

Organisation spatio-temporelle des feux de brousse. Approche comparative au Burkina Faso

Sébastien Caillault*, **Aziz Ballouche****, **Daniel Delahaye***

*Laboratoire Géophen, UMR 6554 LETG, CNRS/Université de Caen Basse-Normandie
Esplanade de la Paix, 14032 Caen cedex 18, France
sebastien.caillault@unicaen.fr

**Laboratoire d'Études Environnementales des Systèmes Anthropisés, Université d'Angers
2 Boulevard Lavoisier, 49045 Angers cedex 1, France

MOTS - CLÉS

Feux de brousse
Analyse spatiale
Gestion des espaces

RÉSUMÉ

Les feux de brousse en Afrique sub-saharienne sont le plus souvent considérés comme des aléas néfastes pour l'environnement. Pourtant il est maintenant avéré qu'ils participent, dans ces espaces tropicaux, à la structuration de la végétation des savanes. Loin d'être aléatoires, ces feux sont même intégrés dans le rythme de la vie sociale des populations. L'objet de ce travail est alors de mettre en évidence cette « gestion » des espaces de feu en étudiant leurs dynamiques spatiales et temporelles. Deux sites d'études au Burkina Faso ont été retenus pour la démonstration. Les résultats montrent que non seulement ces phénomènes ne sont pas ponctuels et aléatoires mais qu'ils s'organisent aussi de manière quasi déterministe. Cette dynamique des feux est alors interprétée comme le reflet de modes de gestion différenciés entre les zones rurales et les zones dédiées à la protection de la nature (aires protégées).

KEY WORDS

Bush fires
Spatial analysis
Landscape
management

ABSTRACT

Spatial organization of bush fires. Comparative approach in Burkina Faso

Generally, bush fires in the sub-Saharan Africa are considered as threats for the environment. Nonetheless, since several years, we know that these noxious hazards strongly structure the savanna vegetation in such tropical areas. Bush fires are not only random fires; they have also a dominant place in social life of local population. Hence, the purpose of this paper is to shed light on the management of these hazards and we specifically focus our attention on their spatial and temporal dynamics. Results obtained on two study sites chosen in Burkina Faso show that bush fires do not present random dynamics but determinist patterns. We can interpret such evolution as the mirror of various management carried out in rural areas or in territories where nature is preserved (protected areas).

1. Introduction

Les feux de brousse en Afrique sub-saharienne sont régulièrement classés parmi les agents de la dégradation de l'environnement. Ils sont décrits comme des phénomènes nuisibles, catastrophiques, surgissant

de manière aléatoire dans l'espace et le temps. En accord avec cette perception, les politiques coloniales ont tenté de faire disparaître les feux de brousse quelles que soient les régions concernées (Laris et Wardell, 2006). Dans les faits, la situation est plus complexe qu'il n'y paraît. Ces feux ne sont pas que nuisibles car ils remplissent diverses fonctions pour les populations locales : chasse, nettoyage des champs, brûlis, rites

(Bruzon, 1994 ; Dugast, 2008). De la même manière la dangerosité du phénomène est toute relative : il s'agit de feux rampants sans risque pour les personnes. Ils ne sont pas nuisibles pour les activités car ils ne touchent

pas les espaces de cultures ou les villages et s'éteignent au contact des espaces dénudés (chemin, bords de champs, espaces habités...) (figure 1).



Figure 1. Feux de brousse dans un parc arboré

Récemment, beaucoup d'études se sont focalisées sur la détection des feux et sur leur régime en lien avec l'occupation du sol (Bucini et Lambin, 2002 ; Clerici *et al.*, 2007 ; Devineau *et al.*, 2009). Ces études des relations feu/couvert végétal sont fondamentales ; toutefois d'autres aspects méritent d'être analysés. Les nouvelles politiques environnementales tendent à accepter les « bons feux », c'est-à-dire les feux qui brûlent en début de saison sèche et qui sont considérés comme moins nocifs pour le couvert végétal (Laris et Wardell, 2006 ; Diébré, 2007). Pour alimenter ce débat, il est alors important d'analyser plus finement la dynamique des feux (Bassett et Crummey, 2003 ; Laris, 2005), ce que propose de faire cette étude. Contrairement aux images catastrophistes montrant le feu comme anarchique, l'hypothèse est que le feu est avant tout un phénomène obéissant à des paramètres structurants forts tels que la disponibilité de la végétation combustible ou bien à des règles sociales de mises à feu.

2. Terrain d'étude

Pour aborder ces questions, nous avons comparé deux régions du Burkina Faso dans un contexte bioclimatique similaire : les savanes soudaniennes. Elles présentent une variabilité importantes des facteurs pouvant affecter les régimes de feu (figure 2) : densité de population, élevage, agriculture (Bruzon, 1994 ; Dolidon 2005).

