes cuirassées sont colonisées par une végétation qui varie des savanes arbustives ou arborées à des forêts claires. Les strates arborées se composent de *Isobertinia doka*, *Azelia africana*, *Anogeissus leiocarpus*,... Dans les milieux assez ouverts, on a *Andropogon ascinodis*... comme herbacées.

3-2 La Faune Ouest burkinabé

Elle exerce une action directe sur la végétation. Son effet est surtout visible dans les aires protégées où elle se concentre. La pression des animaux sur la végétation, son organisation, sa physionomie peut être considérable. La faune se compose des animaux domestiques et sauvages. Les animaux sauvages comprennent les gros mammifères qui laissent un aspect de « désolation » (GUINKO, 1984) après leur passage. Les petits mammifères se composent essentiellement des rongeurs. En dépit de leur actions « dévastatrices » (GUINKO. *op. cite*), ces animaux contribuent à la régénération des végétaux. Comment transforment-ils les paysages de savane et comment contribuent ils au renouvellement végétatif de ces paysages ?

3-2-1 L'action des herbivores

Nous expliquerons le rôle de certains d'entre eux, les plus significatifs, faute de ne pouvoir tous les étudier. En général, on observe une importance des actions de la faune des herbivores sur les structures de la végétation.

Les éléphants constituent les plus remarquables à cause de la grande quantité de matière végétale consommée : 180 à 270 kg/jour de matière végétale (SAWADOGO 1981). Ils causent également des dégâts aussi bien dans les champs qu'au niveau des arbres des aires protégées lors de leurs passages : cassage de branches et déracinement de petits arbres, coups de défense parfois mortels portés à certains arbres. D'après GUINKO 1984, ces mammifères consomment des espèces comme *Vitellaria paradoxa*, *Tamarindus indica* et *Balanites aegyptiaca* dont ils mangent les feuilles et fruits. Pendant la saison pluvieuse, ils déracinent totalement le *Detarium microcarpum* et les *Cochlospermum tinctorium* et *planchonii* pour en manger les racines. Chez les *Burkea* qui reçoivent des coups de défense, le feu pénètre parfois dans les trous béants de blessure et ronge le cœur de l'arbre causant sa perte (GUINKO, 1984). Beaucoup d'arbres blessés meurent pendant la saison sèche après le passage des feux. Ces animaux n'ont pas que des aspects négatifs, ils peuvent également contribuer à la dissémination des graines des espèces consommées. On observe donc des pieds de tous les âges qui émergent.

Les hippopotames et les phacochères se servent des plantes à bulbes dont ils déterrent entièrement pour consommer les racines. Les hippopotames s'attaquent plus particulièrement aux savanes herbeuses marécageuses et inondables, riveraines dans un rayon de 15 Km dans la mare aux hippopotames. Ils peuvent consommer 60 à 200 kg /jour (RIOU 1995). On conçoit donc que ces pâturages soient tout à fait tondus à la fin de la saison sèche. Ceux ci se nourrissent essentiellement de rhizomes de *Echinochloa pyramidalis* et *Oryza barthii*. Ces animaux détruisent certaines plantes aux cours de leurs déplacements.

Nous pouvons admettre que la faune des savanes, organisés autour des herbivores, participent évidemment à leur équilibre, non seulement dans des relations productions/ consommations mais également par des interventions divers sur les organisations et les physionomies : prélèvements, élagages, tontes, redistributions etc. (RIOU, 1995)

3-2-2 Les fousseurs et les terricoles

Les rongeurs sont constitués par les agoutis et les rats. Ils cisailent les tiges de graminées en petits morceaux Certaines espèces de rats dévorent les graines de *Parkia biglobosa* freinant ainsi la régénération naturelle de cette espèce par semence ; sous l'arbre, on trouve rarement une gousse contenant des graines.

3-2-3 Les termites, les oiseaux et autres animaux

Les conséquences des activités des termites se font sentir aussi bien au niveau des sols que sur la physionomie des paysages. Le rôle pédologique des termites est très considérable. Selon MORISON et al, (1948) dans GUINKO, (1984) l'activité des termites augmente la profondeur du sol, la porosité, les teneurs en éléments fins et la fertilité chimique. Elles s'attaquent souvent aux tiges de graminées qui sont découpées en brindilles. Elles renforcent également l'action d'écorchage des baobabs pratiqués par les éléphants ; envahissent les parties blessées et rongent les fragments de tissus morts jusqu'aux tissus vivants. RIOU (1995) remarque que dans certains cas plus fréquents, les arbres paraissent s'être développés autour de la termitière, profitant des conditions édaphiques favorables créées par le travail des termites (approfondissement du sol, meilleur régime hydrique, fertilité plus élevée). Par ailleurs, les termitières abandonnées sont souvent occupées par une formation ligneuse fermée disposée en petits îlots au sein des savanes.

Les oiseaux jouent un rôle significatif dans la dissémination des espèces. Certains vecteurs de maladie comme la mouche tsé-tsé et la simulie ont entraîné le déplacement des populations vivants dans les vallées de la Volta. Selon GUINKO, (1984) ces déplacements massifs expliquent la persistance des formations boisées de ces zones.

Chapitre III- Les savanes : des milieux investies par les sociétés

Les savanes sont des milieux caractérisés par les empreintes laissées par les sociétés humaines, au cours du temps. GUINKO, (1984) explique qu'au Burkina Faso, comme dans l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest, les savanes étaient déjà peuplées depuis le paléolithique. LE DREZEN (2003) rapporte que c'est principalement durant le Néolithique que s'est accentuée l'emprise des sociétés sur le milieu naturel. Cette période est surtout marquée par le passage à la sédentarisation puis le début de l'agriculture et du défrichement (SCHNELL 1971). Plusieurs auteurs (AUBREVILLE 1979, SCHNELL 1976, GUINKO 1984, 1985a, 1985b, WALTER 1976 etc.) précisent que les savanes sont des formations secondaires qui seraient dérivées de l'emprise des sociétés sur le milieu.

La savane ouest burkinabé, comme l'ensemble du pays a subi des transformations perceptibles aussi bien au niveau des modes de vie des sociétés que des espaces. Ces savanes ont été toujours parcourues et occupées par plusieurs types de sociétés comme le souligne GUINKO (1984) : des agriculteurs, des éleveurs, des chasseurs, aux densités variables et ayant transformés plus ou moins ces paysages ouest burkinabés. De nos jours, seules les zones difficilement accessibles ou les aires protégées semblent conserver une végétation « originelle » (FOURNIER 1991, NEUMANN et BALLOUCHE, 1992). Quels sont donc les processus actuels de transformation de paysages de savane dans l'ouest burkinabé ? Quelles sont les causes de ces modifications ? Nous avons mentionné ultérieurement que les feux de brousses ont joué un rôle important dans l'origine des savanes. Comment les feux modèlent les paysages actuels de savanes ? Quelle est la place des aires protégées dans ces paysages en mutations ?

1- Les mutations des sociétés et des espaces ruraux ouest burkinabés

Les populations de la zone d'étude se composent de bobo et de bwaba (majoritaires et autochtones), les gourounsis vers le Nord Est de la zone d'étude ; les mossis, et les peulhs, migrants venus du Nord et du Centre, les samos, les marangas et les bozos issus du Mali actuel (ATLAS DU BURKINA FASO, 2001). L'émergence de la société à économie de production, les transformations des systèmes économiques, les activités agricoles et pastorales etc. conduisent la population à rechercher des régions capable de leur fournir une certaine sécurité économique et alimentaire notamment l'Ouest. Jadis peu peuplée pour des raisons sanitaires (foyers d'insectes vecteurs de la trypanosomiase et de la maladie du sommeil), la savane ouest burkinabé est fortement anthropisée de nos jours, à l'exception de certaines zones dites protégées. (KIEMA, 2004 *comm. pers*)

1.1- Les villages autochtones et l'organisation spatiale des paysages

1-1-1 Les autochtones bobo et bwaba

La société autochtone ouest burkinabé a une structure lignagère dans laquelle le fonctionnement interne repose sur l'autorité de l'aînée (CAPRON, 1988). En pays bwa par exemple, l'appropriation et la mise en valeur de la terre dépendaient de la position de l'exploitant dans la structure lignagère. L'accès à la terre était d'autant plus facile que les groupes lignagers étaient détenteurs de droits fonciers originels (CAPRON, 1973). Le

sentiment dominant était l'absence de contrainte spatiale car les espaces non cultivés étaient abondants. Dans un passé récent, un équilibre écologique était respecté dans les zones de peuplement autochtones où la reproduction des ressources naturelles reposait sur la jachère de longue durée. Le développement de la culture du coton a favorisé l'émergence de la culture du maïs au détriment des cultures traditionnelles autochtones. La mauvaise complémentarité des calendriers culturels du coton et des autres cultures semble être à l'origine de cette spécialisation agricole (SANON, 1995). Les systèmes de cultures se sont simplifiés, les associations de cultures ont disparu et l'on s'oriente vers une bipolarisation des cultures coton-maïs.

1-1-2 L'organisation spatiale ancienne et nouvelle

L'organisation traditionnelle des terroirs à auréoles concentriques et à gradient d'intensification a largement évolué au profit d'une exploitation de champs de brousse de plus en plus éloignés des habitations. Autour de l'habitat, étaient disposés généralement en auréoles concentriques, les champs de cases permanents, les champs de villages semi permanents et les champs de brousse. Les champs de case sont enrichis en déchets domestiques. Ceux-ci n'existaient pas systématiquement dans tous les villages et pouvaient se confondre avec les champs de village. (SAVONNET, 1959). Les champs de village, constituaient avec les champs de brousse, le support de la production agricole de l'époque. L'éventail des cultures pratiquées était large et les associations végétales variées. Les champs de brousse étaient les plus éloignés du village et les plus vastes. Leur superficie dépendait de l'importance de la famille et s'étendait sur plusieurs dizaines d'hectares pour les familles qui regroupaient jusqu'à 100 personnes (TERSIGUEL, 1995). Pour ces derniers, compte tenu de l'abondance des terres, un déplacement régulier après 6 à 12 années de mise en culture était effectué pour permettre à la terre de se reposer (SANON, 1994). TERSIGUEL (1995) affirme que c'est au début des années 1950 que la production agricole Bwa amorce un grand changement. Pour lui, la transformation radicale du système de culture par l'introduction du cotonnier se réalisera au cours des trois décennies suivantes.

De nos jours, l'utilisation de la charrue autorise la mise en culture des terres de plus en plus lourdes et participe de même à la colonisation de nouveaux secteurs. Les champs permanents de village sont largement délaissés et l'habitat a tendance à se déplacer et à se stabiliser vers les brousses lointaines. Les transformations spatiales liées surtout aux développements de la culture cotonnière et ses annexes, sont le desserrement de l'habitat, la disparition des champs de case et de village, l'éclatement des unités socio économiques de bases. Aussi, on observe de nos jours, la sédentarisation des exploitations liées aux investissements apportées en engrais et autres facteurs de productions tendant à introduire une certaine appropriation individuelle des terres. Certains villages conservent néanmoins encore les caractéristiques organisationnelles et sociales traditionnelles (KIEMA, 2001).

1.2-Les migrations et les transformations socio économiques

Les crises climatiques et l'essor démographiques ont contribué majoritairement à l'augmentation du solde migratoire de l'Ouest. La zone d'étude constitue l'aire cotonnière du Burkina. Elle présente des conditions naturelles plus favorables pour

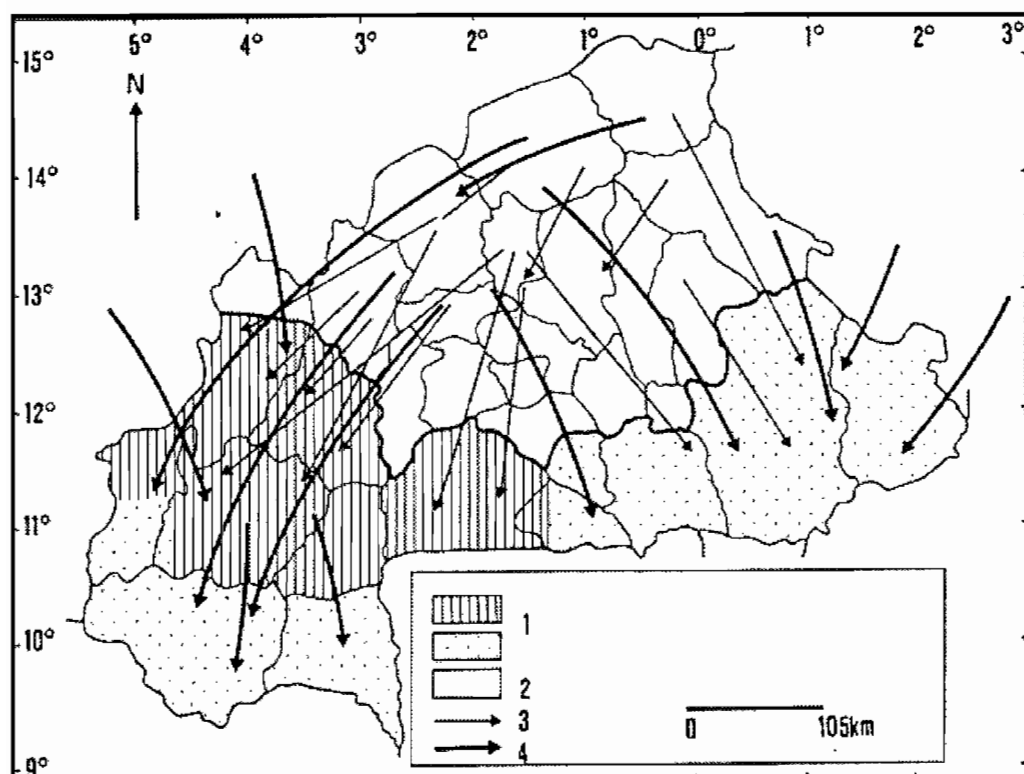
l'agriculture que le reste du pays et attire de nombreux migrants venus des régions plus arides. La dynamique du changement repose, principalement, sur les diffusions conjointes de la culture cotonnière et de la mécanisation agricole, qui ont connu un développement sans précédent au cours de la dernière décennie. L'attrait pour l'ouest burkinabé repose sur la culture du coton qui ouvre l'accès à des revenus monétaires substantiels et à l'espoir d'une vie meilleure

Aussi, la monétarisation des ressources agricole conduit beaucoup de populations à se diriger vers des zones propices à l'exploitation.

1-2-1 Les migrations : causes de la saturation spatiale ?

L'éradication de l'onchocercose et de la maladie du sommeil a accéléré ces derniers années les migrations des populations, observées dans les années 1960, entre le nord et l'ouest du pays (KOHLER, 1972), au point d'inverser les rapports numériques entre les populations autochtones et les allochtones (GUINKO, 1984). L'installation des populations sur des terres disponibles provoque un accroissement de la demande en terre et par conséquent, une perturbation de l'équilibre écologique anciens (BELEM, 1985). Aussi, l'accroissement de la population autochtone vient gonfler le nombre de plus en plus croissant de migrants.

Carte 4 : Flux migratoire et transhumance



Légende : 1 = zone d'accueil

2 = zone de départ

3 = homme

4 = bétail

1-2-1-1 Les migrations agricoles

Les mouvements de migrations, notamment Mossi, beaucoup plus que la culture cotonnière, ont amplifié l'extension des superficies cultivées. Arrivés par vagues successives, ceux-ci ont eu la possibilité dans un premier temps, d'occuper les champs abandonnés par les autochtones parce qu'épuisés : ils ont eu l'autorisation après, de même que les jeunes ménages autochtones de défricher les zones de brousse. Mais on remarque que les comportements d'occupations de l'espace sont différents selon qu'il s'agit d'autochtones ou de migrants, les motivations n'étant pas les mêmes. Le nombre impressionnant de migrants, leurs méthodes très extensives de cultures nécessitant de grandes superficies, le désir d'occuper de plus en plus de terre, conduisent ceux-ci à effectuer des défrichements inconsidérés, au point de détruire complètement ce potentiel de production qu'est la terre dans l'ouest burkinabé. Dans ces régions cotonnières, à forte émigration mossi, la culture extensive se situe dans un contexte de « course à la terre » qui, en présence de l'important afflux des migrants, incite les autochtones à garantir les droits coutumiers par un défrichement même partiel ou un début de mise en valeur des dernières réserves disponibles. Les nouveaux venus défrichent, exploitent et produisent avec les mêmes systèmes « miniers » qui ont ruiné le potentiel naturel de leurs terroirs d'origine. Le développement de la culture du coton et l'arrivée des migrants se sont traduits par la colonisation des « terres neuves ». Les champs de village ont tendance à être abandonnés par les autochtones compte tenu du fait qu'ils sont de moins en moins engraisés et du fait que la pression démographique (les migrants mossi s'installent souvent dans ces types de champs) est forte. C'est surtout le mouvement puissant de la recherche de l'autonomie (chez les jeunes autochtones) qui a amené une certaine extension des superficies cultivées au détriment des méthodes collectives et relativement intensives de mise en valeur traditionnelles. Cette extension est liée à la culture cotonnière, elle-même favorisée par le développement de la culture attelée. Apte à répondre au besoin monétaire des jeunes ménages autochtones, les champs de coton ont été ouverts par eux dans la brousse. Ils ont obtenu pour cela, de la part des anciens, l'autorisation de défricher. Ces jeunes ménages ont pu ainsi créer une nouvelle zone de champs permanents ou semi permanents qui sont à l'origine des transformations agraires. Compte tenu de cette situation, les disponibilités en terre sont de plus en plus réduites, l'accueil des migrants est de plus en plus difficile, les jachères deviennent courtes. Les malentendus entre autochtones et migrants prennent de l'ampleur.

1-2-1-2 Les pasteurs venus du sahel

Ce sont le plus souvent des peuls, éleveurs transhumants ou sédentaires. Ils occupent des campements situés à la sortie des villages autochtones. Ils sont néanmoins liés à ceux-ci compte tenu du fait que les autochtones agriculteurs confient leur bétail aux peuls sédentaires. Aussi, ceux-ci, en dépit de la possession de bovins louent la traction animale chez les agropasteurs bobos, mossis, bwaba, dafing (KIEMA, 2001). Cela peut être du au fait que l'agriculture peul est destinée essentiellement à l'autoconsommation, le surplus peut être commercialisé si les rendements sont bons. Les

champs peuls observent souvent de bons rendements à cause de la fumure issue de la déjection de leurs animaux dont ils profitent. L'habitat est dispersé permettant aux éleveurs de disposer d'un espace pour accueillir leur troupeau. Ces espaces sont transformés à long terme en champs cultivés en céréales. Les pâturages sont situés au delà des champs de brousses, permettant d'exploiter les terroirs d'autres villages voisins.

1-2-2 Les transformations socio économiques et leurs impacts paysagers

1-2-2-1 Les mutations des systèmes et méthodes de cultures

- du système vivrier à une intensification des cultures de rentes

Traditionnellement les principales productions végétales sont constituées des céréales vivrières dont les principales sont le sorgho, le mil, le fonio. Ces plantes constituent la nourriture de base. Les plantes alimentaires secondaires (l'arachide, le voandzou, le niébé, les légumes) sont cultivées seules ou en association avec les céréales vivrières principales. On a disposé d'un système de succession culturale sans réel souci d'alternance (SAVONNET, 1959). Le tabac est cultivé dans les champs de case, et le coton en petite quantité dans les champs de village pour les besoins familiaux d'habillements. Aujourd'hui, on note un changement notable au niveau de ce système cultural. La culture du coton a pris une telle importance que l'ensemble des catégories sociales s'adonne en définitive à l'agriculture. A tel point que les éleveurs sédentarisés mettent en valeur des parcelles de cultures aussi grandes que celles des autochtones. Le cotonnier jadis cultivé sur des superficies restreintes est actuellement en grande culture pour des fins exclusivement agricoles. L'extension des surfaces cultivées profite surtout aux cultures du coton et du maïs, au détriment d'un ensemble complexe de cultures secondaires et associées ; elle participe à la simplification du système de cultures anciennes. Il semble que le succès de la culture du coton sur les cultures vivrières soit le fait de considérations économiques d'une part au niveau de l'exploitation (revenu monétaires) et d'autre part au niveau de l'Etat (accroissement de recettes d'exportation, prélèvement du surplus financiers sur cette culture). Ces considérations conduisent à l'expansion et à l'intensification de la culture cotonnière. Autrement dit, les conditions techniques et matérielles sont actuellement réunies au niveau de la région pour la production d'excédents céréaliers mais tant qu'il ne sera pas mis en place une politique des prix et une organisation de la commercialisation comme c'est le cas pour le coton, la région Ouest produira suffisamment de céréales pour sa consommation propre, mais pas assez pour couvrir les besoins des autres régions. Il est nécessaire d'intégrer davantage les productions céréalières dans l'économie de marché.

- le succès de la mécanisation et l'accroissement des surfaces exploitées

Le développement de la culture du coton et de la mécanisation est à l'origine de l'équipement des exploitations, de l'accroissement des surfaces cultivées et, plus généralement, des profondes mutations que connaît le monde rural de l'Ouest du Burkina de nos jours. Selon SANON (1994) chez les bwaba par exemple, les sociétés organisées autour de la famille élargie montre une forte capacité à intégrer les innovations techniques dans la mesure où celles-ci ne mettent pas en cause les fondements du cadre social et qu'elles s'intègrent dans un processus de « modernisation conservatrice ». La

mécanisation, parce qu'elle autorise la mise en culture de plus grandes surfaces, constituent un outil privilégié de conquête de l'espace et, lorsque la pression foncière est faible, elle devient un moyen efficace pour l'appropriation de nouvelles terres (TERSIGUEL, 1992). Les activités cotonnières ont occasionné le développement des forces productives matérielles (équipement en culture attelée, utilisation de la charrette, des engrais chimiques) et l'utilisation des techniques nouvelles (semis en ligne, traitements, insecticides etc.). L'utilisation de ces matériels et de ces techniques nécessite de travailler sur de grandes superficies et est donc incompatible avec le morcellement et l'exiguïté des champs de case ou de village. Les conséquences de cette nouvelle occupation de l'espace tant par les autochtones que par les migrants sont l'extension des défrichements sur des terres qui n'étaient pas encore cultivées et une nouvelle stratégie par rapport à la terre. Si le développement de la culture cotonnière a entraîné le délestage de celle vivrière, elle a favorisé la transformation du monde rural et l'introduction d'un nouveau mode de production et de consommation.

1-2-2-2 Les transformations des modes de vie et de consommation

La culture cotonnière joue un rôle sur le niveau et sur la qualité de la vie de la population. Depuis la colonisation et surtout depuis l'introduction du nouveau type de consommation lié à la monétarisation, non seulement les principales cultures ont changé plus ou moins de destination, mais aussi le rapport entre elles dans le champ du paysan a complètement changé. Si les céréales sont restées vivrières, elles ne sont plus exclusivement cultivées pour l'autoconsommation familiale. Elles sont en partie destinées au marché et certaines d'entre elles comme le maïs qui ont comme le coton quitté la case pour la brousse dans certains villages, sont beaucoup plus cultivées pour être vendues que pour les besoins familiaux.

Dans l'Ouest du Burkina Faso, on remarque que l'automatisation des exploitations, le déplacement des champs de coton vers la brousse, la disparition des champs de case, l'afflux des migrants etc. ont entraîné la dislocation des structures familiales. Cela se perçoit à travers le passage des grandes unités familiales de production à la naissance de l'individualisme, affaiblissant l'autorité de l'aîné et le non respect des fondements de cette autorité. Aussi l'introduction de la culture marchande a entraîné la création des besoins nouveaux inconnus dans l'économie de subsistance. Les nouvelles techniques et méthodes de vulgarisations ont eu du succès compte tenu du fait que les jeunes chefs d'exploitations ne sont plus sous le poids des traditions. On assiste à une sédentarisation des champs des producteurs de coton, dans le but d'exploiter au maximum les arrières effets des intrants et particulièrement celui des engrais. Le cultivateur a ainsi tendance à s'identifier à ce lopin de terre et à se l'approprier individuellement. Cette tendance à l'appropriation est accentuée par les grands défrichements de migrants, rendant la terre de plus en plus rare. Elle perd son statut de propriété collective et devient petit à petit des propriétés privées, et plus marchandes. La culture cotonnière a élevé le revenu monétaire du paysan, entraînant la consolidation de l'habitat par la construction de maisons à matériaux définitifs, l'amélioration du régime alimentaire et le développement des infrastructures collectives.