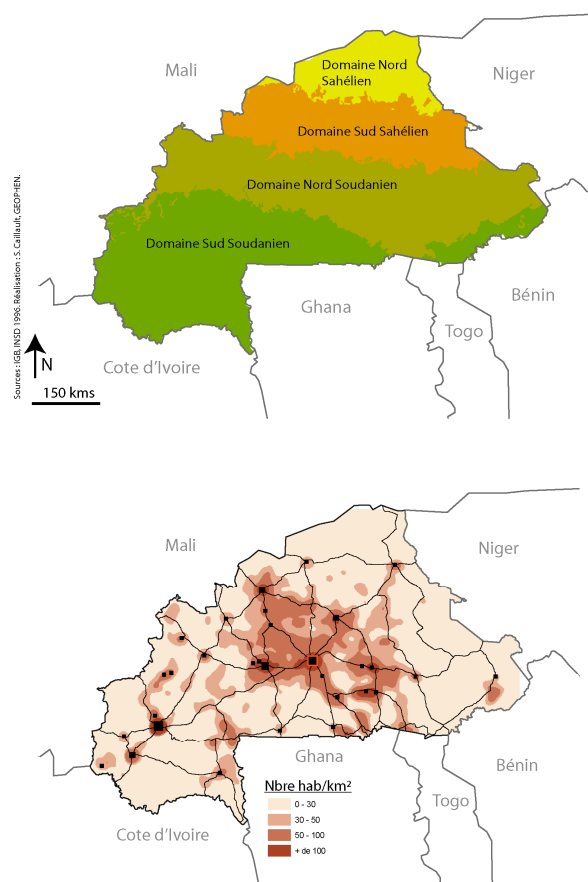


Figure 2. Les déterminants des feux : domaines biogéographiques (en haut) et densité de la population (en bas) du Burkina Faso

À l'Est du pays, il s'agit d'une région (160 × 150 km) principalement caractérisée par une faible densité de population (env. 15 hab/km²), des cheptels importants et de grandes aires protégées (Parc inter-nations du W, réserve nationale du Singou...). L'autre espace à l'Ouest (160 × 150 km), est une région économique majeure caractérisée par une importante intensification agricole opérée dans les années 1980 sous l'impulsion de la culture cotonnière (Totté *et al.*, 1995 ; Tallet, 2007). Fortement bouleversée en 40 ans, cette région est passée du stade de la « grande brousse » à celui de l'espace agricole fortement peuplé (env. 45 hab/km²). Il faut néanmoins noter quelques zones protégées présentes le long des vallées (Réserve des Deux Balés et forêts classées...).

3. Méthodologie et données

Pour analyser la dynamique des feux de brousse, nous avons utilisé les données de feux actifs Modis (Giglio, *et al.*, 2003). Ces données sont choisies car elles permettent d'aborder la question du rythme des feux sans pour autant délaisser l'espace. Elles se caractérisent par une longue série de données constituée quotidiennement (données journalières pendant 4 ans) avec une résolution de 1 km (figure 3). Les feux sont détectés automatiquement à partir d'un canal thermique de Modis. Une fois extraits, ces points de feux actifs sont classés sur une échelle de fiabilité de 1 à 100. Pour notre étude nous avons uniquement gardé les points dont la valeur était supérieure à 30 afin d'établir une base ne contenant que les points de feu avérés. Cette base de données est alors intégrée sous un logiciel SIG aboutissant à un recensement de 90 000 points (de septembre 2003 à mai 2006) de feux actifs géo-référencés et classés par saison mais aussi par ordre d'apparition dans chaque saison sur l'ensemble du Burkina Faso.