2-Les feux de brousse comme élément majeur dans la dynamique paysagère des savanes ouest burkinabé

« L'hétérogénéité des pratiques [de feux] dans l'espace et le temps est un des éléments à prendre en compte comme indicateur des différentes logiques paysannes sur un même espace » **BLANC-PAMARD, 1985**

Les feux de brousses sont des phénomènes liés aux conditions naturelles d'une part et aux activités humaines d'autre part. BRUZON (1990) rapporte que d'après les travaux de pétrographie, les feux de brousses, dus à la foudre ou aux éruptions volcaniques remontent au paléozoïque. Mais ses principales applications selon PERLES (1977) datent du paléolithique, il y a un million d'années. Aussi, le phénomène prend de l'importance avec l'apparition des civilisations agraires au néolithique. Plusieurs auteurs s'accordent de nos jours pour dire que c'est le feu, qui, depuis bien longtemps, a façonné et continue de produire les paysages de savanes. Le feu de brousse est en effet un phénomène ancien, qui parcourt les savanes depuis des millénaires. D'origines naturelles ou anthropiques, le feu est en partie responsable de la physionomie du couvert végétal. Il ordonne le paysage en sélectionnant certaines espèces et en éliminant d'autres. Il maintient ainsi ce cortège floristique en créant une végétation qui modifie sa phénologie pour s'adapter à son passage régulier et garantit à long terme leur pérennité. La propagation des feux nécessite certaines conditions naturelles précises et surtout quelqu'un qui met le feu. Aussi, les aspects anthropiques des feux varient considérablement en fonction des acteurs comme l'exprime si bien BRUZON (1990), pour qui « on le perçoit comme on le pratique »

2-1 La propagation et les types de feu de brousse

2-1-1 La propagation des feux

Les feux de brousses sont des incendies qui parcourent chaque année les formations de savanes. Ils sont considérés par plusieurs auteurs DEVINEAU et GUILLAUMET, (1992); MONNIER (1965, 1981, 1990), CESAR (1990), AUBREVILLE (1949), BRUZON (1990, 1994) etc. comme le facteur de perturbation anthropique le plus récurrent (DEMBELE, 1996). Pour MONNIER (1981), « si l'existence des feux naturels [...] n'a pas pu être prouvée, le passage régulier des feux de brousses implique nécessairement la présence de l'homme ». C'est en effet les populations des savanes qui allument les feux comme le confirment SCHNELL (1971) pour qui le feu a dû être « un des premiers moyens employé par l'homme contre la végétation ». Certains auteurs ont néanmoins signalé l'existence des feux naturels, allumés par la foudre (LEBRUN, 1947). Mais SCHNELL défend que « les orages susceptibles d'incendier la végétation sont généralement accompagnés de pluies torrentielles, qui limitent la propagation des feux ». Certaines conditions sont favorables à la mise à feu. MONNIER, (1981) les présente comme suit :

- * les matériaux combustibles, herbes, feuilles de ligneux, matières organiques plus ou moins décomposées
- * une couverture suffisamment continue afin que le feu puisse se développer sans risque de mourir

*des matériaux suffisamment secs pour brûler

D'autres facteurs peuvent également être favorables à la propagation des feux dans les savanes. DEMBELE (1996) les classe suivant 2 types de facteurs : ceux climatiques et ceux biologiques. Pour elle, les facteurs climatiques sont constitués par le vent, la nature et l'état de dessèchement de la matière à brûler, la topographie du lieu, la sécheresse de l'air, la durée de l'insolation et l'intensité du rayonnement solaire. Les facteurs biologiques peuvent favoriser également toute reprise du feu. Souvent, on observe des vastes territoires qui se soustraient au passage du feu. Cela s'explique par le fait que, soit la densité numérique ait détruit la biomasse pouvant brûler, ou soit que le milieu naturel s'oppose à la pénétration du feu (bas-fonds humides, bois sacrés, reliques de forêts...). Aussi, certains éléments naturels comme par exemple les sentiers, les rivières...peuvent stopper la progression du feu.

En fonction de composante de la végétation incendiée et de la période de l'incendie, les spécialistes ont pu classer les feux de brousse en 2 grands types (MONNIER, 1990, MENAUT 1993, GREGOIRE 1993, CIRAD 1990 etc.).

2-1-2 Les types de feux suivant leur période d'apparition

- **les feux précoces** : Ils se propagent en début de saison sèche. Pendant cette période, la teneur en eau de la végétation surtout celle herbacée reste encore relativement élevée. Ils progressent lentement et beaucoup d'organes sauvegardés permettront une reprise active lors de la première pluie ou simplement lors d'une remontée de l'hygrométrie (RIOU, 1995). Le feu précoce est considéré comme un type de feu moins nocif car consommant moins de matériel végétal. MENAUT (*op.cit.*) affirme qu'il est de plus marqué par une combustion lente de végétaux et par des températures relativement élevées. Dans la région ouest burkinabé, ce type de feux est observé durant les périodes fin septembre à fin Octobre au plus tard pour ceux mis par les gestionnaires des parcs et de Décembre à janvier.

-**les feux tardifs** : Ils concernent les feux qui se propagent en pleine saison sèche c'est-à-dire en général de janvier-février jusqu'au début de la saison pluvieuse. Ce sont des feux plus violents car ils s'installent à une période où la végétation est totalement sèche, sa teneur en eau étant au plus bas, la totalité de la matière herbacée est alors rapidement consumée.

2-1-3 Les types de feu suivant la végétation incendiée

C'est une typologie généralement utilisée par plusieurs auteurs.

-les feux de « fauche » ou feux de surface

MONNIER (1990) les considère comme les plus violents et les plus fréquents. Ils consomment toute la strate herbacée et buissonnante dans laquelle ils se propagent. Ces feux exigent une couverture continue.

-les feux de cime et feux de buissons

Ils progressent très rapidement. Démarrant au niveau de la strate herbacée, le feu gagne le sommet des arbres et se propage en hauteur lorsque les cimes sont jointives. Dans les savanes à buissons et combrétacées ayant des endroits à tapis herbacée peu abondant, le feu semble danser au dessus du sol lorsqu'il se manifeste. Il saute de buisson en buisson, d'arbustes en arbustes, en empruntant soit des « ponts » d'herbes, soit des « ponts » de feuilles mortes. (DEMBELE, 1996).

-les feux occultes ou « feu d'humus »

C'est un feu de surface qui a du mal à se propager du fait d'une humidité importante (pluie récente ou rosée). Il se réfugie donc dans la couche humifère qui se consume lentement.

-les feux de feuilles ou feux rampants

L'incendie progresse lentement et régulièrement avec des flammes courtes (RIOU, 1995). Dès lors qu'il trouve sur son passage des touffes d'herbes qui assure sa progression, il semble se raviver.

2.2- Les caractéristiques des feux de brousse en rapport avec les activités socio économiques.

Les feux de brousses sont les incendies annuels qui parcourent les savanes, principalement pendant la saison sèche. Dans l'ouest burkinabé, ils atteignent leur paroxysme après les récoltes (Janvier-Février) si bien qu'il ne reste plus rien à brûler vers la fin de la saison (KIEIMA, 1993). Les pratiques des sociétés sont dépendantes du caractère contrasté du climat, lui-même déterminant en partie la disponibilité du matériel végétatif. Aussi, les sociétés intègrent le feu dans le rythme des saisons. Celles-ci imposent les périodes de mises à feu.

Pendant la saison pluvieuse, la végétation est à son optimum. Mais la teneur en eau ne permet pas une mise à feu du potentiel végétatif. La saison sèche par contre, présente une végétation plus ou moins sèche permettant au feu de passer. Un autre élément qui modifie également les périodes de mises à feu est la différenciation socio économique des acteurs. Le choix des sociétés varie quant à la date de mise à feu (qui détermine les feux précoces ou les feux tardifs); en fonction de l'objectif que l'on veut atteindre. L'hétérogénéité de l'héritage culturel, les techniques et les objectifs dans la pratique des feux auront des incidences différentes sur les paysages (BRUZON, 1990).

Au Burkina Faso, malgré les réformes agraires intervenues octroyant la gestion des terres à l'état, la population rurale a le sentiment que la brousse lui appartient. Pour beaucoup, le milieu naturel reste la propriété des autochtones (agriculteurs) même si certains n'ignorent pas l'autorité de l'état. La brousse est chaque année brûlée (en dépit de l'interdiction) comme pour perpétuer cette pratique de domination du milieu naturel par l'homme; comme pour montrer ce sentiment d'appropriation du milieu par les sociétés rurales.

La stratégie des agriculteurs consiste à brûler la savane lorsque celle-ci est suffisamment sèche. Il utilise le feu comme un outil de défrichement et de nettoyage des champs. Il ressort des enquêtes réalisées par KIEMA (1993) dans l'Ouest burkinabé que pour les cultivateurs, c'est le moyen le plus rapide, le plus simple et le plus efficace pour le nettoyage des champs. Pour eux, le feu constitue un outil précieux en agriculture mais nocif pour les formations végétales. Cela se perçoit nettement lorsqu'ils s'expriment en ces termes « le feu est bon pour nos défrichements mais pas pour la brousse ». En effet, après le passage du feu tardif, le paysage se transforme profondément ; il semble plus ouvert. Les sols étant entièrement sec, aucune repousse n'est possible à cette période. Le feu supprime la strate herbacée en présence et accentue le dessèchement des ligneux. Les feux précoces ne sont pas toujours nécessaires pour les agriculteurs car à cette période de l'année, les récoltes ne sont pas encore réalisées. Un feu précoce peut donc les détruire entièrement. C'est ainsi que certains agriculteurs pratiquent des brûlis de protection autour de leurs champs afin de protéger leurs récoltes d'éventuels feux précoces. Lorsqu'ils n'arrivent pas à les contenir, ces feux peuvent s'étendre sur des vastes superficies. Certains feux sont allumés pour assainir le milieu ; ils permettent d'éloigner les reptiles des villages et de détruire les insectes et les parasites. Le feu est donc utilisé en fonction de ses avantages et intérêt pour un groupe donné. Aussi, au sein d'un groupe socio économique, il existe des interprétations différentes en fonction de l'organisation sociale : autochtones migrants, du groupe ethnique ou bien d'autres considérations. BRUZON, (1990) fait ressortir dans son étude sur les savanes du Nord de la côte d'Ivoire, les sentiments communs (plaisir, admiration, surprise) qui peuvent marquer divers groupes ethniques (qu'ils soient agriculteurs ou pasteurs) dans la pratique des feux mais aussi les divergences quand à l'utilisation du feu comme outil spécifique pour chacun de ces groupes.

Les feux de chasse sont fréquents dans les savanes. Ils sont utilisés comme une arme pour rabattre le gibier et dégager la vue. Cette technique remonterait au paléolithique (PERLES, 1977).

Les éleveurs utilisent également les feux de brousse. Il s'agit du feu pastoral qui peut être aussi important que celui agricole tant par l'intérêt que lui porte l'éleveur que par sa taille. Les éleveurs utilisent le feu pour procurer au bétail une repousse de bonne qualité nutritive en saison sèche. L'alimentation du bétail est surtout basée sur les pâturages naturels, principale cible des feux de brousses. L'état du couvert végétal conditionne la pratique du feu.

Les observations réalisées sur les milieux très peu perturbés (cas des jachères situées entre les champs et de ce fait non accessible par le bétail) de l'Ouest du Burkina, sont colonisés par des herbacées annuelles à cycle végétatif très court (3 mois maximum de durée de vie) essentiellement des adventices de cultures : *Digitaria horizontalis*, *Dactyloctenium aegyptium* (KIEMA, 2004, *comm. pers* ... Ce sont également des espèces "pionnières" c'est-à-dire qui poussent très tôt après les premières pluies au mois de mai ou de juin. Etant donné qu'elles ont un cycle court, elles le bouclent 2 mois environ après leur installation. Elles s'assèchent avant la fin de la saison pluvieuse, ce qui fait qu'elles pourrissent le plus souvent sous l'effet de l'humidité causée par les pluies et la rosée.

Quelques espèces peuvent les remplacer avant la fin de la saison pluvieuse mais le tapis herbacé qu'elles forment est assez lâche pour entretenir un feu.

Dans le cas où le bétail s'en mêle, il n'y a pas suffisamment de biomasse sèche pour alimenter un feu car les jeunes jachères accessibles sont fréquentées par le bétail dès le début de la saison des pluies; moment pendant lequel les pâturages sur les autres types de milieux sont peu abondants exceptés ceux à andropogonées pérennes (devenus rares sauf sur vieilles jachères ou dans les forêts classées)

Les milieux qui brûlent sont d'abord les milieux de cuirasses ou collines sur sols superficiels (peu profonds) trop secs pour être cultivés donc impropres à l'agriculture (avec la saturation de l'espace, les migrants les utilisent de plus en plus ces terres mais il en reste néanmoins). Ces milieux sont dominés par des herbacées annuelles à cycle de végétation moyen par rapport aux précédentes : *Loudetia togoensis*, *Loudetiopsis kerstingii*, *Andropogon pseudapricus*, *Diheteropogon hagerupii* etc. quelques espèces pérennes leur sont souvent associées : *Loudetia simplex*, *Diheteropogon amplexans*.

Il y a ensuite les jachères de plus de 3 ans. Dans le processus de reconstitution des jachères d'autres espèces à cycle moyen remplacent progressivement les espèces pionnières citées précédemment : *Pennisetum pedicellatum*, *P. polystachyon*, *Andropogon pseudapricus*, *Schoenefeldia gracilis* etc. La physionomie de la strate herbacée ressemble à celle des milieux de cuirasses. Elles brûlent si entre temps, le combustible n'a pas été trop prélevé par le bétail.

Au delà de 3 ans et surtout après 5 ans les jachères brûlent si elles évoluent normalement. En effet, il peut arriver que des jachères très fréquentées par les animaux finissent par ne plus brûler par manque d'herbacées. La compétition entre ligneux et herbacées s'est faite au détriment des herbacées. Ce sont des situations de déséquilibre fréquentes où les ligneux deviennent prédominants. On parle d'emboisement, c'est une évolution de la végétation occasionnée par la pâture intense.

Enfin, les milieux qui brûlent aussi chaque année comme les milieux de cuirasses et les jachères de plus de 3 ans peu perturbées sont les plaines inondables et les bas-fonds (les feux tardifs). Ils sont difficiles à travailler car leurs sols en général profonds sont trop lourds pour le matériel couramment utilisé. Le feu y intervient très tardivement à cause de l'humidité qui maintient fraîches les herbacées pendant une longue période de l'année.

En fonction de la date de mise à feu et de la répétitivité du phénomène, plusieurs situations peuvent se présenter. A court terme, les feux précoces servent à favoriser la repousse d'herbacée pour le bétail tout en minimisant la dénudation temporaire. Les feux tardifs quand à eux, brûlent les espèces pérennes trop lignifiées en saison sèche, aussi dans le but d'obtenir des repousses immédiates. A long terme, les feux tardifs répétés peuvent détruire les arbustes. Dans ce cas ci, les herbacées sont favorisées au détriment des ligneux. Les feux structurent donc les paysages en fonction de l'intérêt de celui qui le met. Par le feu, les éleveurs (en général transhumants), visent une modification du couvert végétal tandis que les agriculteurs suppriment la strate ligneuse. Selon BRUZON (1990), les éleveurs interprètent le feu comme une grande force régénératrice, capable de leur fournir des repousses végétales tandis que les agriculteurs et les chasseurs le considèrent comme simplement un système de nettoyage.

Tableau 1 : Date de mise à feu selon les activités dans le nord de la Cote d'Ivoire

	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars
Eleveurs	←→			←→	
Agriculteurs		←→			
Chasseurs		←→			

D'après **BRUZON (1994)**.

Il n'existe cependant pas de vision d'ensemble du rôle du feu, car les populations considèrent ses avantages et ses inconvénients en fonction de leur propre motivation. Un feu tardif peut être jugé néfaste par un éleveur, compte tenu du fait qu'il n'y a pas de repousses immédiates ou peu de repousses après, mais il réalise difficilement qu'un feu tardif reste un moyen de lutte contre l'embroussaillage. De même, le cultivateur considère le feu précoce de novembre-décembre comme dangereux car il peut être la cause de destruction de ses récoltes. Lorsqu'il y a imbrication profonde entre les deux activités, il peut y avoir coordination de l'un à l'autre pour la mise à feu. (BRUZON, 1994)

Tableau 2 : Pratiques rurales liées au feu : intérêts, avantages et inconvénients.

Mois de la mise à feu	Acteurs des mises à feu	Intérêt pour les acteurs	Inconvénients	Avantages	Autres inconvénients
Novembre	Eleveurs	Repousses	Risques de cultures brûlées	Renforcement des graminées pérennes Amélioration de la capacité de germination des graminées annuelles	Maintien de la strate ligneuse avec risques d'embroussaillage
Décembre 1 ^{ère} quinz.	Eleveurs	Repousses	Risque de cultures brûlées	Eloignement des reptiles et insectes et disparition des parasites (feu précoce ou tardif)	Lessivage du sol (eaux) Risques d'érosion ¹ (feux précoces ou tardifs)
2 ^{ème} quinz.	Villageois Agriculteurs	Nettoyage Nettoyage			
Janvier 1 ^{ère} quinz.	Chasseurs Agriculteurs	Gibier Nettoyage	Destruction de la strate ligneuse		
2 ^{ème} quinz.	Eleveurs	Repousses			
Février Mars Avril	Eleveurs Agriculteurs Agriculteurs	Repousses Nettoyage Nettoyage	Destruction de la strate ligneuse	Contrôle de la végétation ligneuse	Disparition de certaines graminées annuelles par destruction des graines

D'après **BRUZON (1994)**

Les feux de brousses constituent des pratiques anciennes, intégrées dans les modes de vie des sociétés de savane. L'évolution future des savanes dépend d'une boucle de rétroaction faisant le lien entre l'état des paysages qui conditionnent les pratiques d'une part et d'autre part les pratiques qui structurent les paysages. Dans ces espaces en mosaïque ouest burkinabé, les aires protégées jouent le rôle de conservateurs de la biodiversité, elles préservent également, dans une certaine mesure ces pratiques et usages qui deviennent de plus en plus difficiles dans les zones périphériques.

¹ Les risques d'érosion et de lessivage des sols augmentent plus les feux sont tardifs

3-Les aires protégées et leurs places dans l'organisation du paysage

Les aires protégées constituent selon FOURNIER (2000), « tout espace naturel identifié, circonscrit et géré comme tel ». Elles ont pour rôle de maintenir la diversité biologique et de préserver les systèmes socio économiques en relation avec ces milieux. Les aires protégées répondent à des situations diverses : ranchs de gibiers, sanctuaires en protection, mises en défens utilitaires, bois sacrés, zones d'intérêt cynégétique, forêts domaniales etc. Elles impliquent donc des niveaux et des modes de conservations très variées. Les petites aires protégées de l'ouest du Burkina Faso sont constituées de forêts classées et de réserves naturelles. Elles sont intimement liées à la présence du Mouhoun et de ses affluents dans leur répartition spatiale. Ces aires protégées marquent une limite à l'extension spatiale des exploitations dans ces systèmes agro pastoraux en mutations.

3.1- Les objectifs de mise en protection et les statuts

Les aires protégées de l'ouest Burkinabé comme ailleurs dans le pays, sont l'héritage de la colonisation. Les premiers « parcs refuges » mis en place par l'administration française en 1926, laissent la place à des forêts classées comprenant ces « parcs refuges » ainsi que d'autres territoires dans les années 1936-1937 (AUROUET 2003). Dans les années 1950, certaines aires classées sont aménagées en parcs nationaux sans toutefois obtenir de statut légal (SPINAGE et TRAORE in BERLIN, 2002). C'est le cas du parc des Deux Balés généralement qualifiée de réserve de faune ou de parc naturel dont elle n'a cependant jamais reçu le statut. Les autres aires ont le statut de forêts classées (ANONYME, 1997), leur mise en place a été motivée par la production de bois, et pour certaines la protection des rives du Mouhoun. Des causes sanitaires, esthétiques ou écologiques pourraient expliquer le classement de ces différentes aires. Selon BARRAL (1968), le pullulement des agents de maladies du sommeil et de l'onchocercose aux abords du Mouhoun a pu être un facteur explicatif du désintérêt des populations pour ces espaces. Aussi, ces régions constituaient des zones difficiles d'accès par la densité du couvert végétal. Elles n'intéressaient pas forcément les populations qui disposaient suffisamment de terres cultivables et vivaient de cultures vivrières. Pour ce qui concerne la Mare aux hippopotames, son classement visait à créer un vaste domaine forestier, conserver et améliorer ce domaine, et constituer des barrières végétales climatiques.

La mare aux hippopotames constitue la seule réserve de biosphère parmi le réseau d'aires protégées de l'ouest. Elle a d'abord été désignée comme forêt classée en 1936 avant d'être intégrée au réseau des réserves de biosphère par l'UNESCO, le 11 janvier 1987. Sa spécificité réside dans le fait qu'elle abrite une colonie d'hippopotames et la présence d'une mare permanente. Aussi, les affluents du Mouhoun confèrent à cette zone un environnement relativement plus humide. Elle attire donc de nombreux troupeaux par la permanence de l'eau et de repousses d'herbacées des plaines inondables. Depuis son classement en 1937, elle n'a jamais connu d'occupation frauduleuse.

Les forêts classées notamment celles de Maro et de Tuy par contre ont été occupées par les agriculteurs et les éleveurs jusqu'en 1995 pour l'un et 1997 pour l'autre. En effet, des

contrats de cultures étaient octroyés à l'époque coloniale aux agriculteurs de certains villages riverains pour la culture du coton, qui était encouragée par l'administration. L'arrivée des migrants et le manque de suivi de ces contrats ont favorisé l'occupation des ces forêts par un grand nombre. D'abord les migrants pour le manque de terres villageois ou parce qu'ils ignoraient le statut de protection de ces zones et ensuite les autochtones parce qu'il n'y avait pas de réaction de la part de l'Etat. C'est ainsi que plusieurs forêts classées notamment celles de Maro et de Tuy ont été envahies par les populations agricoles puis les éleveurs.

Le Mouhoun représente un accès aux ressources en eau aussi bien pour les pasteurs que pour les animaux sauvages des différentes forêts classées. Le Mouhoun et certains de ses affluents constituent des réserves en eau pendant la période sèche. Sa région concentre donc des animaux domestiques qui viennent en pâture. Ces pâtures sont pratiquées sur les milieux riverains en bordure des aires protégées, ce qui favorise un accès rapide aux ressources fourragères de celles-ci. Certaines forêts sont intégrées dans des plans d'aménagement des programmes nationaux. L'aménagement consiste à la plantation des ressources forestières, d'espèces exotiques à croissance rapide pour la plupart. Ils ont pour but d'améliorer le ravitaillement en bois de feu et de service des principaux centres urbains. Ils ont conduits à la création de zones sylvo- fauniques ainsi que des zones sylvo pastorales comme c'est le cas au niveau de la forêt de Maro.

3.2- Les conséquences du statut de protection

Le statut de protection entraîne des conséquences aussi bien sur l'organisation spatiale que sur la perception et l'utilisation des aires protégées. Spatialement, elles réduisent les espaces cultivables et pastoraux et entraînent des restrictions quant à l'utilisation des ressources. Comment sont donc perçues les espaces protégées par les populations locales ? Comment l'utilisent elles ?

3.2.1- La perception et l'utilisation des aires protégées

La perception des aires protégées diffère en fonction de la situation sociale des utilisateurs déterminant son intérêt et sa motivation à enfreindre ou non les lois qui régissent la protection.

3-2-1-1 La perception et la conception des différents acteurs

Les éleveurs : en dépit de l'interdiction qu'ils ont de fréquenter les aires protégées, les éleveurs pour la plupart considèrent ces espaces comme des lieux de pâture de bonne qualité et de vastes étendues pour leur bétail. C'est également un espace de refuge où ils se sentent en sécurité, surtout en début de saison pluvieuse lors de l'ensemencement des champs et plus tard en fin de saison des pluies lorsque les récoltes ne sont pas encore effectuées.

Les agriculteurs : pour eux, ces aires sont celles qui possèdent les meilleures terres de cultures. Aussi, avec la forte pression foncière, ces milieux représentent des zones libres qu'on leur interdit de valoriser.

Les gestionnaires : ils considèrent que « les aires protégées ne doivent en aucun cas être sollicitées par l'élevage (pas même en situation de sécheresse extrême) ni servir de trajet lors de la transhumance » (KIEMA, 2001). Mais un plan d'aménagement peut exister permettant aux éleveurs d'avoir droit à une portion de l'aire qu'ils utilisent pendant la saison des pluies. Les gestionnaires pensent que c'est tout d'abord l'intérêt personnel qui est souvent recherchée dans l'utilisation des aires protégées par les éleveurs. Cela est dû à la recherche immodérée de l'augmentation de la productivité du bétail par ceux-ci. Pour les gestionnaires des aires protégées, les éleveurs sont les principaux agents qui conduisent à la dégradation des aires protégées. En effet, les animaux lorsqu'il n'y a plus d'herbacées, consomment les feuilles des arbres. Par ailleurs, la présence des bergers et de leurs troupeaux dans les aires protégées fait fuir les animaux sauvages, surtout les plus petits. Par contre, les grands mammifères quittent les aires et s'introduisent dans les champs entraînant des conflits entre gestionnaires et population locale. La persistance de la chasse illégale et coupe du bois d'œuvre malgré interdiction peut s'expliquer par la pauvreté et rareté de matériaux hors des domaines classés.

Le statut de protection entraîne également un sentiment différent qu'on soit éleveurs ou agriculteur. Quelques types ont pu être dégagées à travers l'étude réalisée par KIEMA (2001) sur la conservation de la diversité biologique et l'utilisation pastorale dans l'ouest burkinabé. C'est ainsi que chez les éleveurs, qui constituent ceux qui utilisent le plus les aires protégées, se dégagent le sentiment d'injustice. En effet, pour les éleveurs leurs animaux ne font que brouter l'herbe. Selon leur entendement, cela facilite l'accroissement des arbres au détriment des herbes. Le seul fait que leurs animaux broutent les herbacées ne contribue en aucun cas à un déséquilibre de ces aires, car disent ils « nos animaux ne font que brouter l'herbe, ils ne sont pas à mesure de couper l'arbre » (KIEMA, 2001). Le fait de brouter favorisant l'arbre ne peut qu'être bénéfique aux espaces protégés puisque selon eux, c'est l'arbre qui intéresse le gestionnaire dans la protection des aires. Ils ignorent ou font sembler d'ignorer que le piétinement et la pâture intense peuvent entraîner une dégradation de la végétation.

Aussi, les éleveurs ne comprennent pas pourquoi lorsqu'ils coupent quelques branches pour leurs animaux, les gestionnaires les réprimandent alors que les éléphants, dans certaines aires protégées, détruisent les arbres et aucune mesure n'est prise pour éviter cela.

Les éleveurs remarquent également que certaines espèces qui sont censées être protégées par les gestionnaires sont celles les plus appréciées par le bétail (*Pterocarpus erinaceus*, *Khaya senegalensis*, *Azizelia africana* ou *Prosopis africana*). Simple coïncidence ou actions faites sciemment à leur encontre? Pour eux, la seconde hypothèse serait la plus probable.

Le sentiment d'injustice est perçu vis-à-vis des agriculteurs qui selon les éleveurs peuvent couper les espèces utilitaires dans leurs champs sans être reconnu ni réprimandés ; alors que quelques branches de ces espèces utilitaires coupées pour le bétail entraînent une sanction. Les agriculteurs également se sentent lésés par rapport au statut de protection des aires. Il faut remarquer que la population agricole pratique également la chasse et la pêche. Pour eux, les aires protégées réduisent l'extension de leurs domaines agricoles. Aussi, ils considèrent que les meilleures terres sont localisées dans les aires et l'on

devrait leur permettre de cultiver compte tenu de la situation de saturation des surfaces des terroirs villageois.

Ils sont aussi tenus de respecter les périodes d'ouvertures et de fermetures pour la chasse et la pêche. Ils ont donc ce sentiment de restriction sur ce qui normalement devrait leur appartenir librement.

Mais vis-à-vis des éleveurs, ils sentent un renforcement de leur pouvoir. En effet, la surveillance des aires est souvent confiée aux autochtones, agriculteurs pour la plupart. Ils exercent de ce fait une surveillance quand à l'utilisation des aires surtout par les éleveurs. Les éleveurs se sentent donc lésés et voient souvent en cela une manière pour les agriculteurs de se venger quand aux conflits qui ont toujours existés entre ces deux acteurs sociaux.

3-2-1-2 L'utilisation des aires protégées

Quelles qu'en soient les situations, le rôle des aires protégées n'est pas ignoré par les populations locales (KIEMA, 2001). Celles-ci sont autorisées à mener certaines activités qui sont entre autres : l'apiculture, le ramassage de bois morts pour les usages domestiques, la pêche, la récolte de paille. Elles cueillent également des plantes médicinales ou des espèces à usages domestiques devenues rares hors des aires protégées. La chasse n'est pas autorisée, surtout dans les aires protégées étudiées dans ce travail, car leur statut ne s'y prête pas. Le ramassage de bois mort nécessite, un permis de coupe délivré par les gestionnaires. La pêche également doit respecter les normes nationales. D'autres activités sont par contre proscrites totalement. Ce sont : l'exploitation agricole, la chasse sans aucune condition, le pacage des animaux domestiques, la coupe du bois vert, les feux de brousses. Cependant les feux mis précocement sont acceptés et pratiqués par les groupements de gestion forestière.

-les agriculteurs, chasseurs, apiculteurs

Ils constituent souvent les mêmes personnes en dépit de la différence au niveau de leurs activités. Depuis leur déguerpissement dans certaines aires protégées qu'ils exploitaient, les agriculteurs utilisent maintenant les aires protégées pour des besoins secondaires. Il s'agit spécialement de la coupe de bois. Certains artisans coupent le bois frais pour la confection d'œuvres, négligeant généralement le permis de coupe. Or dans la plupart des cas, ils n'exploitent que les espèces protégées comme *Bombax costatum*, *Azelia africana*, *Vitellaria paradoxa*, car ils sont peu satisfaits de la qualité des autres espèces. La réserve de la mare aux hippopotames est utilisée aussi bien pour la chasse non légale (braconnage) que pour l'exploitation du bois de chauffe pour les usages domestiques. Dans certaines localités, le bois mort utilisé pour le ménage se raréfie de plus en plus au point de ne rester que les espèces utilitaires protégées aussi bien par la législation que les règles coutumières locales. La population coupe alors le bois frais, qu'elle vient ramasser après qu'il soit séché.

les éleveurs

Ils constituent les principaux utilisateurs des aires protégées (KIEMA, 2001). De nos jours, celles-ci ne sont pas seulement exploitées par les éleveurs, transhumants ou sédentaires des périphéries des aires. Les dégradations climatiques et la raréfaction des

pâturages conduisent en effet beaucoup d'éleveurs transhumants étrangers à utiliser ces espaces protégés. Les aires protégées sont constamment fréquentées. Les éleveurs sédentaires les utilisent toute l'année, surtout lorsqu'ils possèdent des troupeaux à effectifs élevés. Les transhumants étrangers, par contre, ne les fréquentent qu'en saison sèche ou en saison des pluies. Pour les éleveurs, les aires protégées sont des espaces disponibles en ressources fourragères ; elles leur assurent une tranquillité vis-à-vis des gestionnaires (car ils s'installent dans des zones difficiles d'accès au gestionnaires) et des agriculteurs. Le degré et le début de la fréquentation varient en fonction des périodes de l'année et de l'aire protégée considérée. Le tableau 3 présente l'utilisation des aires protégées par les éleveurs au cours de l'année. Cette utilisation est à peu près similaire dans toutes les aires protégées. Des nuances existent néanmoins, en fonction de la permanence ou non de points d'eau. Par ailleurs, les éleveurs migrent d'une aire protégée à l'autre en fonction de leur latitude, des précipitations et de la disponibilité de pâturage.

Tableau 3 : Fréquentation des aires protégées par les éleveurs dans l'ouest burkinabé

Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre
←————→			←————→			←————→				←——→	
Période de répit			Constante à moyenne			Assez forte				Forte	

D'après **KIEMA, (2001)**

- la période de répit constitue celle pendant laquelle les éleveurs pourraient bénéficier des résidus de récolte, cela réduit considérablement la fréquentation.
- la période d'utilisation constante à moyenne est le début de la saison sèche chaude. Les éleveurs commencent à intégrer les aires protégées. Pendant cette période également, les points d'eau permettent au bétail de s'abreuver.
- la période de fréquentation assez forte. Elle est due à la présence de pâturage de saison pluvieuse. Elle se subdivise en 2 sous période de : mai- juin à juillet, les éleveurs font paître le troupeau puis à partir du mois d'août, ils commencent leur établissement.
- l'utilisation va en croissant, elle est forte donc en Octobre. Pendant cette période, l'herbe commence à se dessécher donc pas très apprécié par le bétail en dehors des aires protégées. Aussi, la plupart des cultures sur les champs ne sont pas encore récoltées.

Le choix qui a présidé à la délimitation de ces aires reste aujourd'hui assez flou. Si des aspects tels que la protection des sols ou la lutte contre les maladies ont pu être avancés ils ne feraient que suite à des zonages pré délimités dans les années 1920 par l'administration coloniale. Si leur vocation à la protection des ressources naturelles et à la

préservation de l'environnement en général n'a pas été le moteur à l'époque de leur création, c'est aujourd'hui un des travail important de l'Etat qui réoriente la vision de ces territoires en essayant de les valoriser sur un plan environnemental

Deuxième partie : Acquis préliminaires et états d'hypothèses

La mosaïque paysagère et les feux de brousse

1-Introduction

Le contexte général situe notre zone d'étude dans un réseau d'aires protégées au centre de paysages humanisés, fortement anthropisés. Dans cette partie, on se fixe donc comme objectif de montrer comment on peut identifier et cartographier grâce à l'imagerie satellitaire, les aires protégées, leurs périphéries et les phénomènes de feux qui s'y déroulent. Elle est complétée par des travaux de terrain notamment des enquêtes, des collectes d'archives relatives au sujet ainsi que des statistiques agricoles.

Le chapitre 1 développe les arguments scientifiques et techniques pour l'utilisation des images satellitaires comme outil de caractérisation de notre zone d'étude. Il présente la disponibilité des données ainsi que leurs atouts et limites à l'étude spatio temporelle de ces paysages de savane et des feux.

Le chapitre 2 concerne les méthodes de traitement d'images satellitaires. Il propose une méthode de traitement des informations pour ce qui concerne les surfaces brûlées, les régimes de feux et les occupations du sol pour en faire des cartes. Dans un premier temps, on cartographie la structure et l'évolution des paysages en faisant ressortir les différents types d'occupations des sols, les agencements spatiaux des différentes unités, leurs morphologie... dans le temps et l'espace. Ensuite, les feux actifs sont élaborés. Les notions d'occurrence et de saisonnalité sont prises en compte dans le but de définir des régimes de feux. Enfin, les surfaces brûlées sont étudiées en terme de répartition, de continuité/discontinuité, de permanence/ d'occurrence, de pourcentage de superficie brûlées dans le temps et dans l'espace...

2- Les hypothèses scientifiques

Deux principales hypothèses scientifiques vont sous tendre notre analyse. La première tente de montrer qu' **«il existe une relation dialectique entre le régime des feux et le type d'occupation du sol»**. Dans cette optique de vérification, une méthodologie plausible devra montrer qu'à chaque type de paysage, on peut associer un régime spécifique de feux et inversement. Dans le but de tirer des conclusions solides pour cette hypothèse, les régimes des feux et les paysages sont étudiés sur plusieurs saisons sèches. Cette étude intègre une notion spatiale en ce sens qu'elle délimite les paysages sur un espace donné, notre zone d'étude, et temporelle à travers l'étude de la saisonnalité des feux.

La seconde hypothèse qui peut être émise s'établit comme suit : **« le feu peut être un indicateur des dynamiques paysagères dans et autour des aires protégées par ricochet, révélateur des pratiques de sociétés»**. Cette hypothèse consiste à prouver que la dynamique des paysages peut s'appréhender à travers les variabilités des surfaces brûlées dans le temps et dans l'espace. Elle a pour but de faire une typologie des paysages qui s'appuie sur les surfaces brûlées.

La validation des hypothèses s'appuie sur l'analyse des données de télédétection et d'enquêtes sur le terrain. Cette phase intègre les aspects sociaux dans le déroulement

des feux, notamment ceux des mutations au niveau des pratiques. Les aspects ethnologiques, juridiques, religieux ou symboliques des paysages et des feux sont pris en compte; même si tous ne sont pas directement visés dans cette étude. Des sites test seront choisis pour expliquer, les aspects de sociétés qui induisent les différenciations observées sur les images satellitaires.

La validation ou l'invalidation de ces hypothèses ne constitue pas une fin en soi mais leur vérification si. Elles permettent surtout de jalonner notre raisonnement de manière rigoureuse et systématique afin de produire un résultat fiable.

Eu égard au retard qu'a pris le déroulement de ce stage (2 mois au lieu de 6 prévu), le présent travail sera surtout descriptif; en ce sens qu'il constitue en quelque sorte un référentiel d'informations relatives à la disponibilité et l'accessibilité des images satellitaires; aux possibilités méthodologiques de leur traitement et à l'élaboration de cartes. Cette phase du travail présente une information et une manière de traiter cette information; elle n'exige pas forcément une compréhension des processus ayant donné lieu à la constitution et à la différenciation de l'espace. Cela n'altère pas pour autant les objectifs fixés au départ (voir en introduction générale) car, à ce stade, on présente la faisabilité technique, opérationnelle et les fondements scientifiques de nos travaux de thèse.

La thèse s'insère dans une approche paysagère en ce sens qu'elle se base sur la reconnaissance d'unités spatiales de caractéristiques homogènes, et donc facilement reconnaissables aussi bien sur le terrain que sur les images satellitaires (à hautes résolutions surtout). Il va de soi que tous les aspects de la dynamique paysagère dans les aires protégées et leurs périphéries forment un tout cohérent et même ce qui n'est pas abordée directement l'est indirectement par ses effets sur les autres. C'est le fondement de l'approche holistique que nous recherchons. Cette approche est celle qui correspond le plus étroitement aux principes de l'analyse des systèmes de paysages. (Bartholomé, 2004)

Aussi, pour cette étude ci, certains articles faisant valeur de références pour tel ou tel aspect sont pris comme exemple pour illustrer la méthode d'étude réalisée sur d'autres zones.

D'autres sources d'informations notamment, les enquêtes de terrain, les archives etc. nous permettront de renforcer la connaissance de l'échelle locale, celle du territoire d'un groupe humain et de comprendre les pratiques de ces sociétés de savanes. Notre thèse doit tenter, à partir des enquêtes de terrain et des images satellitaires, d'éclairer plusieurs questions fondamentales sur les corrélations entre les phénomènes de feux (dans les aires protégées, leur périphérie) et leurs interprétations sociétales.

L'étude proposée en cette année de DEA (Diplôme d'Etude Approfondie) sert à montrer la faisabilité de nos travaux de Doctorat. Certains paramètres des méthodologies proposées dans cette étude sont susceptibles à des modifications au cours de notre thèse ;

pendant laquelle nous allons approfondir notre connaissance de la télédétection. Aussi, pendant ces années de thèse, notre insertion dans différentes équipes travaillant sur les thématiques de feux dans l'ouest burkinabé et sur celles des aires protégées nous permettra de développer des méthodes plus solides de caractérisation, d'approfondir notre analyse et de conduire les sorties sur le terrain.

Chapitre I : Les outils de télédétection

Introduction

La télédétection est la « mesure ou l'acquisition d'informations sur certaines caractéristiques d'un objet ou d'un phénomène, à l'aide d'un instrument qui n'est pas en contact physique ou direct avec l'objet ou le phénomène étudié ». (BARTHOLOME, 2004).

Le satellite enregistre une expression du paysage sous forme de signal propre à chaque objet. Le signal est interprété afin d'en extraire une information sur des faits de paysages qui traduisent une disponibilité en ressources ou des phénomènes de sociétés. Cette information est utilisée en géographie pour la localisation, la classification, l'estimation, et la caractérisation des phénomènes dans l'espace.

Nous présentons tout d'abord les raisons scientifiques, techniques et opérationnelles quand au choix de l'outil satellitaire comme outil pour notre étude des dynamiques paysagères et des feux. Ensuite, un tableau récapitulatif fait la synthèse de la disponibilité et l'accessibilité des images satellitaires qui peuvent servir à cette étude. Enfin, les limites opérationnelles et techniques des images en ce qui concernent les traitements et les résultats que l'on souhaite atteindre sont présentées; limites qui orientent notre choix dans la sélection des images à interpréter et du type de traitement à effectuer.

1- Les justifications du choix de l'outil et contribution de la télédétection

Des arguments scientifiques et techniques d'une part et d'autre part humains et financiers sont avancés pour justifier le choix de l'imagerie satellitaire comme outil de cette étude des paysages en mutation. Ils donnent un aperçu théorique de l'utilisation de la télédétection qui peut être intégrée dans la gestion des ressources et l'évaluation de la dynamique des paysages. Une partie de ce chapitre traitant du choix des images et des limites du traitement, permet de préciser ce que l'on peut obtenir comme avantages opérationnels en fonction de plusieurs paramètres.

1-1- Les arguments scientifiques et techniques

Comme nous l'avons souligné précédemment, notre zone d'étude inclut le réseau d'aires protégées fragmentées de l'ouest burkinabé. Ces aires protégées sont censées conserver et maintenir la diversité biologique. Dans le contexte de processus de transformation des milieux dû entre autre à la baisse de la pluviométrie, au développement de la culture du coton et l'augmentation de migration..., la surveillance et l'évolution des dynamiques paysagères s'avère nécessaire dans le cadre d'une gestion planifiée de ces ressources.

En théorie, l'outil satellitaire est en mesure grâce à sa répétitivité, d'évaluer les ressources naturelles disponibles à différentes échelles géographiques.

Les méthodes conventionnelles de suivi des feux et de l'occupation du sol ne sont pas à la mesure de l'échelle spatiale du phénomène et leur temps de réponse est peu compatible avec la vitesse et la fréquence des variations.

Des avantages techniques peuvent découler de l'utilisation de la télédétection. En effet, elle fournit une vision synoptique qui permet d'avoir une vue synthétique et globale de la zone d'étude. Des phénomènes d'organisation et de structuration spatiale à des échelles imperceptibles sur le terrain apparaissent.

Dans un besoin de quantification, l'observation spatiale, grâce à l'utilisation des indices et d'algorithmes appropriés permet une estimation rapide relative à la biomasse et à d'autres phénomènes quantifiables.

L'utilisation de la télédétection est donc intéressante dans la reconnaissance des dynamiques paysagères et des feux ainsi que pour l'étude de leurs formes, leur étendue, de leur distribution géographique et de leurs relations spatiales entre objets.

1-2- Le coût humain et financier

Les alternatives à la collecte des données sur le terrain sont rares ou peu productives. La télédétection constitue donc, dans certaines conditions, un moyen de surveiller différents aspects du milieu, à moindre coût et de manière à compléter les données de terrain, dans certains cas, s'en affranchir. L'avantage que permet le recours aux ordinateurs est de traiter un grand nombre de données dans un laps de temps très court.

Dans le cadre de notre étude, une étape préliminaire indispensable consiste à identifier clairement la disponibilité des données. A l'issue de cette étape, en fonction des informations que l'on veut faire ressortir, nous pouvons élaborer une identification des données dont nous avons besoin pour notre étude.

2- La disponibilité et l'accessibilité des images

La disponibilité consiste à faire un inventaire de ce qui existe comme données images dans le cas de notre thématique. Les images que l'on peut utiliser pour l'identification et la cartographie des formes de paysages ainsi que les feux associés à cette typologie paysagère sont de 3 ordres :

- les images de haute résolution comprenant les produits LANDSAT MSS, TM et ETM+ et les images SPOT HRVIR
- les images à moyenne résolution concernant MODIS/MERIS, TRMM VIRS
- le dernier type est composé de celles à basse résolution : VEGETATION, ATSR, AVHRR

Parmi ces images disponibles, un certain nombre sont accessibles gratuitement à partir de sites Internet (voir sites en annexe) ou au CCR dans les archives de l'Unité GVM. Ce sont des données Landsat MSS, TM, ETM+, MODIS et VGT. Le centre AGRHYMET dispose également certaines données. L'ensemble de ces données ne sont pas forcément toutes corrigées et certains traitements sont nécessaires pour les applications. D'autres par contre nécessitent des moyens financiers pour leur acquisition. Pour ces dernières, une évaluation approximative de leur prix est mentionnée. Un inventaire de ce qui est accessible actuellement a été réalisé. Le tableau 4 fait un résumé des images en fonction de leur disponibilité, leurs accessibilités, leurs avantages et leurs inconvénients.

Tableau 4 : Caractéristiques de quelques systèmes satellitaires

Type de résolution	Systèmes	Bandes spectrales (µm)	Taille des pixels	Fréquence de passage	Disponibilité des images	Coût, produits et périodes possibles pour notre étude	Applications	Avantages	Inconvénients	Traitements utiles pour les applications
Haute résolution	SPOT 1 a 4	0.5-0.59 0.61-0.68 0.79-0.89 1.58-1.75 0.51-0.73	20*20m 10m=SPO T4	26j	Depuis mars 1986	-Pas gratuites	-surfaces brûlées -occupation du sol, échelle locale et régionale	-plus de détails spatiale	-coût	?
	LANDSAT TM ETM+	0.5-0.6 0.6-0.7 0.7-0.8 0.6-0.11 0.45-0.52 0.52-0.6 0.63-0.69 0.76-0.9 1.55-1.75 2.08-2.35 10.4-12.5	30*30m 120*120m	16j	1984 à nos jours	500euros /scène -Une partie est gratuite (voir tableau 4 pour les détails)	-estimation des surfaces brûlées -cartographie de l'occupation du sol	-série temporelle longue -zone d'étude couvrant une seule scène	-coût pour certaines données	-corrections géométriques à réaliser pour certaines images -correction radiométrique nécessaire
	MSS	0.5-0.6 0.6-0.7 0.7-0.8 0.8-1.1	56*79m	18j	Nov. 1972 à oct. 1992	-échelle locale et régionale	- cartographie des paysages -échelle régionale	-temporalité élevée	-zone d'étude couvrant 2 scènes d'ou augmentation du coût d'achat	
Moyenne résolution	MODIS	36 bandes	250m 500m 1km	1jours (2 fois par jour)	Novembre 2000 a nos jours	-feux actifs du 30 septembre 2002 au 1 mai 2003	-feux actifs	-passage journalier -gratuit -données images et produits de synthèse 8 jours	-résolution pour Modis 1km	-données pré traitées donnant la répartition des feux actifs

	MERIS	15 bandes entre 0.4 et 1.05 μm	300m 1200m	3 jours (300m)	Mars 2002	-pas encore de distribution	/	/	/	/
Basse résolution	SPOT VGT	0.43-0.47 0.61-0.68 0.78-0.89 1.58-1.75	1.15*1.15 Km	1 jour	Mars 1998	-surfaces brûlées de 1998 à 2003	-occupation du sol (échelle sous continentale) -surfaces brûlées	-Précision géo-référencée	-résolution pas fine	Données pré traitées avec un haut niveau de qualité
	NOAA AVHRR	0.58-0.68 0.725-1.10 1.58-1.64 3.55-3.93 10.30-11.30 11.30-12.50	1.1*1.1 Km (au nadir)	1 jour	?	-localisation feux actifs de Nov.1997 à Dec.2003	- caractérisation des feux actifs -surfaces brûlées -occupation du sol (échelle continentale)	-acquisition des positions longitude-latitude des feux	-lacunes par rapport aux relevées -qualité géométrique moyenne	-pas de pré traitement dans les cas des positions des feux
	TRMM VIRS	5 bandes de 0.63 à 12	2,1 Km 2,4 Km (2001)	1 jour	A partir de Janv.1998 à 2003	-Septembre 1998 à Avril 2003	-feux actifs	-passage journalier -gratuit	-lacunes données 2000	-données pré traitées

3- Les limites et le choix des images

3-1 Les contraintes des données images

Certains aspects des images satellitaires peuvent constituer un désavantage pour les traitements et l'exploitation des données. Souvent, il est nécessaire de combiner les méthodes de traitement pour obtenir les informations dont on a besoin. Deux aspects de l'outil satellitaires à savoir les résolutions et les fréquences des observations peuvent être des facteurs limitant le détail de l'information dérivée. Cette partie aborde les aspects théoriques, les limites données par rapport à mon application seront développées plus tard dans la partie concernant l'approche méthodologique.

3-1-1 Les résolutions

Le type de résolution définira le type d'information qu'on pourra faire ressortir ainsi que l'utilisation qui en sera faite.

3-1-1-1 La résolution spatiale

C'est la capacité de l'instrument de télédétection à distinguer (donc à séparer) les détails d'une scène ou d'un paysage (DEFOURNY, 1992). Elle est souvent définie par la taille du pixel. La résolution spatiale induit la notion d'échelle. Les satellites à basses résolutions ne permettent pas une observation directe et précise des différents constituants. On déplore souvent un manque de précision quand à l'échelle locale pour la détection des objets. Les images de haute résolution permettent l'obtention de données plus précises et détaillées.

3-1-1-2 La résolution temporelle

La dimension temporelle permet d'étudier l'évolution ou la dynamique des phénomènes dans le temps. Celui ci devient le générateur de l'information géographique. Deux types d'information sont à prendre en compte dans cette dimension: la date d'acquisition et la série continue ou discontinue d'image dont l'on peut disposer. La période d'acquisition permet de faire ressortir certains éléments, et pas d'autres en fonction de la période de l'année.

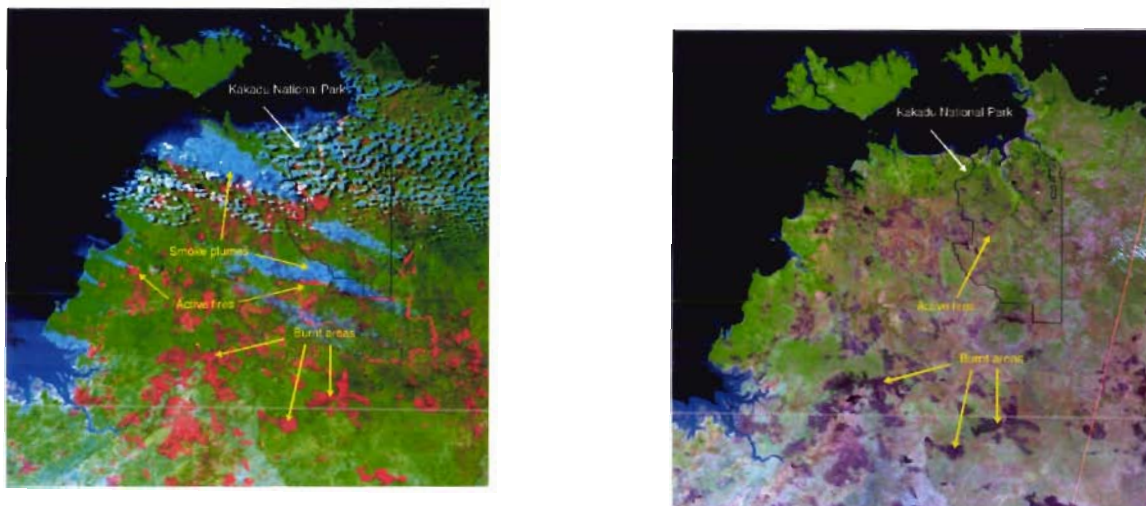
3-1-2 La fréquence des observations et l'heure de passage du satellite

La fréquence des observations influe surtout sur la quantité des informations à obtenir, quantité qui peut être un handicap pour la caractérisation de certains phénomènes spatiaux à grandes répétitivité comme les feux.

L'heure de passage du satellite est également importante pour l'enregistrement des activités de feux actifs. La figure 6 met en évidence l'effet de l'heure de passage du satellite. En effet, elle représente deux compositions colorées des images NOAA-AVHRR du 01 juin 1999 (à gauche) et SPOT VGT du 1 juin 1999(à droite) couvrant la même zone d'étude (550x550km). L'heure de passage du satellite respectivement à 4h de l'après midi pour NOAA et 10h30 dans la matinée pour SPOT VGT permet d'observer des phénomènes sur une image et pas d'autre. L'image de gauche, montre en plus des

feux actifs et des surfaces brûlées observables sur les 2 images, un développement de couverture nuageuse. Aussi, la localisation des feux actifs diffère. Dans l'image de gauche, les feux actifs observés à cette heure se situent hors de la délimitation du cadre du Kakadu National Park et pour l'image de droite, les feux actifs se situent à l'intérieur du parc.

Figure 6 : Deux compositions colorées des images NOAA-AVHRR (à gauche : 1.1 Km de résolution) et SPOT VGT (à droite, 1.15km de résolution) couvrant la même zone d'étude. Certains phénomènes, comme les nuages, en fonction de l'heure de passage des satellites sont visibles sur l'image de gauche et pas celle de droite.



Source : Grégoire (2000)

En dépit des limitations de l'imagerie satellitaire, il est possible d'envisager la mise en place du suivi de certains éléments significatifs du paysage, tels que l'occupation et l'utilisation du sol, les surfaces brûlées, etc. Ces éléments peuvent à leur tour être des indicateurs de changement dans le « système » (changement des conditions climatiques, surexploitations par les sociétés, etc.) Au delà de ces observations, la mise en place de tels outils permet de mieux comprendre et de simuler l'impact de certaines pratiques sur les paysages. (BARTHOLOME 2004)

3-2 Le choix des images

Les critères qui gouvernent le choix des images utilisées pour cette étude sont l'accessibilité des images et les limites. La plupart des images choisies pour cette étude sont accessibles à moindre coût. Elles sont choisies parmi une série d'images corrigées géométriquement ou non et présentant des couvertures nuageuses minimales (< 10%). Aussi, elles couvrent entièrement notre zone d'étude. Les données inventoriées sont de type Landsat TM et ETM+, MSS, MODIS, TRMM, SPOT Végétation, AVHRR fournies

par des sites Internet et au niveau de l'unité GVM (Global Vegetation Monitoring). En fonction du type d'application et de la méthode de traitement choisie, nous avons présenté les différentes images dans le chapitre 2. Les données choisies couvrent l'entièreté de notre zone d'étude soit la fenêtre de latitude 11°Nord à 13° Nord et de longitude 4,5° Ouest à 3,5° Est.

Conclusion

Le travail de recherche s'appuie donc sur la dimension spatiale, abordée plus haut et la dimension sociale du feu à différentes échelles d'espace et de temps. Cette dimension spatiale a pour avantage considérable de réduire le volume des investigations à mener sur le terrain mais ne dispense pas néanmoins d'une connaissance ponctuelle, mais profonde et complète du terrain sur le plan thématique. Le travail de recherche développe à chacun des niveaux retenus, une approche complémentaire permettant de quantifier les formes paysagères, de rendre compte de l'influence de ces formes paysagères sur les feux et sur le maintien de la diversité des modes d'occupations. Aussi, cette approche doit permettre de mesurer l'impact des mutations des sociétés, entre autres, par le biais du feu, sur la dynamique des formes des paysages.

Chapitre II : Approche méthodologique

Introduction

Le chapitre I de cette partie a montré l'utilité de la télédétection ainsi que l'identification des images disponibles pour cette étude. Ce chapitre s'attachera à proposer des méthodes plausibles pour extraire les informations feux, surfaces brûlées et occupation du sol, des données de télédétection et en produire des documents cartographiques.

A la fin de ce chapitre 2, on doit pouvoir, montrer comment on peut caractériser les feux à partir images de télédétection et comment caractériser les types de paysages (occupation du sol et agencement spatial) à partir des images de télédétection.

Une vérité terrain est sans doute nécessaire pour compléter ces cartes issues de la lecture des images satellitaires. Les travaux de terrain doivent servir d'une part à développer les éventuels thèmes de l'enquête et d'autre part à valider notre cartographie.

1-La cartographie des paysages

1-1- Les informations à rechercher

La cartographie des paysages a pour but de faire ressortir la structure des paysages (occupation du sol et agencement spatial) ainsi que leur évolution (extension des domaines agricoles, dégradation des aires protégées...). Les informations recherchées s'appuient plus sur le contexte des structures que sur leur contenu (contenu des parcellaires agricoles par exemple). L'imagerie satellitaire à basse résolution (Spot végétation, AVHRR à 1 Km de résolution) peut être utilisée pour cette caractérisation. L'inconvénient majeur est que ces images présentent moins de détail spatial et conviennent plus à un contexte régional ou continental. Dans notre cas, une analyse plus fine, susceptible de fournir des informations détaillées, nécessite des images à haute résolution notamment Landsat (30m de résolution). D'autres données comme celles de Spot XS présentent plus de détails que Landsat, cependant, elles ne sont pas vraiment meilleures que Landsat TM et ETM+ du point de vue discrimination des espèces végétales. Dans tous les cas, ces précisions de discriminations des espèces ne sont pas forcément indispensables pour notre étude. C'est ainsi que parmi un ensemble de données Landsat disponible, nos images ont été choisies en fonction de plusieurs paramètres développés dans le sous titre suivant.

1-2-Le matériel expérimental : possibilités et contraintes

Le tableau 4 présente la disponibilité des données Landsat. Elles ont été sélectionnées sur le site <http://glovis.usgs.gov/> de l'USGS. Le critère de sélection s'est basé sur le pourcentage de couverture nuageuse (<10%) et la présence de brume. Les premières images disponibles sont des images MSS (211/052 comme coordonnées Path/row) et commencent en 1972. Les images Landsat TM et ETM+ commencent à partir d'octobre 1984 jusqu'en Mai 2004 et ont comme path/row 196/052. Notre zone d'étude est couverte par un chevauchement de deux images Landsat MSS et s'inscrit sur l'entièreté d'une image TM et ETM+. Notre étude ne se base pas sur l'ensemble de ces images ; une

sélection est une fois de plus élaborée pour prendre que celles qui conviennent à nos objectifs de traitement.

Tableau 5 : Les images Landsat MSS, TM, ETM+ disponibles en fonction des années sont répertoriées. Le sigle C signifie Cost ou pas gratuit et F, free ou gratuit. Elles ont été choisies en fonction de certains critères (expliquer ultérieurement). Les images pré sélectionnées sont celles qui sont susceptible d'être utilisée.

Années	Images disponibles	Images pré sélectionnées
1972	14-13 novembre C 5-6 février C	
1973	16 septembre F	
1975	15 septembre F 25 novembre F	15 septembre 25 novembre
1976	5-6 février C 30-31 mars F-C	5-6 février 30-31 mars
1978	26 décembre F	
1979	16 février F	
1984	02 octobre C 19 novembre C 5 décembre C	02 octobre 19 novembre 5 décembre
1985	27 mars C	27 mars
1986	09 janvier C 14 mars C 08 octobre F 09 novembre C	08 octobre 09 novembre
1987	01 mars C 04 mai C	01 mars 04 mai
1990	27 octobre C 14 décembre C 30 décembre C	
1998	27 février F	
1999	14 février C 20 octobre F 20 novembre C	20 octobre 20 novembre
2000	25 février C 15 mai C 07 novembre F	25 février 15 mai 07 novembre
2001	10 janvier F 11 février C 03 juin F 25 octobre C 10 novembre C 08 décembre F 28 décembre C	10 janvier 11 février 03 juin 25 octobre 10 novembre 08 décembre 28 décembre
2002	14 février C 22 juin F 10 septembre C 28 octobre F 15 décembre C	14 février 22 juin 10 septembre 28 octobre 15 décembre
2003	01 février C 05 mars C	01 février 05 mars

	16 novembre C 02 décembre C 18 décembre C	16 novembre 02 décembre 18 décembre
2004	3 janvier C 19 janvier C 7 mars C 24 avril C 10 mai C	3 janvier 19 janvier 7 mars 24 avril 10 mai

C = cost= payant. F = free=gratuit

Toutes les images gratuites ont été téléchargées et sont présentement à notre disposition.

Tableau 6 : Parmi les images disponibles représentées dans le tableau précédent, celles pré-sélectionnées sont organisées en saisons sèches et représentées dans le tableau 6 (en bleu). Les images choisies pour nos traitements sont en bleue hachurées.

Saisons sèches	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Janv.	Fev.	Mars	Avril	Mai	juin
1975-1976										
1984-1985										
1986-1987		F	C				C		C	
1999-2000		F	C			C			C	
2000-2001			F		F	C				F
2001-2002		C	C	F		C				F
2002-2003	C	F		C		C	C			
2003-2004			C	C	C		C	C	C	

Légende :  : image pré sélectionnée
 Hachuré : Image choisie

Les différentes opérations effectuées pour ce choix peuvent se résumer comme suit :

D'abord, nous avons choisi de ne retenir que les images de saisons sèches. Nous définissons une saisons sèche comme la période qui couvre les mois de septembre octobre voire novembre d'une année X aux mois d'avril mai voire juin de l'année suivante Y. Ce choix est dû au fait que ces deux bornes représentent les moments pendant lesquels la végétation est discriminable sur les images et aussi, la saison sèche est la saison potentielle des feux (voir cette question plus loin). Pour cette cartographie des paysages, notre attention s'est portée sur les saisons sèches de 1986-1987 et celles de 2001- 2002 (en bleu hachuré dans le tableau 6). Nous avons pensé travailler sur la saison 2003-2004 qui semble la plus complète de la saison (car elle offre des images qui couvrent presque une saison sèche entière, ce qui serait intéressant pour la cartographie des surfaces brûlées), mais au vu des images disponibles pour la cartographie des surfaces brûlées, générées à partir d'images spot végétation de 1998 à 2003, les comparaisons n'auraient pas été possibles.

Pour la cartographie des structures paysagères, nous avons besoin d'au moins deux images par saison ; d'une part pour faire ressortir notre structure paysagère et d'autre part pour compléter les insuffisances dues à l'emploi d'une seule image. Nous avons choisi pour la première saison c'est-à-dire celle de 1986-1987 les images des mois d'octobre et de mai. HENQUIN et AL (1992) expliquent que les périodes propices sont celles présentant un contraste marqué entre la végétation naturelle et les champs. Pour eux, les dates les plus intéressantes se situent au passage entre la saison sèche et la saison des pluies. Elles offrent en effet un contraste général beaucoup plus marqué en terme d'humidité et d'importance de la végétation (recouvrement et activités photosynthétiques). Elles correspondent également aux périodes de préparation des champs qui durent entre 30 à 45 jours et commencent dès le début des pluies au mois de mai pour la région. Néanmoins des évaluations imprécises du domaine cultivé peuvent résulter de cette image de mai. Selon HENQUIN et AL (*op. cit.*) on peut s'attendre à une évaluation par défaut, due aux parcelles qui ne sont pas encore préparées (au mois de mai) ou à une évaluation par excès, due à des confusions entre les sols nus des parcelles mises en cultures et les sols nus du domaine cultivé.

La comparaison avec une image prise en fin de saison des pluies, de préférence après les récoltes (octobre ou/ et surtout novembre), reste indispensable pour une estimation plus précise des limites entre les deux domaines.

Les images choisies pour les années 2001-2002 utilisent le même principe. Elles concernent les dates du 10 novembre 2001 et du 22 juin 2002.

1-3- Les possibilités et les contraintes

La cartographie des paysages doit permettre de faire ressortir la structure des paysages et leur évolution. Les images choisies pour notre étude nous permettent d'obtenir deux principaux type d'information : une spatiale qui concerne le type d'occupation du sol et l'agencement spatial des paysages (type d'agréation spatiale, morphologie, discontinuité/continuité spatiale...) et une temporelle qui met en exergue les extensions ou réduction des domaines agricoles, dégradation des aires protégées...Comment traitons nous ces données images pour faire ressortir les informations souhaitées ? La méthode envisagée pour notre étude se base en partie sur celle réalisées par HENQUIN et AL (1999) pour la caractérisation des domaines agricoles.

Une première étape pour la dérivation de l'information spatiale est la délimitation du domaine agricole et du domaine non agricole. Pour délimiter le domaine cultivé, différentes techniques de classifications, d'amélioration de contraste, de rapport de canaux... seront testées.

L'information temporelle par contre nécessite des comparaisons entre dates. La cartographie des paysages réalisées pour la saison 1986-1987 est comparée à celle de la seconde saison choisie.

La procédure proposée par Henquin et al se résume comme suit ; en utilisant les images de novembre et juin pour une saison et novembre et mai pour l'autre, on peut élaborer :

- délimitation du domaine non cultivé par classification

- masque du domaine non cultivé et rééchantillonnage des valeurs dans le domaine cultivé et le domaine en jachère
- classification de ces deux domaines
- affectation du masque du domaine non cultivé et d'un masque du domaine en jachères et rééchantillonnage des valeurs du domaine cultivé
- classification du domaine cultivé

Selon eux, on peut s'attendre à deux inconvénients qui peuvent ressortir de ces délimitations. D'une part, les jachères posent des problèmes d'identification sur les documents télédétektés : les jachères les plus récentes ne se distinguent pas des autres parcelles cultivées et les vieilles jachères se confondent avec la végétation naturelle. D'autre part, le domaine cultivé comprend en saison sèche par moments des cultures maraichères dont l'étude en télédétection est rendue compliquée du fait de la petite taille du parcellaire. Aussi, certaines cultures sont peu couvrantes.

1-4- Le protocole expérimental

1-4-4- La correction géométrique

Les images landsat choisies présentent des distorsions géométriques. Le redressement géométrique des images a pour finalité de ramener l'image à une projection cartographique connue, en l'occurrence la projection UTM (Universel Transverse Mercator) dans le cas de notre zone. Deux types de corrections géographiques existent : par référence aux paramètres orbitaux et par référence à des points de contrôle au sol, avec les coordonnées de ceux-ci connues. Ces points de contrôle sont repérés sur une carte topographique ou directement à l'aide d'un GPS (Global Positioning System). Cette opération est nécessaire lorsqu'on souhaite superposer avec précision les images pour des comparaisons.

1-4-5- La corrections radiométriques

La correction radiométrique doit être élaborée lorsque celle-ci n'est pas déjà faite par le fournisseur des images satellitaires. Elle est nécessaire en particulier lorsqu'on veut comparer des données acquises à des dates différentes.

1-4-6- La phase de traitement

1-4-6-1- Les compositions colorées

Elles consistent à une interprétation visuelle d'image en zones homogènes ou isophènes. L'homogénéité d'une plage selon WILMET (1988), se définit par la teinte, la structure, la texture etc. Ces zones homogènes sont ensuite regroupées en zones isophènes lorsqu'elles présentent les mêmes caractères dominants d'organisation spatiale (LAMBIN, 1988). L'information visuelle doit être transformée en information numérique, par exemple sous forme de polygones stockés dans un SIG (Système d'Information Géographique).

Elles peuvent par la suite servir de sorte de mosaïque pour associer ce que l'on observe sur le terrain lors de la première sortie de reconnaissance à l'image. Diverses compositions colorées faisant intervenir des indices (indice de végétation normalisé, de brillance, de couleur) peuvent être testées. L'information visuelle doit être transformée en information numérique, par exemple sous forme de polygones stockés dans un SIG.

1-4-6-2- Les classifications

Deux types de classification pourront être utilisés dans cette étude : la classification spectrale et celle contextuelle (HENQUIN et AL, 1992). La classification spectrale doit servir à distinguer le domaine agricole de celui non agricole. Selon eux, un

ensemble de méthode adoptant le principe de masquage/retraitement d'un domaine ou l'autre permet une meilleure discrimination des domaines. Cette méthode va également permettre de disposer d'une carte d'occupation du sol.

La classification contextuelle comprend aussi bien l'aspect textural que structural. Ce type de classification utilisant les critères structuraux, en permettant de faire ressortir le parcellaire, vont faciliter la délimitation du domaine cultivée (HENQUIN et AL, 1992).

Les procédés de classifications supervisées et/ou non supervisées peuvent être utilisées. A l'issue de cette phase de délimitation des domaines, on peut faire ressortir les différentes classes présentes dans le domaine non agricole. La classification de la classe végétation peut par exemple se baser sur la méthode utilisée par Da Vinci Consulting s.a (1993) sur la caractérisation de la végétation de Sangha (RCA). Cette méthode se base sur la classification supervisée par maximum de vraisemblance.

Cette manière de procéder en est une parmi tant d'autres. On pourrait par exemple citer les travaux réalisés par MAYAUX et AL (2003) pour la cartographie de la carte de l'occupation du sol de l'Afrique. D'autres variables notamment le type de fragmentation peut également être associées (FONTES et AL, 1995)

2- le suivi des feux actifs

2-1 Les informations recherchées

Le régime de feu est utilisé pour décrire un ensemble pertinent d'attributs de feu relatif à un écosystème ou à une région (DWYER et AL, 1999). Parmi les nombreuses variables prises en compte dans cette définition, nous pouvons baser notre analyse sur celles prenant en compte les aspects de temporalités. La saisonnalité et les événements de feux par type d'occupation du sol sont étudiés. La saisonnalité nous permet de dire :

- quelle est la tendance saisonnière des feux ?
- quand commence et quand se termine la saison de feux ?
- où se situent les pics de feu ?
- quelle est la durée d'une saison de feux ?

Les occurrences feux permettent de faire ressortir la distribution spatiale et temporelle de feux, le nombre de feux, l'intensité des feux

2-2 le matériel expérimental

2-2-1 Les données

La description de nos régimes de feux se base sur des paramètres de temporalités et spatiaux. Deux informations fondamentales sont à rechercher dans le cadre du suivi des feux actifs : les occurrences de feux et la saisonnalité des feux. Comme nous l'avons souligné plus haut, nous travaillons à une échelle locale, celles des aires protégées fragmentées de l'ouest et leur périphérie. Le suivi des feux requiert une analyse fine qui implique l'utilisation de systèmes à haute résolution spatiale. Landsat TM dispose d'un canal thermique permettant de visualiser le détail des feux au moment de l'observation. Nous disposons en effet d'images Landsat à 30m de résolution mais malheureusement ces images ne sont disponibles que tous les 16 jours, au mieux. Aussi, les conditions atmosphériques (brumes et /ou nuages) limitent le nombre d'images Landsat à une par mois durant la saison sèche, ce qui n'est pas suffisant pour effectuer un suivi

systématique des feux. Nous avons donc convenu d'utiliser des images à moindre résolution spatiale (1km, 2,4km) mais de fréquence d'acquisition journalière. Les données disponibles pour la détection des feux actifs dans le cadre de notre étude sont donc issus de trois type de système : TRMM, MODIS et AVHRR.

2-2-1-1- Disponibilités et périodes couvertes

La première base de données concerne les images TRMM (Tropical Rainfall Mapping Mission). L'analyse de la distribution des feux est en effet possible grâce au spectromètre VIRS (Visible and Infra-Red Spectrometer) à basse résolution embarqué à bord du satellite TRMM. Les feux sont détectés grâce à un algorithme développé par la NASA (Giglio et al 2000) mettant à profit les bandes spectrales du capteur (0.6 μ m à 12 μ m). Les données sont disponibles de janvier 1998 à septembre 2003. Celles choisies pour notre étude couvrent les périodes de saisons sèches de septembre 1998 à Avril 2003. Ce choix dérive du fait que la saison potentielle des feux s'étend généralement sur 6 mois de novembre à Avril au nord de l'Equateur (EVA et AL, 2003).

Le deuxième type de données concerne les images MODIS (Moderate Résolution Imaging Spectroradiometer) à 1km de résolution. Le capteur MODIS est embarqué sur les satellites TERRA et AQUA de la NASA. Les observations sont faites chaque jour, vers 10 h20 sur le satellite TERRA et 14h20 sur AQUA, dans deux bandes spectrales : le proche infrarouge (856nm) et le visible (645nm). Selon Kaufman et Justice, (1998) cités par CLERICI et AL (2004), les canaux du système MODIS sont spécialement construits pour la détection de feux actifs. Les données acquises par ces 2 systèmes sont disponibles cinq jours après le passage du satellite sur le site <http://edcimswww.cr.usgs.gov/>. On peut donc choisir les images correspondantes à notre zone, à la période qui nous intéresse et faire une sélection en fonction de la qualité des images. Il est également possible d'accéder à un produit de synthèse temporelle des meilleures images journalières (une image par jour) pendant 8 jours. Ce type de produit permet bien sûr de limiter l'espace disque nécessaire, mais ses performances, pour la détection et la cartographie des surfaces brûlées, doivent encore être démontrées (EVA et AL, 2003). La série temporelle des images MODIS couvre les périodes de novembre 2000 à nos jours. Dans le cas précis de notre étude, nous disposons de données de synthèse Terra MODIS 8 jours de la saison sèche 30 septembre 2002 au 1 mai 2003 au niveau du GVM et de septembre 2001 à avril 2002 acquise sur Internet. La saisonnalité est le paramètre temporel du régime des feux qui sera étudié avec les images MODIS compte tenu de l'absence de lacunes au niveau de ces données.

Le troisième type concerne les données AVHRR de novembre 1997 à décembre 2001. Ce sont des fichiers numériques indiquant la date, les coordonnées et le nombre de feux/jours. La taille des pixels du capteur AVHRR est de 1km. Les indications couvrant les périodes de la saison sèche 1998 à 2001 seront utilisées pour compléter les données feux actifs de TRMM. Ces données nous ont été aimablement fournies par le centre AGHRYMET.

2-2-1-2- Résolution et localisation spatiale

La taille du pixel TRMM est de 2,1 Km (2,4km après 2001). L'orbite du satellite se situe entre 40 degré Sud et 40 degré Nord donc couvre notre zone d'étude ; avec une heure de passage qui change chaque jour selon un cycle de quarante jours (EVA et AL, 2003). Des lacunes existent quand à la production de données TRMM due au non fonctionnement du satellite du 06 septembre au 17 octobre 2000. Les données représentant les feux pour cette période de l'année 2000 pourront donc être ajustée en fonction des autres années. Compte tenu de cette lacune, le facteur saisonnalité sera étudié à partir d'autres systèmes notamment MODIS. Les données MODIS utilisées sont à 1km de résolution

2-2-1-3- Fréquence d'acquisition et heure d'acquisition

Le satellite génère des données journalières de feux actifs. Des erreurs dues au survol local (Giglio et al, 2003) existent dans cette production des données journalières. Le satellite passe en un point, à une heure précise et une fois au maximum par jour. Cette particularité à des incidences quand aux nombres de feux détectés. Les chiffres que nous obtiendrons sur le nombre de feux sont ceux détectés à l'heure précise du passage du satellite dans la zone, ce qui peut représenter un faible pourcentage du total de feux réellement survenus. Les données de jour et de nuit de MODIS augmentent la possibilité de détection des feux par rapport à TRMM. Néanmoins, il y a des insuffisances compte tenu du fait que le satellite ne couvre pas constamment la même zone donnée ; ce qui réduit le nombre de feux pouvant être détectée.

2-2-2 Les possibilités et les contraintes de nos données images

2-2-2-1- Les occurrences de feux

Les données TRMM, AVHRR et MODIS peuvent être utilisées dans ce cas ci. Pour faire ressortir l'information recherchée, les données de feux détectées par TRMM sont importées dans un système d'information géographique (Arc view) et générées en terme de nombre de feux, de distribution des feux et d'intensité des feux.

Une première analyse concerne le nombre d'épisode de feux. Pour ce faire, on élabore la sommation du nombre de feux sur chaque saison de feux sur toute notre zone d'étude. Pour une saison de feux définie de septembre à Avril d'une même année, on compte le nombre de feux/jours sur un mois. La somme mensuelle des feux permet d'obtenir le nombre total de feux en une année.

Trois types de représentation peuvent dériver de ce premier résultat. Tout d'abord des graphiques qui représentent le nombre de feux/ jours en fonction du mois de l'année, et ce pour l'ensemble des années étudiées soit les saisons sèches allant de septembre 1998 à avril 2003. On doit obtenir pour cela 5 graphiques : le premier allant de septembre 1998 à avril 1999. Le second de septembre 1999 à avril 2000. Le troisième de septembre 2000 à avril 2001. Le quatrième de septembre 2001 à avril 2002 et le cinquième de septembre 2002 à avril 2003. Ces graphiques permettent de se faire une idée sur la distribution temporelle des feux dans notre zone.

Ensuite une représentation spatiale de la distribution des feux par an dans notre zone est élaborée. On peut choisir des couleurs pour représenter spatialement nos saisons de feux. On peut décider par exemple de mettre en points rouge tous nos feux de la saison 1998-1999, en vert ceux de 1999-2000 et ainsi de suite. Les intensités de feux peuvent être visualisées également à partir de cette représentation spatiale. En faite, il s'agit

d'observer les régions d'agglomérations des feux actifs. Des valeurs à ces agglomérations pourront par la suite être calculées à partir d'indices appropriés.

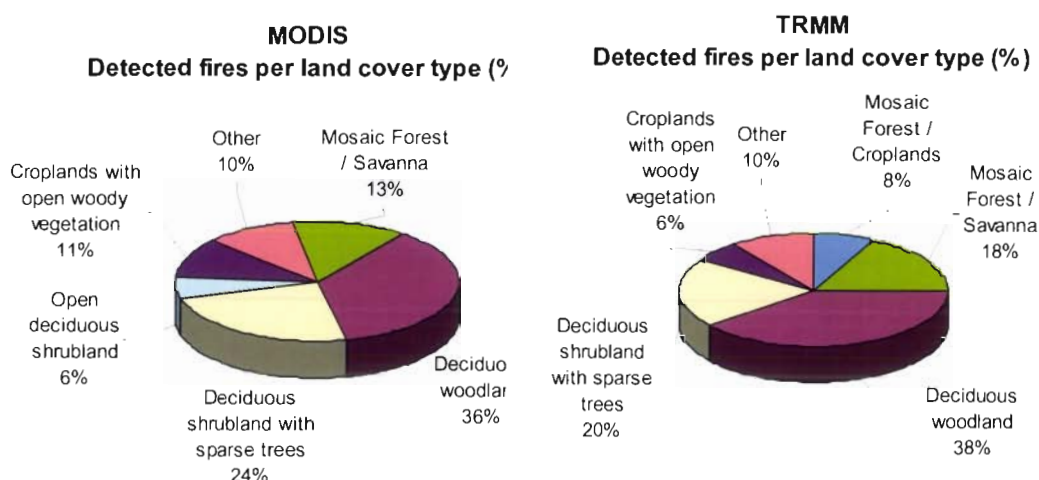
Enfin, une troisième possibilité est la restitution des résultats sous forme de tableau. Dans ce cas ci, nous pouvons ajouter la variable «densité de feux et pourcentage» pour chaque saison de feu. Ces résultats de feu sur 5 ans permettent de faire des comparaisons entre les années dans le but d'observer les variabilités inter annuelles.

La variabilité interannuelle du nombre de feux est une caractéristique intéressante car elle peut nous donner des indications sur le type et l'intensification des activités humaines dans notre zone d'étude. Mais une question est de savoir si ces résultats obtenus seront statistiquement significatifs sur cette courte série de 5 ans, pour nous permettre d'établir des discussions quand à la variabilité des feux dans notre zone d'étude. Aussi, n'oublions pas que le facteur climatique intervient pour une grande part à biaiser les résultats obtenus. Une série plus longue aurait été plus intéressante. ? Il faut donc être prudent dans l'analyse de cette série de 5 ans ; cette analyse sera donc confirmée par l'examen de l'évolution de l'occupation du sol à partir d'images satellitaires à haute résolution spatiale. Une seconde variable peut être associée à notre étude. Celle de représenter les événements de feux par classes d'occupation du sol. Cette seconde étape doit permettre d'établir les statistiques des événements de feux (nombre de feux, localisation, densité...) en rapport au type d'occupation du sol dans notre zone. A cette fin, nous utilisons la nouvelle carte d'occupation du sol de l'Afrique de l'année 2000 à 1km de résolution établie par MAYAUX et AL (2004). Toujours dans un SIG, nous superposons nos informations feux, déjà extraites à cette carte du GLC 2000 (Global Land Cover 2000).

L'étude des feux actifs peut en général s'appuyer sur deux types de procédés. On peut compter le nombre de feux par classes d'occupations du sol. Ainsi pour chaque type d'occupation du sol, on compte le nombre de feux. Un autre procédé consiste à découper notre zone d'étude en petites surfaces dans lesquelles on compte le nombre de feux par cellule. Ce procédé a pour avantage d'avoir des statistiques plus rigoureuses.

Cette façon de traiter l'information énoncée semble être faisable du point de vue technique. L'inconvénient majeur de l'utilisation des données TRMM pour cette étude des occurrences de feux est le manque de détail à l'échelle locale. Nous travaillons à une échelle « fine » qui correspond à des terroirs villageois dans lesquelles se localisent des zones protégées. Pour cette étude donc, il est judicieux de compléter nos informations TRMM par des données AVHRR à 1km de résolution. Ces données ont été acquises au niveau du centre AGHRYMET ; elles vont de novembre 1997 à décembre 2001. Ce sont des informations journalières sur les positions (longitude, latitude) des feux, leur date et le nombre de feux. Elles nous serviront à valider nos données TRMM. Il faut noter que ces positionnements obtenus par AVHRR ne sont pas toutes bonnes, donc il va falloir être prudent quand à leur utilisation. Les données MODIS peuvent servir également à dériver les occurrences de feux actifs car elles nous donnent la possibilité d'avoir deux fois plus d'observations mais pas nécessairement deux fois plus de feux.

La figure 7 est un exemple de graphique mettant en exergue les occurrences de feu par type d'occupation du sol en Afrique de l'Ouest et Central (CLERICI et AL 2004) par l'utilisation des images Modis et TRMM VIRS. Elle présente le pourcentage d'événements de feux associés aux classes d'occupation du sol.



2-2-2-2- La saisonnalité des feux

L'étude de la saisonnalité des feux se fait à deux niveaux : l'évaluation intra saisonnière et celle inter saisonnière. L'étude intra saisonnière étudie la saisonnalité des feux sur une saison sèche. Elle montre en une saison le début et la fin des feux, leur durée et les périodes de pic d'activités des feux. L'évaluation inter saisonnière permet une comparaison entre les différentes saisonnalités et permet d'observer les tendances de saisonnalité. Dans le cas de notre étude, les saisons 2001-2002 et celles 2002-2003 des images MODIS seront utilisées.

Toutes ces données peuvent être représentées spatialement. Dans ce cas, on utilise un quadrillage fait de cellules qui montrent pour chaque année les mois de début de feux et de fin, leur évolution spatiale pour chaque mois. On peut avoir par exemple pour la saison 2001-2002, les cellules en bleu qui représentent les feux qui commencent en octobre, celle en rouge pour les feux qui commencent en novembre et ainsi de suite. Il faut noter que ces données doivent être introduites dans un SIG pour permettre ces différentes représentations.

A l'issue de cette phase de détermination de la saisonnalité et des occurrences de feux, une autre étape consiste à utiliser des algorithmes de regroupements (KAUFMAN et ROUSSEUW, (1990) cités par CLERICI et AL (2004) permettant d'obtenir des classes basées sur certains indicateurs des occurrences des feux (densité, agglomération des feux...) et de la saisonnalité (durée de la saison, pic de feu...). Cet ensemble

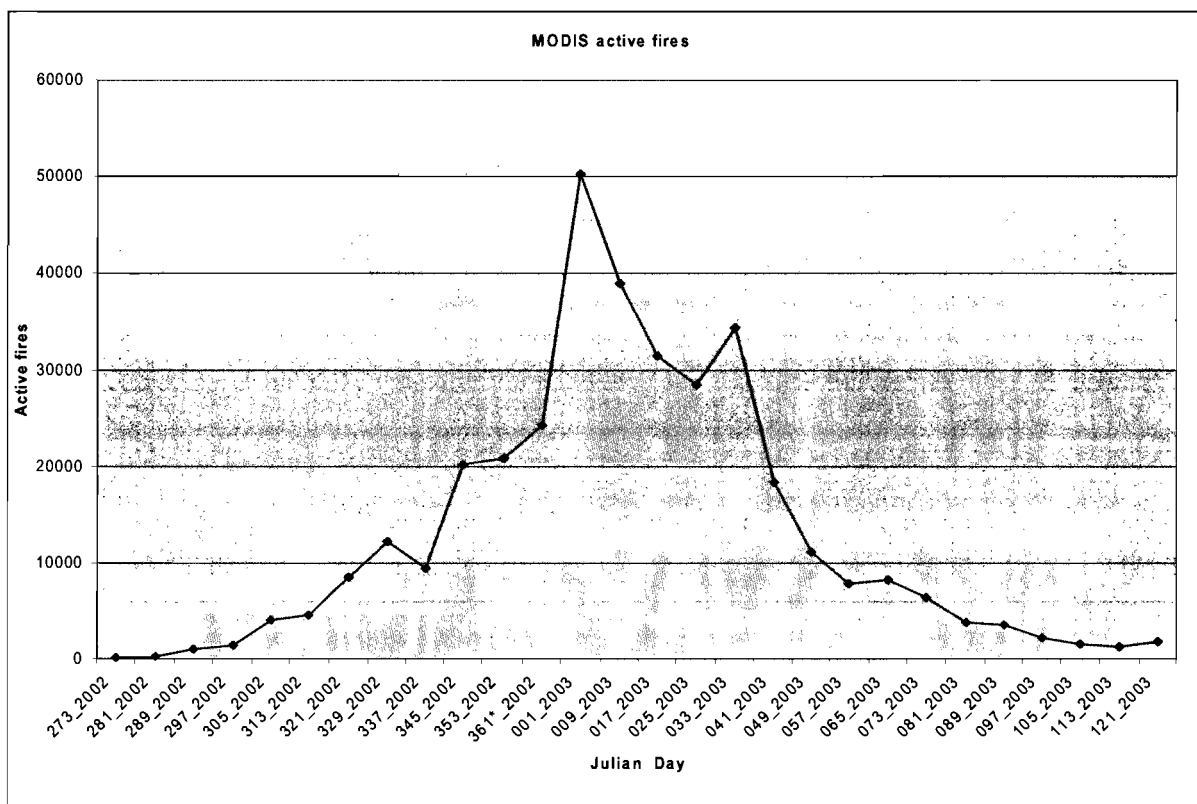
d'attributs peut permettre la description des régimes de feux identifiés dans notre zone d'étude.

La plupart des aspects qui concernent les feux actifs peuvent être biaisés. Le pourcentage de feux détectés est toujours inférieur à celui des feux réellement survenus. Les feux actifs ne peuvent donc être estimés parfaitement vu que le satellite peut ne pas survoler la zone quand les feux surviennent et les nuages également peuvent empêcher leur détection. Aussi, il sera difficile de faire des comparaisons entre les structures paysagères des saisons 1986/1987 et les feux actifs. Les données de ces dernières commencent en 1998 (TRMM).

2-3 Le protocole expérimental

Le protocole expérimental utilisées dans cette application de télédétection dérivent de 3 types d'acquisition d'information: la phase de pré traitement des données, la phase de traitements à l'écran et celles des classifications. Les données accessibles sont déjà pré traitées. Cette partie se centre donc sur l'analyse des données. Néanmoins, il fut savoir que des méthodologies de classification adaptées permettent de mettre en exergues les aspects du régime des feux. On peut citer les études réalisées par STOCKS (1992), GOLDAMMER (1993), MALINGREAU et GREGOIRE (1996), ROSS A. BRADSTOCK et AL (2002).

Figure 8. Nombre de feux actifs détectés par MODIS chaque 8 jours du 30 Septembre 2002 au 01 Mai 2003.



3-Les surfaces brûlées

3-1 Les informations recherchées

Deux types d'informations nous intéressent dans l'étude des surfaces brûlées : les occurrences des surfaces et leurs morphologies.

Les occurrences de feux permettent dans un premier temps de montrer dans l'espace les surfaces qui brûlent et celles qui ne brûlent pas. Associées à la variable temporelle, elles permettent de faire ressortir entre deux bornes temporelles, les surfaces qui ont toujours brûlées, celles qui n'ont jamais brûlées, celles qui brûlaient avant et maintenant ne brûlent plus et celles qui ne brûlaient pas avant mais brûlent maintenant.

La morphologie des surfaces brûlées permet de qualifier le degré de continuité, de morcellement et d'extension des superficies brûlées. Cette morphologie peut également être quantifiée en terme de pourcentage de superficies brûlées sur une saison et/ou par type d'occupation du sol.

3-2 Le matériel expérimental

3-2-1 Les données : disponibilités et périodes couvertes

Les données utilisées pour la caractérisation de surfaces brûlées de notre zone se basent sur Landsat et Spot végétation et Modis.

Les données Landsat haute résolution (30m) concernent les saisons sèches que nous avons précédemment utilisées pour la cartographie des paysages. Le choix de ces mêmes saisons sèches s'explique par le fait que nous serons amenés à superposer, comparer... la cartographie des paysages à celles des surfaces brûlées. Dans ce cas-ci par contre, nous travaillons sur l'ensemble des images de la saison et non sur deux images uniquement. Ces données sont les images du 08 octobre, 09 novembre, 01 mars et 04 mai pour la saison sèche 1986/1987 et les images du (25 octobre, 10 novembre, 08 décembre, 28 décembre, 14 février et 22 juin pour celle de 2001/2002.

Les images Spot végétation basse résolution (1.15 Km) sont des produits élaborés qui nous fournissent les surfaces brûlées de 1998 à 2003. Elles sont mises à notre disposition par le GVM. Celles des saisons sèches 2001-2002 pourront être exploitées ; elles serviront à compléter nos données.

Les données Modis peuvent être utilisées pour la cartographie des superficies brûlées, comme l'a montré EVA et AL (2003) sur le parc W. Dans le cas de notre étude, les données utilisées concernent les saisons 2001/2002, celles de la saison 1986/1987 n'existant pas.

3-2-2 La fréquence d'acquisition et la résolution

Les images Landsat sont générées une fois par mois. Cela limite considérablement la possibilité d'observer un maximum de surface brûlée. Le satellite n'observe que les superficies qui brûlent pendant son passage ou qui ont juste brûlé avant que celui-ci ne passe. Les périodes couvertes par les images et leur nombre ne nous permettent pas de disposer des statistiques réelles des surfaces brûlées de notre zone. Même si l'on part du principe que les surfaces qui brûlent pendant le premier passage du feu sont susceptibles de ne pas brûler, et que, de ce fait, on peut considérer que les superficies brûlées que nous observons sur une image de novembre par exemple seraient la totalité de toutes les surfaces ayant brûlées dans les mois précédents, rien ne nous confirme qu'après le passage de ces feux il n'y a eu de pluie ou de repousse de végétation modifiant l'estimation réelle des surfaces brûlées. Dans tous les cas, des données spot végétation pourront servir comme compléments à ces données.

La résolution par contre des images Landsat (30m) permet la localisation des superficies brûlées à une échelle fine. Ces données seront intéressantes pour la caractérisation de leur morphologie. Aussi, les petites surfaces brûlées peuvent être perceptibles.

Pour ce qui concerne les images spot végétation, elles sont acquises 1 fois par jour. Cela nous donne plus de chance d'observer au plus une fois, notre zone d'étude dans une journée ; et donc pourrait nous donner l'avantage de capter plus de feu. Cette dernière donnée n'est pas toujours exacte pour toutes les superficies brûlées. En effet, la taille du pixel de spot végétation est de 1.15 Km. Les surfaces de petites tailles seront difficilement estimables. Notons que les données spot végétation sont des produits déjà générés en cartes de surfaces brûlées. On peut déjà supposer que nous aurons une

estimation par défaut (due à la résolution surtout) de nos surfaces brûlées sur l'ensemble de notre zone.

Les incidences de la fréquence d'acquisition et de la résolution des données MODIS ont déjà été abordées dans le 2) sur le suivi des feux actifs. Elles servent à compléter nos données précédentes. Aussi, le protocole expérimental que nous proposons se base en partie sur les données MODIS. Ce protocole a été utilisé par EVA et AL (2003) dans le cadre de la caractérisation des surfaces brûlées du parc W (Burkina Faso, Niger, Bénin)

3-2-3 Les possibilités et les contraintes

Il s'agit de préciser ce que les données choisies pour cette cartographie des surfaces brûlées peuvent permettre ou non d'obtenir comme information. Comme nous l'avons précisé précédemment, les deux principales informations recherchées sont les occurrences et les morphologies de surfaces brûlées.

Pour les données Landsat, une première éventualité est de faire une analyse spatiale de l'information en faisant ressortir les surfaces brûlées et celles non brûlées. Il serait néanmoins difficile de donner un pourcentage exact des superficies réellement brûlées.

Les données peuvent nous permettre également d'étudier dans le temps les surfaces brûlées grâce à sa grande série temporelle. En effet, seule ces données, parmi celles choisies me permettent de comparer la saison 1986/1987 à celle de 2001/2002. Les superficies brûlées sont élaborées pour chacune des saisons. Elles sont ensuite comparées et font ressortir :

Les surfaces qui brûlent dans la saison 1986/1987 et dans celle de 2001/2002

Les surfaces qui ne brûlent dans aucune des saisons

Les surfaces qui ont brûlées dans la première et pas dans la seconde saison

Les surfaces qui ont brûlée dans la seconde et pas dans la première

A ces résultats spatiaux et temporels, on associe d'autres variables notamment le type d'occupation du sol, le degré de fragmentation des surfaces, leur extension...

Pour la morphologie, les données Landsat grâce à leur haute résolution peuvent être appropriées pour faire ressortir certains aspects morphologiques des surfaces brûlées : continuité : discontinuité, la taille des superficies brûlées, leur degré de morcellement... Il serait intéressant d'associer également le type d'occupation du sol à cette morphologie.

Les données spot végétation, quand à elles, sont déjà générées en cartes de surfaces brûlées. Nous pourrions donc superposer nos données de cartographie des paysages sur cet ensemble. Un certain nombre de surfaces brûlées ne seront pas perceptibles compte tenu de la haute résolution de spot végétation. Néanmoins, ces données sont utiles pour compléter celles de Landsat.

EVA et AL (2003) ont montré que les données MODIS peuvent faire ressortir également les occurrences de surfaces brûlées ainsi que leur morphologie. Des limites existent, elles seront développées dans le protocole expérimental.

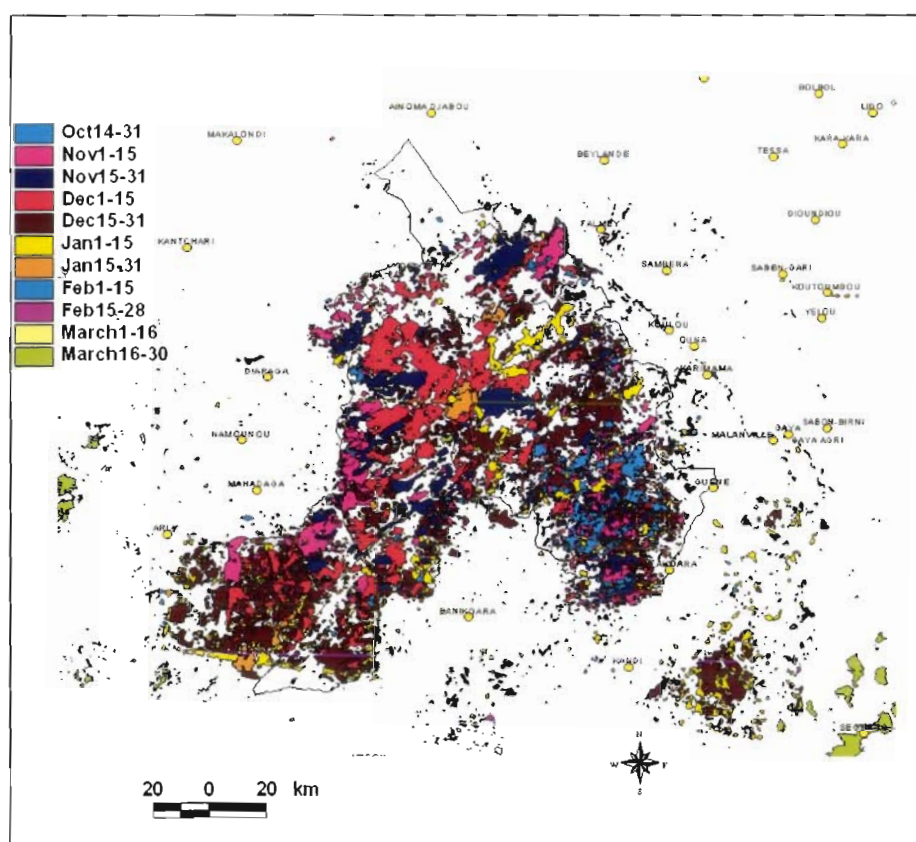
3-3 Le protocole expérimental

Il va concerner les images Landsat et les données MODIS, car celles de SPOT VEGETATION sont déjà générées en cartes.

Chaque image Landsat permet de faire ressortir les surfaces brûlées à partir de compositions colorées et de classifications. Des confusions possibles peuvent néanmoins exister entre les surfaces d'eau libres, les nuages et dans une moindre mesure, la végétation dense (EVA et AL, 2003.) A l'issue de la classification des images, une série de cartes de surfaces brûlées constituent le produit thématique de base. Elles peuvent être présentées de différentes manières, par élaborations temporelles et/ou spatiales

Le protocole expérimental des données MODIS peut être différent de celui des images Landsat. Nous nous appuyons sur l'étude réalisée par EVA et AL (2003) pour générer les cartes Modis de surfaces brûlées. Selon eux, chaque image MODIS est reprojctée (projection géographique en latitude-longitude) et analysée pour détecter la présence éventuelle de surfaces brûlées. Ces surfaces montrent une réflectance dans le visible et le proche infra rouge très inférieure à celles des surfaces environnantes non, brûlées, qu'elles soient occupées par de la végétation vivante (verte) ou par un couvert plus sec (jaunissant). A l'issue de classification, le produit obtenu peut se présenter comme suit (figure 9. Cette figure est un exemple présentant un produit de surfaces brûlées dans le parc W, obtenu à partir des images Modis de la période allant d'octobre 2002 à mars 2003.

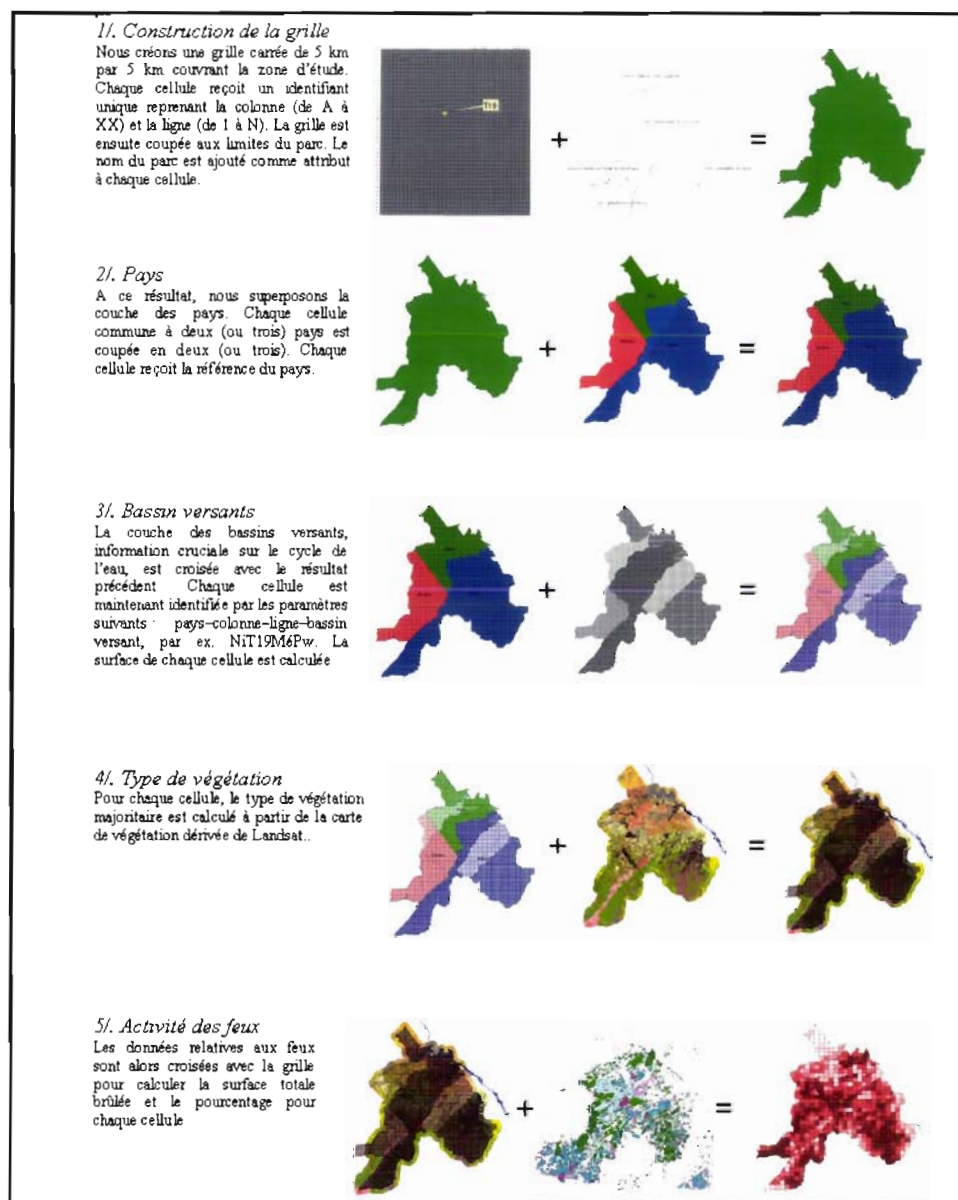
Figure 9 : Surfaces brûlées dans le parc W, dérivée de l'imagerie MODIS. Résultats présentés par quinzaines pour la saison sèche 2002-2003 (octobre 2002 à mars 2003).



Source : Eva et al (2003)

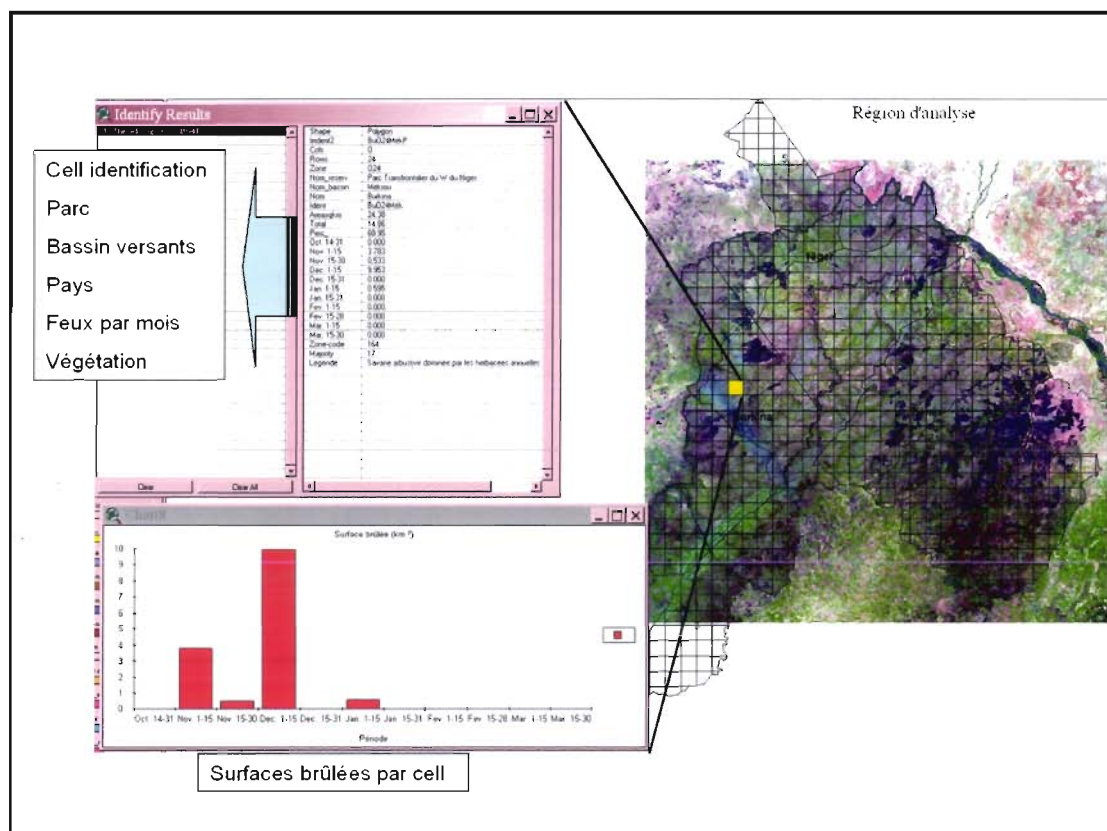
Une seconde étape après cette élaboration des surfaces brûlées consiste à intégrer ces données dans un SIG. Les différentes couches obtenues dans le cadre de la cartographie des paysages peuvent être combinées et visualisées sur la base d'une grille systématique. Cette méthode se base sur les travaux de EVA et AL (2003) dans le parc W. Tout d'abord, une grille carrée est construite de x Km par x Km de cote couvrant notre zone d'étude. Chaque cellule reçoit un identifiant unique reprenant la colonne (de A à XX) et la ligne (de 1 à N). A ce résultat, on superpose couche par couche les différentes variables (types de végétation, domaine agricole...). Une dernière étape consiste à croiser les données relatives aux feux avec la grille, pour calculer les surfaces totales brûlées pour chaque cellule (figure 10 et 11)

Figure 10 : Exemples de construction de la base de données SIG « feux »



Source : Eva et al (2003)

Figure 11 : Exemple de base de données SIG superposée à une mosaïque d'images Landsat



Source : Eva et al (2003)

3-2-1 le pré traitement

Les pré- traitements des images Landsat ont été présentés précédemment dans la cartographie des structures paysagères.

3-2-2 Les traitements

3-2-2-1- Les compositions colorées

Elles permettent de faire ressortir les surfaces brûlées dans le but d'une interprétation visuelle. Les travaux réalisés par KOUTSIAS et KARTERIS (1998) montrent que dans le cas de landsat, ce sont les compositions colorées, utilisant les canaux TM7, TM4 et TM1 qui font ressortir une meilleure discrimination visuelle entre les zones brûlées et les autres catégories d'occupation du sol.

3-2-2-2- Les classifications

Pour ce qui concerne les traitements à appliquer pour dériver des cartes de surfaces brûlées, une série de méthodes de classifications des images Landsat sont disponibles auprès de l'Unité GVM du CCR. Ces méthodes pourront être exploitées durant les travaux de thèse. On peut citer les études réalisées par EVA H (2000), SILVA J. M. et AL (2003), BOSCHETTI L et AL (2004), STROPPIANA D (2004).

4- D'autres sources d'informations

4-1- Les sorties et enquêtes de terrain

Les sorties de terrain sont une étape indispensable au traitement des données. Une première étape consiste à effectuer une sortie préalable à l'utilisation de l'imagerie satellitaire dans le but de développer des clefs d'interprétation des valeurs spectrales et texturales de l'image. Elle sert aussi à une prise de contact ainsi qu'au choix des variables qui peuvent compléter l'enquête de terrain. Elles permettent également de tester la méthode d'enquête destinée à mon étude. La première mission sur le terrain doit se dérouler en décembre- janvier (ces dates sont susceptibles à des modifications). Avant cette sortie, une étude bibliographique est nécessaire pour orienter le questionnaire. Les objectifs recherchés à travers cette première mission sur le terrain d'étude se résume comme suit :

- la reconnaissance des paysages en vue de l'interprétation des images satellitaires
- la prise de point GPS en vue de redressement de certaines images et de la localisation précise de certains sites
- la prise de contact et la documentation auprès de l'administration et des populations des terroirs concernés. D'abord, nous prenons contact avec les autorités villageoises et administratives de la zone pour une première présentation de notre étude et des objectifs, ainsi que l'explication du travail à effectuer au cours de cette sortie. Puis des entretiens sont effectués de façon formelle ou informelle auprès de la population dans le but de hiérarchiser les questionnaires d'enquête et de cibler les échantillons probables de l'enquête. Ces entretiens permettent de saisir le niveau de conception des dynamiques paysagères et la représentation paysanne du phénomène de feux. Une première approche permettra ultérieurement de tester nos questionnaires pour saisir les éventuelles incompréhensions et incorrections dans le but de les améliorer.

Une seconde mission de terrain postérieure au traitement d'image satellitaire est réalisée. Elle sert d'une part à valider notre cartographie élaborer. D'autre part, elle se base sur les résultats préliminaires acquis lors des traitements pour formuler le questionnaire d'enquête. Pour la validation de la cartographie, un échantillon aléatoire de pixel est visité sur le terrain et ce qui est observé est comparé à la valeur que prend ce pixel dans la classification. Ensuite, on tente d'expliquer à travers les pratiques des sociétés, le pourquoi des variabilités observées dans les paysages et les surfaces brûlées. Nous partons du postulat que toute structure des paysages résulterait de l'action dans le temps, des différents peuplements, de leur mise en place, de la mutation des systèmes et méthodes culturelles, de l'organisation même des sociétés de savane. L'étude des processus d'interface nature/société nous amène à nous appuyer essentiellement sur le

phénomène de feux considéré comme point de rencontre des milieux de savane et des pratiques des sociétés.

La collecte des données terrain reste une étape fondamentale pour la cartographie des paysages et des feux ainsi que pour la validation de nos résultats cartographiques. Il est nécessaire de se poser quelques questions sur la nature des données à collecter, sur l'orientation et l'organisation de l'échantillonnage et sur le type d'analyse statistique à mettre en œuvre pour obtenir des résultats fiables.

L'enquête de terrain doit nous aider à répondre aux questions suivantes :

- quelle est l'interprétation sociétale de cette typologie des surfaces brûlées et des dynamiques paysagères dans les aires protégées et leurs périphéries ?
- Quel est le rôle de la diversité ethnique, du croit démographique et des migrations dans l'accélération des processus de transformation des aires protégées et de leur périphérie ?
- Quelles sont les perceptions et les représentations du phénomène de feux de brousse pour les sociétés de la zone d'étude ? Comment évolue cette perception ?
- _Quel rôle joue l'utilisation des feux dans les techniques et méthodes culturelles ? Quels aménagements subit le plus ou le moins cette utilisation ?
- Quel est l'impact des réglementations environnementales des aires protégées sur les comportements des populations et sur les pratiques de feux ?

D'autres variables seront intégrées toujours en rapport avec nos hypothèses pré établies. La question socio économique qui nous intéresse est de savoir quelles sont les particularités culturelles, sociales ou économiques qui engendrent ou maintiennent les différences ou les similitudes observées dans ces typologies élaborées à partir de nos hypothèses.

4-2- Les statistiques agricoles, les archives et les cartes

Les statistiques du domaine foncier constituent une base de donnée permettant de d'estimer l'extension du domaine agricole et non agricole. Elles sont recueillies au niveau des centres de productions agricoles de la région. Elles serviront de base pour comparer l'extension ou la réduction du domaine foncier dans le temps. Elles servent de compléments quantitatifs aux observations effectuées par les images satellitaires.

Les archives ainsi que des études déjà réalisées sur notre zone d'étude ou les thématiques des feux nous permettront de mieux cerner notre sujet.

Un ensemble de documents cartographiques doit est également inventorié.

A l'issue de ces enquêtes, viennent les phases de dépouillement, d'analyse des résultats et de définition d'un modèle. Une dernière sortie de quelques jours est réalisée en fin de thèse pour les éventuelles finitions.

Troisième partie : Des aspects organisationnels de la thèse.

Introduction

Cette partie de l'étude présente les axes de recherches dans lesquels s'insère notre thématique ainsi que les ressources humaines et matérielles pour le suivi de notre thèse. Elle présente également le calendrier probable des années de thèse ; et développe une étude de modélisation à laquelle peut servir nos résultats sur les dynamiques des paysages et les feux. (Etude reprenant les termes du projet proposé par Ballouche et al, 2004)

1-Présentation

Notre projet s'insère dans une approche géosystémique en privilégiant un certain nombre d'entrées, en particulier celles des paysages et des feux de brousse. Le sujet de thèse s'intitule **«Dynamiques paysagères et feux de brousse en zone soudanienne. Etude diachronique des surfaces brûlées dans le réseau d'aires protégées de l'Ouest du Burkina Faso »**.

Cette étude doit aboutir à une cartographie dynamique des paysages et des feux de brousse à l'intérieur et en périphérie des aires protégées, à l'étude des mutations des usages et pratiques des feux dans les sociétés des savanes Ouest burkinabé. Elle peut servir de base à la compréhension de l'impact des feux sur la dynamique de la végétation, variable qui nécessite l'appui des spécialistes en écologie scientifique.

Nos thématiques du sujet s'insèrent dans les axes de recherche du laboratoire de Géographie physique et Environnement (GEOPHEN) qui appartient à l'U.M.R 6554 du C.N.R.S (L.E.T.G). Le sujet s'appuie donc sur le projet scientifique de recherche de l'U.M.R intitulé « Dynamiques des systèmes complexes, à l'interface entre Nature et Sociétés. Il s'insère également dans les thématiques de l'Unité de Recherche UR136 (laboratoire du centre IRD d'Orléans), intitulée « Aires Protégées, Ecosystèmes, gestions et fonctions périphériques. Exemples dans l'Ouest africains : Burkina Faso, Niger, Bénin

-l'originalité des géosystèmes étudiés tient au fait qu'ils se situent dans des milieux qui englobent des aires protégées. Ces zones protégées sont censées maintenir la diversité biologique, mais paradoxalement, elles permettent la conservation des pratiques des feux dans ces paysages à mutations socio économiques profondes. Le feu est donc l'élément qui permet de faire le lien entre la nature et la société à travers sa pratique. Notre étude couvrira donc les aspects dynamiques des paysages et intégrera également ceux écologiques dans l'étude des feux comme élément majeur à l'interface nature /société Cette étude se fait en étroite collaboration avec les écologues de l'UR 136, qui eux, sont en mesure de caractériser les effets du feu sur les espèces et les milieux.

-le jeu d'échelles dans le suivi des processus dynamiques est important dans ma recherche doctorale. Elle associe les échelles temporelles et spatiales. Les échelles temporelles concernent les études sur l'évolution aussi bien des paysages que des pratiques anthropiques. Elle se base sur l'étude diachronique et évolutive des images. La dimension spatiale est celle qui nous permet de faire des croisements entre les différents phénomènes cartographiés dans l'espace. Sur le plan technique, elle se pose la question de savoir comment passer de l'échelle spatiale de télédétection à celle du terroir, pour ce qui concerne les enquêtes de terrain ? Nous situons notre étude à une échelle locale, celle des aires protégées et de terroirs villageois. Les invariants, les permanences et/ou les

particularités pourront être des facteurs sur lesquels nous pourrions nous appuyer pour nos enquêtes de terrain. Certaines observations effectuées durant ces prochaines années nous servent également pour notre étude.

2- Ressources humaines et moyens matériels

Le laboratoire Geophen offre un cadre d'accueil adéquat et possède une documentation assez fournie traitant de la thématique des savanes et des feux de brousse ; aussi deux doctorants y travaillent déjà sur cette thématique, ce qui est intéressant pour les échanges de point de vue. La possibilité de travailler avec des logiciels SIG sera un avantage lors de l'élaboration de mes documents cartographiques. Un début de cartographie a été déjà élaboré cette année sous arc view. Elle me servira de base pour l'addition de d'autres couches d'informations. Le professeur Aziz Ballouche, mon co-directeur de thèse est professeur en biogéographie à l'Université de Caen (Basse Normandie) et chercheur au laboratoire du GEOPHEN. Il y dirige des travaux sur le rôle du feu dans les dynamiques paléo environnementales et l'histoire des paysages dans l'ouest africain.

Mon insertion au sein de l'UR 136 de l'Institut de Recherche et de Développement me fournit d'une part un appui scientifique dans ma recherche et d'autre part technique dans la réalisation de mes travaux. La co-direction de cette thèse par M. Devineau Jean louis m'assure un encadrement adéquat sur le plan écologique pour ce qui concerne le fonctionnement des systèmes écologiques. Sa connaissance parfaite du terrain d'étude à travers les nombreux travaux réalisés dans cette partie Ouest du Burkina est un avantage. Aussi, son expérience dans le domaine des aires protégées est atout considérable. Outre, l'assurance d'un encadrement de qualité, des échanges d'expériences avec d'autres étudiants sont possibles.

La collaboration de cette thèse avec l'UR 136 me permet d'accéder au CCR (Centre Commun de Recherche) de l'Union européenne à Ispra en Italie où se dérouleront les aspects cartographiques de télédétection et l'analyse des images satellitaires. Mais toutefois, les principes de collaboration doivent être défini ainsi que les modalités de mises en œuvre pour les travaux de thèse. Les nombreux travaux réalisés dans ce centre sur les aspects feux en Afrique me permettent de bénéficier de documentation assez fournie et d'un encadrement de qualité. Il faut noter aussi l'apport que nous aurons des ethnologues, sociologues, linguistes...rattachés au centre IRD et particulièrement à l'UR 136.

Le laboratoire de géographie physique de l'université de Ouagadougou et le centre AGHRYMET du CILSS à Niamey assurent mon encadrement de terrain et une partie de la cartographie. Pour ce qui concerne le centre Aghrimet, un accord formel entre mon laboratoire de Caen et ce centre doit être établi. La possibilité d'intégrer des équipes (le Programme National de la Gestion des Terroirs burkinabé PNGT III) travaillant déjà sur la thématique des feux dans l'Ouest du Burkina Faso est un avantage pour ma formation et mes enquêtes. Ils disposent de compétences techniques et humaines pour mon encadrement sur le terrain d'étude au Burkina Faso en collaboration avec les autres équipes françaises et Italiennes.

Après avoir fait une appréciation des atouts que nous propose chaque laboratoire, nous avons élaboré une appréciation financière du coût de notre thèse (sortie de terrain surtout). Ces projections financières nous servent comme base pour une recherche de financement de nos recherches doctorales.

-toutes les équipes possèdent du matériel informatique, indispensable à nos traitements de données. Mais nous n'avons pas d'idée sur leur performance et capacité pour ce qui concerne le traitement d'images.

-la prise en charge des différentes missions de terrain : le coût d'un voyage entre la Caen (France) ou je suis inscrite et (Ouagadougou) Burkina Faso ou je serai amenée à faire mes sorties de terrain revient au minimum à 800 euros pour un aller et retour. Dans le cas ou nous envisageons au plus une sortie de terrain par an, cela nous revient à 2400 euros pour les 3 ans de thèse. Aussi, il faut estimer également les différents déplacements entre Ouagadougou et ma zone d'étude.

-la prise en charge de la logistique et des frais de séjour sur le terrain peuvent remonter à environs 3500 euros pour les sorties sur le terrain pour les années de thèse. Le tableau 7 présente une évaluation approximative du coût moyen des sorties de terrain pouvant être réalisée sur ma zone d'étude pour ces années de thèse.

Tableau 7 : Exemple d'évaluation approximative de sortie de terrain sur notre zone d'étude au Burkina Faso pendant les trois années de thèse

Année et durée	Coût du déplacement	Frais de subsistance	Montant de logements	Autres et imprévus	Total par an (en euros).
2004-2005 5 mois	-Paris-Ouaga- Paris 800 euros -Ouaga- zone d'étude 75 euros	-150 euros =98.800 FCFA soit environ 650 FCFA/jour	-225 euros =150.000FCFA soit 30.000CFA/mois	-76 euros	-1326
2005-2006 4 mois	-800 euros -60 euros	-120 euros	-220 euros	-60 euros	-1260
2006-2007 1 mois	-800 euros -15 euros	-30 euros	-45 euros	-15 euros	-905
Total par type de dépense (euros)	2550 euros	-300 euros	-490euros	151 euros	-3491

-l'achat de certaines images satellitaires nécessaires à notre étude et qui se trouvent être payantes. C'est le cas des images Landsat qui peuvent servir à notre cartographie. Une scène 196/052 de Landsat revient à environ 500 euros.

-le renforcement de mes acquis en télédétection est nécessaire. Nous recommandons donc la participation des différents laboratoires à un stage de formation de courte durée (3 à 4 semaines) dans une institution spécialisée dans ce domaine. Nos recherches nous ont permis de localiser des formations de courte durée au niveau de GDTA (Groupement pour le Développement de la Télédétection Aérospatiale), de la Maison de Télédétection... Le coût moyen d'une formation est de 1500 euros pour deux semaines mais varie considérablement en fonction du module.

3- Calendrier probable des années de thèse

Nos travaux de thèse seront conduits en alternance entre le Burkina Faso (recherche documentaire et phase de terrain surtout), la France et l'Italie.

Tableau 8 : Calendrier de recherche

Année	Equipes et durée	Dates	Activités prévues (résumé)
2004/2005 (1 ^{ère} année)	GEOPHEN, IRD : France : 3 mois	1/10/2004-31/12/2004	-Recherche bibliographique (synthèse cartographique, documentation)
	Université de Ouagadougou-Aghryimet : 5 mois	1/01/2005-31/05/2005	- début traitements d'images et première sortie de reconnaissance
	CCR (Italie) :4 mois	1/06/2005-30/09/2005	- Premiers résultats cartographiques
2005/2006 (2 ^{ème} année)	Burkina Faso : 4 mois		- Enquêtes et relevés de terrain
	IRD/CCR/GEOPHEN : 2mois/3 mois/3mois		- Validation des données spatiales et des données de terrain - Préparation du premier rapport d'étape
2006/2007 (3 ^{ème} année)	Burkina Faso : 1 mois		- Recherche d'informations complémentaires
	IRD/CCR/GEOPHEN : 2mois/1mois/8mois		- Rédaction - Soutenance

Nous pouvons résumer nos travaux de thèse en 3 grandes phases :

3-1 La phase I ou Phase de cartographie

C'est celle pendant laquelle on élabore la cartographie des paysages, des feux actifs et des surfaces brûlées. Elle servira à se familiariser tout d'abord aux outils de télédétection, puis viennent les interprétations des images puis la restitution en cartes de nos données images. Cette phase se fait pendant la première année de thèse et peut prendre une année en fonction du volume des informations à traiter. Elle sera

évidemment ponctuée par des sorties sur le terrain soit pour valider certains phénomènes ou avoir un premier contact avec ma zone d'étude.

3-2 La phase II ou phase d'analyse

Elle concerne les différentes analyses que l'on peut faire à partir des documents cartographiques élaborés. C'est celle qui comprend les comparaisons, les croisements entre les données obtenues lors du traitement, les interrogations sur les hétérogénéités et les homogénéités des phénomènes de feux et des dynamiques paysagères dans les aires protégées et leur périphérie, les différentes conclusions qui pourraient être émises. Elle a pour objectif de mettre en évidence les liens dialectiques entre l'organisation des paysages et les processus d'interface nature/société. Pour cela, elle fait la corrélation entre les variabilités des feux et les variabilité de l'occupation du sol.

3-3 La phase III ou phase de terrain

En pratique, elle ne se situe pas forcément en troisième position. Les différentes phases I et II sont ponctués par des phases de terrain. Mais la plus grande partie des investigations se fait après l'élaboration de notre cartographie. Cette phase permettra de compléter la validation de nos hypothèses. Elle englobe les enquêtes, leurs dépouillements, leur analyse, leurs ajouts aux différentes informations obtenues précédemment.

Une étape primordiale que nous n'avons pas considérée comme une phase, non pas parce qu'elle est moins importante que celles citées mais parce qu'elle commence déjà en cette année de DEA et se prolonge jusqu'à la fin de la thèse est la recherche bibliographique.

Nos recherches bibliographiques ont en effet débuté dès le mois de juillet de l'année dernière. Nous avons commencé d'abord par des ouvrages généraux sur l'agriculture, la végétation, le climat, ...de l'Afrique et le Burkina Faso, les aires protégées, les feux de brousse, la télédétection... Ensuite, nous nous sommes d'avantages spécialisés sur des livres, des articles et des périodiques qui permettaient une meilleure compréhension et qui nous apportaient des exemples précis dans ce domaine. Nos recherches ont été effectuées dans divers lieux, comme les bibliothèques universitaires de Caen, les bibliothèques de laboratoires (GEOPHEN, Maison de Recherche en Sciences Humaines MRSH...), par Internet avec les bibliographies numériques. Nos journées passées au centre IRD de Orléans nous ont été d'un apport considérable quant à l'acquisition de certaines images satellitaires et aux articles et mémoire produits au niveau de l'Université de Orléans sur les thématiques des aires protégées. Des nombreux ouvrages et articles nous ont également été fournis par nos différents encadreurs. Les deux mois passés au GVM ont consolidé notre base de données bibliographiques pour ce qui concerne les articles de télédétection et des feux de brousses. De nombreux articles, livres et mémoires ont été acquis par les encadreurs au niveau de l'unité GVM. Toutefois, nous remarquons qu'il nous reste un certain nombre d'articles, de livres qu'il nous sera utile de lire dans les prochains mois pour notre recherche doctorale.

Les apports d'un tel sujet sont multiples et permettent des utilisations aussi bien par les gestionnaires du milieu que les modélisateurs. Pour ces années de thèse, ce sujet pourra faire ressortir les multiples facettes du feu dans les savanes et transparaître une nouvelle vision du feu en Afrique, celle de ne plus considérer le feu comme seulement un

agent destructeur mais une pratique faisant partie du mode de vie et des représentations de certains groupes socioculturels. Il sera alors possible de permettre aux aires protégées de jouer pleinement leurs rôles en dépassant les conflits entre les exigences de conservations et les pratiques des sociétés. Aussi, l'aboutissement de ce travail contribuera à mieux gérer les feux de brousse dans les aires protégées. De même, il permettra d'apprécier la part des sociétés dans l'accélération des modifications du paysage et d'identifier les moyens adéquats pour préserver cet environnement.

4-A quoi peuvent servir nos résultats de thèse ?

Cette partie dérive du projet présenté par BALLOUCHE et AL (2004) au CNRS pour les financements de recherche (projet qui n'a pas été retenu mais dont les différents objectifs restent approuvables). Ce projet est fait en collaboration avec le laboratoire Paysage de l'INH. Selon ce document, les résultats obtenus pour l'étude des dynamiques paysagères et des feux pourraient servir à la construction de modèle global des dynamiques paysagères. Ce modèle doit permettre de comprendre les logiques aboutissant aux différentes structures homogènes ou hétérogènes des paysages.

Selon les termes de ce projet, la dynamique paysagère peut être intégrée à un outil mathématique. Les relations entre paysages et modélisation mathématique ont jusqu'à présent surtout relevé des écologistes du paysage (Burel et Baudry, 1999). Les géographes, pour leur part, ont largement utilisé ces outils dans des travaux sur les hydrosystèmes ou les processus géomorphologiques. Une des originalités des équipes de l'INH est de croiser les problématiques mathématiques, naturalistes et des sciences humaines.

L'analyse des paysages met l'accent sur le rôle de leurs irrégularités et de leur hétérogénéité, tant du point de vue structurel, que du point de vue perceptif en cherchant aussi à analyser les archétypes qui sous-tendent les représentations en matière de perception des paysages, pour comprendre dans quelle mesure sont intégrées les modifications d'origine anthropique.

Dans ce but, deux outils mathématiques différents sont mis en oeuvre par l'équipe de l'Institut National d'Hydrologie (INH) :

- l'analyse fractale. Cette démarche, aujourd'hui bien connue de certains géographes s'impose assez naturellement puisque les processus de formations des couvertures végétales aboutissent à de véritables mosaïques paysagères.

- l'analyse de la propagation des phénomènes, comme les feux par la méthode des réseaux arborescents. L'analyse proposée dérive d'une théorie mise au point par J Duchesne et son équipe (DUCHESNE et AL, 2000 ; FLEURANT et AL, 2004 ; CUDENNEC et AL, 2004).

Selon eux, il serait intéressant de vérifier que ce modèle de propagation des phénomènes, d'abord appliqué aux arbres et aux réseaux hydrographiques, peut aussi être utilisé sur des réseaux différents comme l'arborescence des lignes de propagation des

feux de brousse, commandée tant par des facteurs naturels, sur lesquels interfèrent des choix anthropiques.

Un tel modèle peut non seulement permettre d'analyser les formes des réseaux de propagation, mais il peut ensuite être utilisé pour simuler les flux de propagation des feux. Un aspect pouvant être développé concerne la construction de modèle global des dynamiques paysagères dans les aires protégées et leurs périphéries. Elle peut permettre de comprendre les logiques aboutissant aux différentes structures homogènes ou hétérogènes des paysages.

Conclusion générale

Les dynamiques des paysages dans les géosystèmes de savane Ouest burkinabé sont d'origines diverses. Le feu constitue l'élément majeur de cette dynamique, comme l'atteste de nombreux auteurs. Les savanes en Afrique de l'Ouest ont existé et seraient maintenu de nos jours, en partie par le feu. Dans les paysages actuels en mosaïque, la relation du feu au paysage semble être modifiée.

Nous avons donc souhaité mettre en exergue les relations syngénétique qui existent entre les feux et ces paysages en mutations. Aussi, ce même phénomène de feu, à travers sa pratique, traduit une certaine organisation sociale, une appropriation d'un espace donné par une société donnée. L'approche que nous privilégions est celle géosystémique. Notre projet de thèse s'ouvre aussi bien à la géographie par son étude des paysages et des sociétés qu'à l'écologie, compte tenu du fait que nous travaillons dans un réseau d'aires protégées, et nous serons amenés à comprendre les effets des feux sur la végétation grâce aux apports des écologues de l'IRD.

Ce projet de thèse s'ouvre sur 2 grands axes découlant de nos hypothèses:

- cartographier les paysages et les feux dans l'espace et le temps
- rechercher les aspects de sociétés qui expliquent les hétérogénéités et les homogénéités des paysages et des feux

Ces aspects sont susceptibles de modifications en fonction de plusieurs paramètres que nous ne maîtrisons pas forcément à présent.

Ce paragraphe en guise de conclusion générale sert tout juste à dire que nous sommes au début d'un travail, qui verra son aboutissement en fin thèse.

Références bibliographiques

Achard, F. et Blasco, F., 1990. Rythmes saisonniers de la végétation en Afrique de l'Ouest par télédétection aérospatiale In *Télédétection et sécheresse*. Ed. AUPELF-UREF, Paris, pp 1-14.

Adjanohoun E. J. et Ake Assi, L., 1967. Inventaire floristique des forêts claires sub soudanaises et soudaniennes en Côte d'Ivoire septentrionale. In *Annales de la Faculté des Sciences de l'Université d'Abidjan*, 3: 89-148 Les Département Études scientifiques et Techniques, Laboratoire de Botanique et Biologie végétale.

Albarello, L., et al. 1995. Pratiques et méthodes de recherche en sciences sociales, éditions Armand Colin, Paris, 179 p.

Atlas du Burkina., 2001. Editions JA 62 p

Aubertin, C. & Vivien, F.D., 1998. Les enjeux de la biodiversité. Coll. "Poche Environnement", *Economica*. Paris, 112 p.

Aubertin, C., Boivert, V. & Vivien, F.D., 1998. La construction sociale de la question de la biodiversité, *Nature Sciences Sociétés*, Vol. 6, n°1, Paris, 7-19.

Aubréville A., 1949. Climats, forêts et désertification de l'Afrique tropicale. Société d'éditions géographiques, maritimes et coloniales, Paris : 351 p.

Aubréville A., 1962. Savanisation tropicale et glaciations quaternaires. *Adansonia*, Paris, sér. 2, 2(1) : 16-84.

Aurouet A. 2003. Les milieux riverains du Mouhoun dans la région de Boromo (ouest du Burkina Faso). Utilisation par les hommes et rôle des aires protégées dans leur conservation. DEA ADEN Université d'Orléans

Bakyono, E., Poussi, M., 1997. Etude préliminaire à l'aménagement de l'habitat de l'hippopotame, pp. 43-45, In MEE-MESSRS, 1997, Communication à l'atelier sur la Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames, bilan des activités dix ans après sa création et perspectives, DREEF-HB/INERA, 20-21 octobre 1997, Bobo-Dioulasso.

Ballouche A. 1998 - Dynamique des paysages végétaux sahélo-soudaniens et pratiques agro-pastorales à l'Holocène (Exemples du Burkina Faso). *Géographies-Bull. A.G.F.*, 1998-2 : 191-200

Ballouche A. 2002 - Histoire des paysages végétaux et mémoire des sociétés dans les savanes ouest-africaines. *Historiens et géographes*. 381, vol. sp. "Regards sur l'Afrique" : 379-388.

Ballouche, A., et Dolidon, H., 2003. Feu "arts du feu" et production des paysages dans les savanes d'Afrique de l'Ouest. Transmission des savoirs: terres cuites et métaux en Afrique de l'Ouest et au Cameroun, IFRA, Ibadan, 17 p.

Bandré, E., 1996. Anthropisation du couvert végétal dans la province du Namentenga et ses conséquences socio-économique, cas de la région de Tougouri, en zone sub-sahélienne (Centre Nord du Burkina Faso In *Berichte des-sonderforschungsberichts*, 268, Band 7 Franckfurt pp 17-31.

Bandré, E., 1996. La dynamique du couvert végétal dans l'unité d'encadrement agricole de Kié, département de Solenzo. In *Berichte des-sonderforschungsberichts*, 268, Band 7 Franckfurt. pp 505-520
Barbosa P.M., J.M.C. Pereira, and J-M. Grégoire, 1998, Compositing criteria for burned area assessment using multitemporal low resolution satellite data, *Remote Sensing of Environment*, 65:38-49 (1998).

Barbosa P.M., J-M. Grégoire, and J.M.C. Pereira, 1999. An Algorithm for Extracting Burned Areas from Time Series of AVHRR GAC Data Applied at a Continental Scale, *Remote Sensing of Environment*, 69(3), 253-263.

Barbosa P.M., D. Stroppiana, J-M. Grégoire, and J.M.C. Pereira, 1999. An assessment of vegetation fire in Africa (1981-1991): burned areas, burned biomass and atmospheric emissions, *Global Biogeochemical Cycles*, 13(4), p. 933-950.

Bariou, R., 1978. Manuel de télédétection, Ed. SODIPE Paris, 349 p.

Bartholomé E., 2004. Cours de télédétection. 164P

Belem C., et al. 1988. Recherches sur l'insertion des systèmes de culture dans la zone cotonnière de l'ouest du Burkina Faso à partir des données Spot, rapport CIRAD, 20 p.

Belem, M., 1991. Etude floristique et structurale des galeries forestières de la Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames. Rapport Unesco/RCS/Sahel, 92 p.

Benoit, M., 1972. La genèse d'un espace agraire mossi en pays bwa (Haute Volta). L'espace géographique, n° 4, pp 239-250.

Benoit, M., 1982. Les oiseaux du mil: Les mossis du Bwamu, Haute-Volta. Edition de l'ORSTOM, 116p

Benoit, M., 1999a. Peuplement, violence et rémanence de l'espace sauvage en Afrique de l'Ouest. Le no man's land du "W" du Niger. In "Espace, Populations, Sociétés". Université de Lille, CNRS, 29-52.

Benoit, M., 1999b. Statut et usages du sol en périphérie du parc national du "W" du Niger. Tome 4 : Peuplement et genres de vie dans le Gourma oriental avant la création du parc national du "W" du Niger (1926). IRD ex ORSTOM, Paris, Niamey, 96 p., cartes

Benoit, M., 2000. Statut et usages du sol en périphérie du parc national du “ W ” du Niger. Tome 5. Moli Haoussa et la “ zone tampon ” du parc national du “ W ” du Niger. Le cas d'un village de savane en zone protégée (réserve totale de Tamou). IRD ex ORSTOM, Orléans, 105 p., cartes.

Berque A., 1995. *Les raisons du paysage, de la Chine antique aux Environnements de synthèse.* Hazan, Paris : 190 p.

Bertrand G., 1978. Le paysage entre nature et société. *Rév. Géogr. Pyrénées et du Sud Ouest.* 49 (3), pp239-258.

Bertrand C et Bertrand G., 2000. Le géosystème : un espace temps anthropisé. Esquisse d'une temporalité environnementale in *Paysages et environnement. Les temps de l'environnement.* Presses universitaires du Mirail, Toulouse : pp65-76

Bird M.I. & Cali J.A. 1998. A million year history of fire in sub-Saharan Africa. *Nature*, 394: 767-769.

Booyesen, P. & Tainton (eds.) 1984. N.M. Ecological effects of fire in South African Ecosystems. Springer-Verlag, Berlin : 426P.

Boulvert Y. 1990. Avancée ou recul de la forêt centrafricaine : changements climatiques, influence de l'homme et notamment des feux. in : Lanfranchi R. & Schwartz D. (eds.), *Paysages quaternaires de l'Afrique centrale atlantique.* Paris, ORSTOM : pp353-366.

Bruneau J. 2000. Évolution de l'espace agricole à Bondoukuy (Ouest du Burkina Faso) entre 1990 et 1998 à partir d'images SPOT. DEA ADEn Université d'Orléans.

Brunet R et al, 1992. Les mots de la géographie, dictionnaire critique, Reclus, La Documentation française

Bruzon, V., 1990. Les savanes du nord de la Côte d'Ivoire. Mésologie et dynamique: l'herbe, le feu et le pâturage. Thèse de Doctorat de l'Université Paris VII Spécialité géomorphologie et dynamique des milieux naturels, pp 191-222.

Bruzon, V., 1994. Les pratiques du feu en Afrique subhumide, exemple des milieux savaniques de la Centrafrique et de la Côte d'Ivoire –In / Blanc-Pamard Ch & Boutrais J. A la croisée des chemins. Paris, ORSTOM : PP 147-163

Bucini G et Lambin E. F., 2002. Fire impacts on vegetation in Central Africa: a remote-sensing-based statistical analysis. In *Applied Geography* 22 pp27-48.

Burel F. Et Baudry J., 1999. Ecologie du paysage. Concepts, méthodes et applications. ED.Tec et DOC, Paris, 359p.

CESAR, J. (1990) : La production biologique des savanes de Côte d'Ivoire et son utilisation par l'Homme. IEMVT, Paris, 671p

Capron, J., 1988. Introduction à l'étude d'une société villageoise 1955-1968. Université François Rabelais de Tours. Mémoire du Laboratoire d'anthropologie et de sociologie-NII, 379p.

Da Vinci Consulting s.a, 1993. Cartographie de la végétation de la zone pilote de Sangha. République centrafricaine. Plan de développement de la région Nord. Rapport final, 25P

Defourny P, 1992, Contribution aux méthodes d'évaluation et de suivi par télédétection satellitaire de la végétation ligneuse en région soudano – sahélienne, 270P + annexes

Defourny P, 1990, Commission des Communautés Européennes DG VII- Caractérisation par les techniques de télédétection de la dynamique de la désertification à la périphérie du sahara. Deuxième phase : Evaluation de la biomasse ligneuse an zone soudano-sahélienne.79P

Dembélé, F., 1996. Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité des jachères en zone soudanienne. Nord du Mali. Cas des jeunes jachères du terroir de Missira (Cercle de Kolokani) 165 p.

Devineau, J.-L., Guillaumet, J.L., 1992. Origine, nature et conservation des milieux naturels africains: le point de vue des botanistes. *Afrique contemporaine*, 161, (numéro spécial: l'environnement en Afrique): 79-90.

Devineau, J.-L., Fournier, A., Kaloga, B., 1997. Les sols et la végétation de la région de Bondoukuy, Sud-ouest burkinabé: présentation générale et cartographie préliminaire par télédétection satellitaire (SPOT), Paris, éditions de l'ORSTOM, 117 p. + planches hors texte.

Douka M. 2001. Cartographie préliminaire de la végétation et des sols du réseau d'aires protégées du Mouhoun (ouest du Burkina Faso. Mémoire de licence de géologie, Université d'Orléans

Dolidon , H., 2001, Les paysages tropicaux d'Afrique de l'Ouest: Observation à partir des feux de brousse. Mémoire de DEA, Bordeaux, 102 p.

Dolidon H. et Ballouche A. 2003. Le suivi spatio-temporel des feux de brousse. Un outil révélateur de l'état du couvert végétal en Afrique de l'Ouest. *X^e Journées de géographie tropicale*, Orléans.

Dwyer E., J. M.C. Pereira, J-M. Grégoire, and C. C. DaCamara, 1999, Characterization of the spatio-temporal patterns of global fire activity using satellite imagery for the period April 1992 to March 1993. *Journal of Biogeography*, 27(1), 57 – 69, December 1999.

Eva H., and E.F. Lambin, 1998. Burnt area mapping in Central Africa using ATSR data, *Int. J. Remote Sensing*, 19(18), 3473-3497.

Eva H.D, J-M. Grégoire, Ph. Mayaux et D. Chevallier, 2003, Suivi des feux de végétation dans les aires protégées d'Afrique Sub-saharienne, EUR 20862 FR, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 54 pp.

Eva H., 2000. Monitoring of tropical vegetation fires and their impact on land cover, using remote sensing techniques, Dissertation Doctorale, Université Catholique de Louvain, Faculté des Sciences, Louvain La Neuve, Mai 2000, pp. 145.

Fontès, J. et Guinko, 1993. Inventaire cartographique des ressources renouvelables du Burkina Faso par télédétection In Télédétection et Cartographie, AUPELF-UREF, presses de l'université du Québec pp. 227-238.

Fournier A., 1991. Phénologie, croissance et productions végétales dans quelques savanes d'Afrique de l'Ouest. Variation selon un gradient climatique. Editions de l'ORSTOM, études et thèses, 312p.

Fournier, A., Floret, Ch. & Gnahoua G.M. 2001. Végétation des jachères et succession post-culturelle en Afrique tropicale. in Floret Ch., Pontanier R. (eds). Pp. 123-168.

Fournier, A., 2001. Unité de recherche : “ Aires protégées de l'Ouest africain : Burkina Faso, Niger, Bénin), présentation détaillée du projet scientifique, 38 p.

Fremont A, 1974. Les profondeurs des paysages géographiques, autour d'Ecouvès dans le parc naturel régional Normandie-Maine in *L'Espace Géographique*, 2, pp127-136.

Gillon D. 1983. The fire problem in tropical savannas. - *in*: Bourlière F. (Ed.), *Tropical Savannas. Ecosystems of the World*, 13 : 617-641, Amsterdam (Elsevier).

Girard, M.C. et Girard, C.M., 1999. Traitement des données de télédétection, Dunod, Paris, pp 339-360.

Gomgnibou, M., Bonou, G.B., 1996. Etude socio-économique de la situation migratoire des villages riverains de la Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames, pp. 86-99, In MEE-MESSRS, 1997, Communication à l'atelier sur la Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames, bilan des activités dix ans après sa création et perspectives, DREEF-HB/INERA, 20-21 octobre 1997, Bobo-Dioulasso.

Grégoire, J.M., 1993. Description quantitative des régimes de feux en zone soudanienne d'Afrique de l'Ouest In Sécheresse n° 1 Vol. 4, mars 1993, pp 37-45.

Grégoire J.M., et al., 2003. Caractérisation de la dynamiques des feux et de l'évolution du couvert végétal dans le parc du W: Burkina Faso, Niger et Bénin. Mission d'expertise pour l'étude des feux de brousse et leur utilisation dans le cadre d'une gestion raisonnée des aires protégées du complexe WAP, 64 p.

Grouzis M et Albergel J, Carbonnel J P., 1986. Péjoration climatique au Burkina Faso : effets sur les ressources en eaux et les productions végétales In Colloque Nordeste-Sahel IHEAL. Paris.

Gross V, 1998. Le paysage en Géographie : une aide a la compréhension des sociétés. L'exemple des paysages et des sociétés de la baie du Mont Saint Michel et de ses bordures. Thèse de doctorat. Univ. De Caen. 342p

Guinko, S., 1984. Végétation de la Haute-Volta. Thèse Doct., Sciences naturelles, Université de Bordeaux III : 2 tomes, 394 p. + annexes.

Guinko, S., 1985. Contribution à l'étude de la végétation et de la flore du Burkina faso (ex Haute Volta) : évolution et dynamique de la végétation. Annales de l'université d'Abidjan, sér.C, XXI (b), pp.25-43.

Houzard, 1994. Un point de vue pour un bilan provisoire, article in A propos des landes et des friches. Norois, t.41 164. pp 705-708, Poitiers

Kiéma, S., 2001. Conservation de la diversité biologique et utilisation pastorale. La Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames et des forêts classées de maro et du Tuy, Ouest burkinabé). Mémoire de Dea ADEn, Université d'Orléans, 112 p.

Kiéma, S., Reid., R.S. & Gardiner, A., 1998. Impact écologique de la lutte contre les glossines et le contrôle de la trypanosomose animale dans l'ouest du Burkina Faso. Centre International de Recherche –Développement en Zone Subhumide (CIRDES) Bobo-Dioulasso, International Livestock Recherche Institute (ILRI) Nairobi, 70 p.

Lambin E, 1988. Apport de la télédétection satellitaire pour l'étude des systèmes agraires et la gestion des terroirs en Afrique Occidentale. Exemples au Burkina faso. Thèse Université Catholique de Louvain.238P+ Annexes.

Le Drezen, Y. 2003. Dynamique environnementale et paysagère dans les géosystèmes des savanes ouest africaine: une tentative d'approche spatio-temporelle. Mémoire de DEA, Caen, 126 p.

Mallet B., 1987. Feux de brousse et incendies de forêts, banco. Afrique Nature, Côte d'Ivoire N°5 de mars. Pp. 10-19.

Mayaux Ph et al., 2003. « Apport des techniques spatiales pour la gestion des aires protégées en Afrique de l'Ouest ». Communication au séminaire régional sur l'Aménagement et la Gestion des Aires Protégées d'Afrique de l'Ouest Parakou, Bénin 14-19 avril 2003

Mayaux et al, 2004. A Land cover map of Africa. European Commission. 16p

Monnier Y, 1981. La poussière et la cendre. Agence de coopération culturelle et technique. Paris, 252P

Ouédraogo, R.L., 1994. Etude de la végétation aquatique et semi-aquatique de la Mare aux Hippopotames et des Mares d'Oursi et de Yomboli, Burkina Faso. Thèse de Doctorat 3ème Cycle, FAST/Université de Ouagadougou, 189 pP. + annexes + planches.

Palé F.O.K., 2000. Le rôle de l'action anthropique de la dégradation des ressources naturelles à Niaogho-Beguedo. In Berichte des-sonderforschungsberichs, 268, Band 7 Frankfurt pp 521-533.

Perlès C., 1977. Préhistoire du feu. Ed. Masson. 180p.

Petit, S., 2000. Environnement des troupeaux et usage de l'arbre chez les agropasteurs peuls de l'ouest burkinabé. Approche comparative et systématique de trois situations:

Barani, Kourouma, Ouangolodougou. Thèse de l'Université d'Orléans/Laboratoire ERMES-IRD/CIRDES/CIRAD-Forêts. Tomes 1 & 2, 528 p. + 34 fiches.

Pomel Simon., 2002. Les couvertures végétales et pédologiques de l'Afrique occidentale et centrale : une conception de Zonalité ? In *Historiens et Géographes*. pp 283-296.

Ramade, F., 1978. Eléments d'écologie appliquée : action de l'homme sur la biosphère. Paris, 631p.

Riou G. 1995. Savanes. L'herbe, l'arbre et l'homme en terres tropicales. Masson/A. Colin, Paris : 270 p.

Rougerie G et Beroutchachvili N, 1991. Géosystèmes et paysages. Bilan et méthodes. Colin, Paris. 302P.

RW-ACCT-CCE/CCR-CILSS-UCL-FSAGX, octobre 1992, méthodes de caractérisation des domaines agricoles par télédétection au Sahel, GMS-SAHEL, Proposition de projet pour la deuxième phase. Da Vinci Consulting s.a. 16p + Annexes

Savonnet G., 1962. Les régimes fonciers des populations du sud ouest de la Haute Volta (Bwa, Dagari, Wilé, Birior et Lobi) IFAN, Ouagadougou., ORSTOM Paris 43p.

Schnell, R., 1952. Végétation et flore de la région montagneuse du Nimba (Afrique occidentale française). Mémoire IFAN-Dakar, N°22. 604P.

Sournia. G., 1994. Les aires de conservations : espaces à protéger ou espaces à partager, Comment concilier l'objectif de conservation des ressources naturelles avec le développement ? In *Biodiversité : le fruit convoité*, FPH/SOLAGRAL, Coll.dossiers pour un débat n° 28, pp17-21.

Sournia, G. (éd.), 1998. Les aires protégées d'Afrique francophone. ACCT, éditions Jean-Pierre de Monza, 272 p.

Sorre, M 1958. Connaissance des paysages humains in bulletin de la société géographique de Lille. Pp 5-14.

Stroppiana D., S. Pincock , and J-M. Grégoire, 2000. The Global Fire Product: daily fire occurrence, from April 1992 to December 1993, derived from NOAA-AVHRR data, 2000, *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 21, No. 6/7, April 2000, 1279-1288.

Taïta, P., 1997. Contribution à l'étude de la flore et de la végétation de la Réserve de Biosphère de la Mare aux hippopotames, Bala, ouest du Burkina Faso. Thèse de doctorat 3^{ème} Cycle, Université de Ouagadougou, 202p.

Tersiguel P, 1993. Boho-Kari, village Bwa : les effets de la mécanisation dans l'aire cotonnière du Burkina Faso [microforme] / Philippe Tersiguel 2 microfiches ; 105 x 148 mm Thèse. : Géographie : Paris 10 : 1992

Totte M et Henquin B, 1992. Methodes de caraterisation des domaines agricoles par teledetection au sahel. Rapport intermediaire. Premiere phase. 29P + annexes

Totte M et Henquin B, 1993. Methodes de caracterisation des domaines agricoles par teledetection au sahel. Agence de Cooperation Culturelle et Technique. Rapport final. 168P

Unesco, 1989. Réserve biosphère de la Mare aux Hippopotames. Etude préalable à un aménagement de la réserve et de sa zone périphérique. ENGREF-UNESCO MAB. Fonds du patrimoine mondial, 56 p.

White F. 1983. *The vegetation of Africa*. Unesco, Paris: 356 p.

Sites Internet consultés

<http://glovis.usgs.gov/>
<http://edcimswww.cr.usgs.gov/>
[http : //www.sudoc.abes.fr](http://www.sudoc.abes.fr)
[http : //visibleearth.nasa.gov/](http://visibleearth.nasa.gov/)
<http://www.gvm.jrc.it/tem>
<http://www.ird.orleans.fr/>
<http://www.agrhymet.ne>
<http://landsat7.usgs.gov/>
<http://modis.gsfc.nasa.gov>

Références bibliographiques à lire

Bailleau, 1935. Lettre n°16 SF/B du 19 février 1935. Avant-projet de classement, réserve du Tuy, 4 p.

Bakyono, E., 1997. Peuplement d'oiseaux dans la Réserve de la Biosphère, In MEE-MESSRS, 1997, Communication à l'atelier sur la Réserve de la Biosphère de la Mare aux Hippopotames, bilan des activités dix ans après sa création et perspectives, DREEF-HB/INERA, 20-21 octobre 1997, Bobo-Dioulasso.

Barbosa P.M., J.M.C. Pereira, and J-M. Grégoire, 1998. Compositing criteria for burned area assessment using multitemporal low resolution satellite data, *Remote Sensing of Environment*, 65:38-49 (1998).

Boni N., 1962. Crépuscule des temps anciens (Chroniques du bwamu) Présence africaine, paris, 256p.

Bonn, F., et Rochon, G., 1992. Précis de télédétection: principes et méthodes. Presses de l'université du Québec, AURELF, 485 p.

C.F.D.T., 1955. Lettre du 13 avril 1955 adressée à Monsieur l'Administrateur Commandant la Subdivision de Houndé, Bobo-Dioulasso, 1 p.

Cooke, W.F et al., 1996. Seasonality of vegetation fires in Africa from remote sensing data and application to global chemistry model. *Journal of Geophysical Research*, 101, 21051-21065.

Devineau, J-L. et Zombré, P.N., 1996. Utilisation de l'indice de rougeur de Madeira pour la reconnaissance des sols de la région de Bondoukuy (Ouest burkinabé) à partir d'images satellitaires SPOT In Surveillance des sols dans l'environnement par télédétection et Système d'Information Géographique. Collection Colloque et séminaires, édition Orstom.

Fleurant C, Duschesne J et Raimbault P, 2004. An Allometric model for trees, *Journal of Theoretical Biology*, PP 137-147

Dugast S. 1999. *Bosquets sacrés et feux rituels chez les Bwaba du Burkina Faso. Eléments de comparaison avec les Bassar du Togo.* Symposium UNESCO, « Les sites sacrés naturels. », Paris, 22-25/9/1999.

Dwyer E., S. Pinnock, J-M. Grégoire, and J.M.C. Pereira, 2000, Global spatial and temporal distribution of vegetation fire as determined from satellite observations, *Int. J. of Remote Sensing*, Vol. 21, No. 6/7, April 2000, 1289-1302.

Dwyer E., 2002. An analysis of global fire distributions determined from NOAA-AVHRR data, 2002, PhD, Universidade Tecnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia, Lisboa (1999), *Publication of the European Commission*, EUR 20160 EN, p. 195.

Eva H.D., J.P. Malingreau, J-M. Grégoire, A.S. Belward, and C.T. Mutlow, 1998. The advance of burnt areas in Central Africa as detected by ERS-1 ATSR-1, *Int. J. Remote Sensing*, 1998, 19(9), 1635-1637.

Eva, H.D., and E.F. Lambin, 1998. Remote sensing of biomass burning in tropical regions: sampling issues and multisensor approach, *Remote Sensing of Environment*, 64, 292-315.

Eva H.D. & E. F. Lambin, 2000. Fires and land-cover change in the tropics: a remote sensing analysis at the landscape scale. *Journal of Biogeography* 27:765-776

Frost P. & Robertson F. 1987. Fire - the ecological effects of fire in savannas. IUBS, Oxford.

Grégoire J-M., K. Tansey, L. Boschetti, P.A. Brivio, D. Ershov, R. Fraser, D. Graetz, M. Maggi, P. Peduzzi, J.M.N. Pereira, J. Silva, A. Sousa, and D. Stroppiana, 2002. Global scale inventory of the area burnt in the year 2000. The GBA2000 dataset, *Land use and Land Cover Change (LUCC) Newsletter*, No. 8, December 2002, 13-14.

Guibert, F. 1988. Etude de l'élevage dans le développement des zones cotonnières, le Burkina Faso. Mémoire de fin d'études d'ingénieur des techniques agricoles en régions chaudes. E.I.TARC/CNEARC Montpellier IEMVT, CIRAD, 87 p.

Gumuchian, H. et al, 2000. Initiation à la recherche en géographie, aménagement, développement territorial, environnement, coll. "Les presses de l'Université de Montréal " et Anthropos, diffusion : Economica, Paris, 425 p.

Kaboré, A., 1996. Pouvoir locaux et participation villageoise à la gestion de la faune dans la région de l'Est du Burkina. Cas des zones de chasse de Namoungou, Ougarou et Pama dans la province du Gourma. Mémoire de maîtrise de sociologie à l'université de Ouagadougou, 125 p. + annexes.

Kaboré, A., 2002 La gestion villageoise de la faune à l'Est du Burkina Faso: partager les bénéfices pour conserver la ressource, rapport de stage de terrain, 35 p.

Kaboré, T.M., 1995. Les conflits et leur gestion autour des forêts classées, le cas de la forêt classée de Maro, 21 p. + annexes.

Lamotte M., 1981. Structure et fonctionnement des écosystèmes de savane de lamto (Côte d'Ivoire) In Unesco, Recherches sur les ressources naturelles, XVI, Ecosystèmes pâtures tropicaux, pp529-580, Presses Univ. de France.

MacMillan, D.E., Nana, J.B., Savadogo, K., 1993. Settlement and Development in the river Blindness control zone. World Bank Technical Paper N° 200. Series on River Blindness Control in West Africa.

Magnini S, 1997. Culture commerciale du coton et changement social dans les communautés villageoises Bwa du Burkina faso. Etude dans le département de Béréba. Vol 1. 259p Thèse, Univ. de Toulouse.

MEE-MESSRS, 1997. Rapport de l'atelier sur la réserve de la biosphère de la Mare aux Hippopotames, bilan des activités dix ans après sa création et perspectives, DREEF-HB/INERA, 106 p.

Paré L, 2001. Les délégations des droits de culture dans l'aire cotonnière du Burkina Faso, modalités et dynamiques. 59p IIED, Paris : GRET

Perez, H., 1998. Les méthodes en sociologie, l'observation. Collection Repères; 234, Editions la découverte, Paris, 124 p.

Santoir, C., 1999. Du sahel à la savane. L'expansion peule au sud de la Sirba (Gurma burkinabé). IRD, Ouagadougou, 70p

Schmitz A. 1996. Contrôle et utilisation du feu en zones arides et subhumides Africaines. Rome, FAO.

Sigaut F., 1975. L'agriculture et le feu. Ed Mouton & Co. La Hayes. Paris. 320p.

Silva J.M.N., J.F.C.L. Cadima, J.M.C. Pereira and J-M. Grégoire, 2004, Assessing the feasibility of a global model for multitemporal burned area mapping using SPOT-VEGETATION data, *International Journal of Remote Sensing*, in press, June 2004

Sournia, G., 1998. Faune et aires protégées, la dynamique des paradoxes. In Sournia, G. (éd.) p 11-14.

Stroppiana D., K. Tansey, J-M. Grégoire, and J.M.C. Pereira, 2003, An algorithm for mapping burnt areas in Australia using SPOT-VEGETATION data, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, VOL. 41, NO. 4, April 2003, 907-909.

Tansey K., J-M. Grégoire, D. Stroppiana, A. Sousa, J.M.N. Silva, J.M.C. Pereira, L. Boschetti, M. Maggi, P.A. Brivio, R. Fraser, S. Flasse, D. Ershov, E. Binaghi, D. Graetz and P. Peduzzi, 2004, Vegetation burning in the year 2000: Global burned area estimates from SPOT VEGETATION data, *Journal of Geophysical Research - Atmospheres*, VOL. 109, D14S03

Thiombiano, A., 1996: Contribution à l'étude des Combretaceae dans les formations de la région Est du Burkina Faso. Thèse de doctorat 3^{ème} cycle Univ. Ouagadougou, Burkina Faso, 220 p.

Walter H. 1979. *Vegetation und Klimazonen*. Stuttgart, Ulmer

Liste des illustrations

Liste des tableaux

Tableau 1 : Date de mise à feu selon les activités dans le nord de la Cote d'Ivoire.....	44
Tableau 2 : Pratiques rurales liées au feu : intérêts, avantages et inconvénients...	45
Tableau 3 : Fréquentation des aires protégées par les éleveurs dans l'Ouest burkinabé.....	50
Tableau 4 : Caractéristiques de quelques systèmes satellitaires.....	59
Tableau 5 : Les images Landsat MSS, TM, ETM+ disponibles en fonction des années.....	65
Tableau 6 : Les images pré sélectionnées.....	66
Tableau 7 : Exemple d'évaluation approximative du coût des sorties de terrain sur notre zone d'étude au Burkina Faso.....	87
Tableau 8 : Calendrier probable de recherche.....	88

Liste des figures

Figure 1 : Représentation du géosystème.....	14
Figure 2 : Représentation de l'écosystème.....	15
Figure 3 : Place de l'analyse des paysages dans un type d'étude moderne de l'environnement.....	20
Figure 4 : Structuration du paysage à Terwagne (Belgique).....	21
Figure 5 : La dimension verticale et horizontale du paysage.....	22
Figure 6 : Deux compositions colorées des images NOAA-AVHRR et SPOT VGT.....	62
Figure 7 : Exemple type de graphique des occurrences de feu par l'utilisation des images MODIS et TRMM VIRS.....	73
Figure 8. Nombre de feux actifs détectés par MODIS chaque 8 jours du 30 Septembre 2002 au 01 Mai 2003.....	74
Figure 9 : Surfaces brûlées dans le parc W, dérivée de l'imagerie MODIS.....	79
Figure 10 : Exemple de construction de la base de données SIG « feux ».....	80
Figure 11 : Exemple de base de données SIG superposée à une mosaïque d'images Landsat.....	81

Liste des cartes

Carte 1 : Situation de la zone d'étude.....	1
Carte 2a : Précipitations moyennes annuelles (en mm) avant 1970.....	26
Carte 2b : Précipitations moyennes annuelles (en mm) sur 30 ans de 1966-1995.....	26
Carte 3 : Territoires phytogéographiques du Burkina Faso.....	28
Carte 4 : Flux migratoire et transhumance.....	35

Table des matières

Résumé.....	2
Abstract.....	3
Remerciements.....	4
Glossaire des sigles.....	5
Sommaire.....	6
Introduction générale.....	8
 Première Partie : Etat des connaissances sur la question.....	 13
<i>Les modifications paysagères et les feux de brousse dans l'ouest burkinabé : une approche systémique</i>	
Chapitre I- Les géosystèmes et les paysages : concepts et définitions.....	13
1- Le géosystème et l'écosystème : quelles nuances.....	13
2- Les paysages : questions de terminologie.....	15
2-1 Les paysages : des définitions à l'évolution du concept.....	15
2-2 Des méthodes et des schémas pour la compréhension du paysage en géographie....	19
3- Les paysages savanes : productions anthropiques ?.....	22
 Chapitre II- Les dynamiques environnementales dans l'ouest burkinabé.....	 25
1- Les conditions climatiques.....	25
2- Les sols dans l'Ouest du Burkina Faso.....	26
2-1 Les sols minéraux bruts et les sols peu évolués.....	27
2-2 Les sols ferrugineux tropicaux lessivés.....	27
2-3 Les sols hydromorphes.....	27
3- La végétation et la faune.....	27
3-1 La végétation dans l'ouest du Burkina Faso.....	27
3-1-1 Les végétations des aires protégées ou peu perturbées.....	29
3-1-2 La végétation des zones humides et des cours d'eau.....	29
3-1-3 La végétation des zones cultivées et des jachères.....	30
3-1-4 Les formations végétales sur sols cuirassés et gravillonnaires.....	30
3-2 La Faune Ouest burkinabé.....	31
3-2-1 L'action des herbivores.....	31
3-2-2 Les fouisseurs et les terricoles.....	32
3-2-3 Les termites, les oiseaux et les autres animaux.....	32
 Chapitre III- Les savanes : des milieux investis par les sociétés.....	 33
1- Les mutations des sociétés et des espaces ruraux ouest burkinabés.....	33
1.1- Les villages autochtones et l'organisation spatiale des paysages.....	33
1-1-1 Les autochtones bobo et bwaba.....	33
1-1-2 L'organisation spatiale ancienne et nouvelle.....	34
1.2- Les migrations et les transformations socio économiques.....	34
1-2-1 Les migration : causes de la saturation spatiale ?.....	35
1-2-1-1- Les migrations agricoles.....	36

1-2-1-2 Les pasteurs venus du sahel.....	37
1-2-2 Les transformations socio économiques et leurs impacts paysagers.....	37
1-2-2-1 Les mutations des systèmes et méthodes de cultures.....	37
-du système vivrier à une intensification des cultures de rentes.....	37
-le succès de la mécanisation et l'accroissement des surfaces exploitées.....	37
1-2-2-2 Les transformations des modes de vie et de consommation.....	38
2-Les feux de brousse comme élément majeur dans la dynamique paysagère des savanes ouest burkinabé.....	39
2-1 La propagation et les types de feu de brousse.....	39
2-1-1 La propagation des feux.....	39
2-1-2 Les types de feux suivant leur période d'apparition.....	40
2-1-3 Les types de feu suivant la végétation incendiée.....	40
2.2- Les caractéristiques des feux de brousse en rapport avec les activités socio économiques.....	41
3-Les aires protégées et leurs places dans l'organisation du paysage.....	46
3.1- Les objectifs de mise en protection et les statuts.....	46
3.2- Les conséquences du statut de protection.....	47
3.2.1- Les perceptions et les utilisations des aires protégées.....	47
3-2-1-1 La perception et la conception des différents acteurs.....	47
3-2-1-2 L'utilisation des aires protégées.....	49

Deuxième partie : Acquis préliminaires et états d'hypothèses.....52

La mosaïque paysagère et les feux de brousse

1-Introduction.....	53
2-Hypothèses scientifiques.....	53
Chapitre I : Les outils de télédétection.....	56
1- Les justifications du choix de l'outil et contribution de la télédétection.....	56
1-1- Les arguments scientifiques et techniques.....	56
1-2- Le coût humain et financier.....	57
2- La disponibilité et l'accessibilité des images	57
3- Les limites et le choix des images.....	61
3-3 Les contraintes des données images.....	61
3-1-1 Les résolutions.....	61
3-1-1-1 La résolution spatiale.....	61
3-1-1-2 La résolution temporelle.....	61
3-1-2 La fréquence des observations et l'heure de passage du satellite.....	61
3-4 Le choix des images.....	62
3-5 Conclusion.....	63
Chapitre II : Approche méthodologique.....	64
1-La cartographie des paysages.....	64
1-1- Les informations à rechercher.....	64
1-2-Le matériel expérimental : possibilités et contraintes.....	64

1-3- Les possibilités et les contraintes.....	64
1-4- Le protocole expérimental.....	68
1-4-4- La correction géométrique.....	68
1-4-5- La corrections radiométriques.....	68
1-4-6- La phase de traitement.....	68
1-4-6-1- Les compositions colorées.....	68
1-4-6-2- Les classifications.....	68
2- Le suivi des feux actifs.....	69
2-1 Les informations recherchées.....	69
2-2 le matériel expérimental.....	69
2-2-1 Les données.....	69
2-2-1-1- Disponibilités et périodes couvertes.....	70
2-2-1-2- Résolution et localisation spatiale.....	71
2-2-1-3- Fréquence d'acquisition et heure d'acquisition.....	71
2-2-2 Les possibilités et les contraintes de nos données images.....	71
2-2-2-1- Les occurrences de feux.....	71
2-2-2-2- La saisonnalité des feux.....	73
2-3 Le protocole expérimental.....	74
3- Les surfaces brûlées.....	75
3-1 Les informations recherchées.....	75
3-2 Le matériel expérimental.....	75
3-2-1 Les données : disponibilités et périodes couvertes.....	75
3-2-2 La fréquence d'acquisition et la résolution.....	76
3-2-3 Les possibilités et les contraintes.....	77
3-3 Le protocole expérimental.....	78
3-3-1 Le pré traitement.....	81
3-3-2 Les compositions colorées.....	81
3-3-3 Les classifications.....	81
4- Autres sources d'informations.....	82
4-1- Les sorties et enquêtes de terrain.....	82
4-2- Les statistiques agricoles et les archives, les cartes.....	83
 Troisième partie : Des aspects organisationnels de la thèse.....	 84
1-Présentation.....	85
2- Ressources humaines et moyens matériels.....	86
3- Calendrier probable des années de thèse.....	88
3-1 La phase I ou Phase de cartographie.....	88
3-2 La phase II ou phase d'analyse.....	89
3-3 La phase III ou phase de terrain.....	89
4- A quoi peuvent servir nos résultats de thèse ?.....	90
 Conclusion générale.....	 92
Références bibliographiques.....	94
Table des illustrations.....	106
Table des matières.....	107

Résumé

Plusieurs travaux s'accordent de nos jours pour dire que les feux de brousses seraient le principal facteur de façonnement et de maintien des paysages de savane (MONNIER, 1981,1990, CESAR 1990, FOURNIER, 1991, BALLOUCHE 2002,...). Le feu constitue un élément fondamental dans les transformations des paysages des savanes Ouest Africain depuis des millénaires. Bien que certains auteurs (LEBRUN,1947 ; PERLES, 1977...) attestent l'existence de feux « naturels » (avant l'arrivée des hommes), ce sont les populations des savanes qui allument les feux depuis bien longtemps et décident de leur rythme en fonction de leurs activités et de leurs croyances (MONNIER, 1981,1990 ; AUBREVILLE 1949, BRUZON 1994...).

Or, de nos jours, les paysages Ouest burkinabé tout comme ceux de l'Afrique de l'Ouest, se transforment sous l'effet d'une mise en culture généralisée et d'un pâturage extensif de plus en plus intensives. Seules les aires protégées, par divers statuts administratifs conservent par endroits des paysages proches de la brousse d'antan. Dans ces milieux en mosaïque, le régime et le rôle du feu se modifie ainsi que ses pratiques par les hommes également.

Dans les géosystèmes de savanes typiques, il existe une relation syngénétique entre le régime de feu et le type de paysage rencontré. Pour appréhender les transformations paysagères à partir des feux et pour bien comprendre l'effet de ceux ci sur la végétation ainsi que la maîtrise qu'en ont les populations, il est nécessaire de connaître le régime des feux (saisonnalité, l'extension précise, la morphologie...) sur des espaces de la taille d'un terroir ou d'une aire protégée.

Des données sont disponibles à très petits échelles (régime des feux sur l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest ou sur des pays entiers) ou à très grandes échelles (effet des feux sur des parcelles expérimentales, saisonnalité des feux en des points précis). Faute d'outils d'analyse adaptés, il n'existe en revanche jusqu'à présent pas de données sur la saisonnalité et l'étendue des feux à cette échelle, celle qui permet de faire le lien avec les pratiques des sociétés. L'étude doit permettre à partir des images satellitaires et des enquêtes de terrain, de s'appuyer sur les feux pour exprimer les dynamiques paysagères, et par ricochet, comprendre les pratiques des populations.

***Mots clés :** Burkina Faso, Dynamiques, paysages, savane, feux de brousse, aires protégées, images satellitaires*