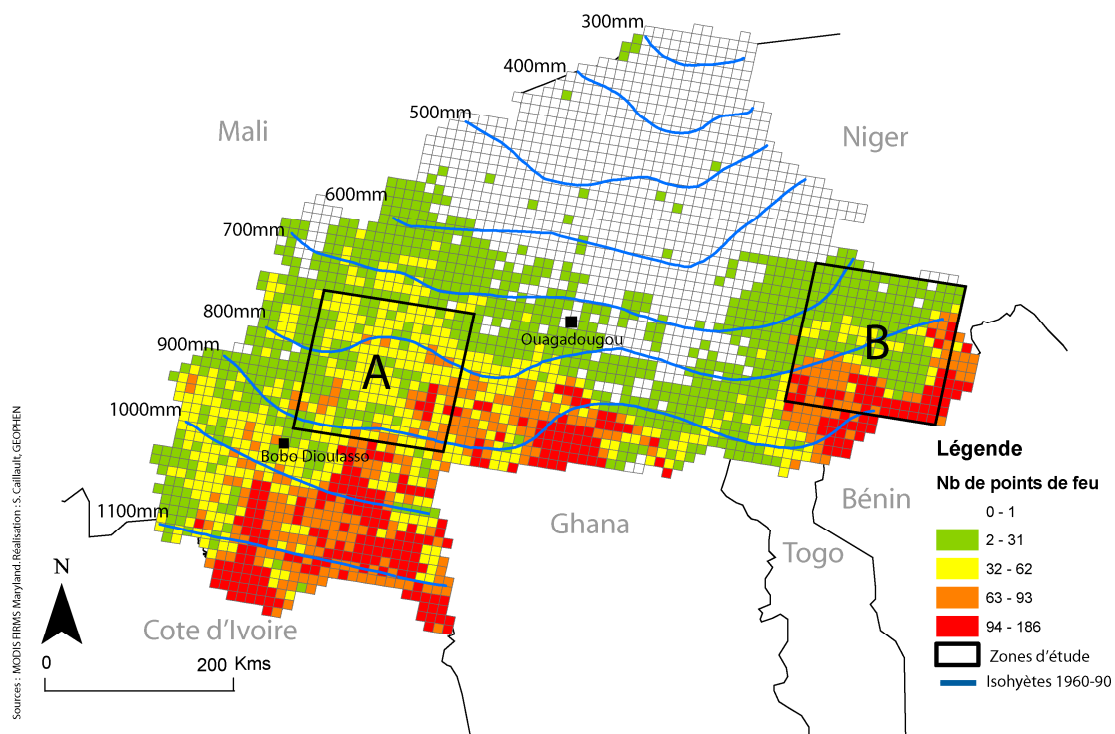


Figure 3. Organisation des feux de brousse au Burkina Faso
Saisons 2003/04 à 2006/07. Cadre A : zone Ouest ; cadre B : zone Est de l'étude

Une première lecture des résultats permet de montrer que les deux zones choisies ont un nombre de points de feu similaire (10351 à l'Ouest ; 10581 à l'Est). Ces zones apparaissent donc comme deux entités comparables. Toutefois, chaque région présente un type de courbe d'apparition des feux particulier (figure 4). À l'est il s'agit d'une courbe avec un pic bien marqué entre les rangs 30 à 50 puis une activité des feux faible. À l'ouest, la fin de saison est marquée par un nombre de feu très faible mais l'activité de début de saison est plus floue, aucun pic ne se dégage. Il faut noter que la structure de

la courbe se répète chaque année pour les deux régions. Nous pouvons voir que la saison 2004 se démarque (pic ou décalage par rapport aux autres années), ceci est imputable à une saison pluvieuse particulièrement humide sur l'ensemble du Burkina Faso.

Si une lecture générale des courbes de temps et de la structure régionale des feux peut être établie distinctement, les liens entre ces deux dimensions ne sont pas établis. Il nous est alors apparu essentiel d'explorer cette question en reliant les méthodes et les questions

amenées par la thématique des feux en géographie. La détection des feux par les satellites pose indirectement la question de la mise à feu des espaces par des individus pour des usages et des conditions de mises à feux variés. La question peut alors se tourner sur les relations entre ces mises à feux. Existe-t-il des interactions entre ces mises à feux par les habitants ? Dans cette démarche nous ne cherchons pas à décrire et à démontrer une loi générale des données, mais plutôt à comprendre comment l'espace et/ou les individus statistiques produisent des régularités/irrégularités par rapport à une règle globale. Prendre en compte l'espace nous conduit vers une démarche qui doit permettre de cartographier des irrégularités car la localisation de ces individus nous informe ensuite sur la nature des processus en action. En effet, des feux peuvent « sortir » d'un modèle spatio-temporel pour des raisons spatiales (les feux sont dépendant de la biomasse combustible) ou pour des raisons sociales (des pratiques du feu variées dues aux ethnies, à des gestions de territoires différentes...). En posant cette question nous nous plaçons alors dans une approche d'analyse spatiale exploratoire des données (Banos, 2003) cherchant à révéler ce qui relève de processus généraux et/ou de processus singuliers au sujet de la structuration d'un semis de points de feu dans l'espace et le temps.

Tester des organisations spatio-temporelles peut se réaliser avec des approches telles que test de Knox ou le test de Mantel (Zaninetti, 2007). Ce dernier se construit avec une matrice de distance tandis que l'indice de Moran (autocorrélation spatiale) se calcule à partir d'une matrice de voisinage. Cette nuance méthodologique justifie notre choix de l'autocorrélation spatiale car elle propose dans sa conception une plus grande proximité entre méthode et problématique géographique (interaction spatiale, échelles). Enfin, depuis les travaux de Luc Anselin (Anselin, 1995), cette notion a trouvé une filiation et une application gratuite avec le logiciel GEODA. Celui-ci permet de calculer l'indice global de Moran et sa décomposition en indicateurs locaux d'association spatiale (LISA) (Anselin, 2003). Ce logiciel (gratuit et didactique) se révèle intéressant notamment pour le calcul de l'indice de Moran qui implique une construction logique : standardisation de la variable à étudier, construction de la matrice de voisinage standardisée en ligne (pondération du poids des individus dans le voisinage), calcul de l'indice de Moran et enfin décomposition en LISA. Remarquons que cet outil propose en plus une interaction intuitive entre les cartes produites et les données (technique du « brushing »).

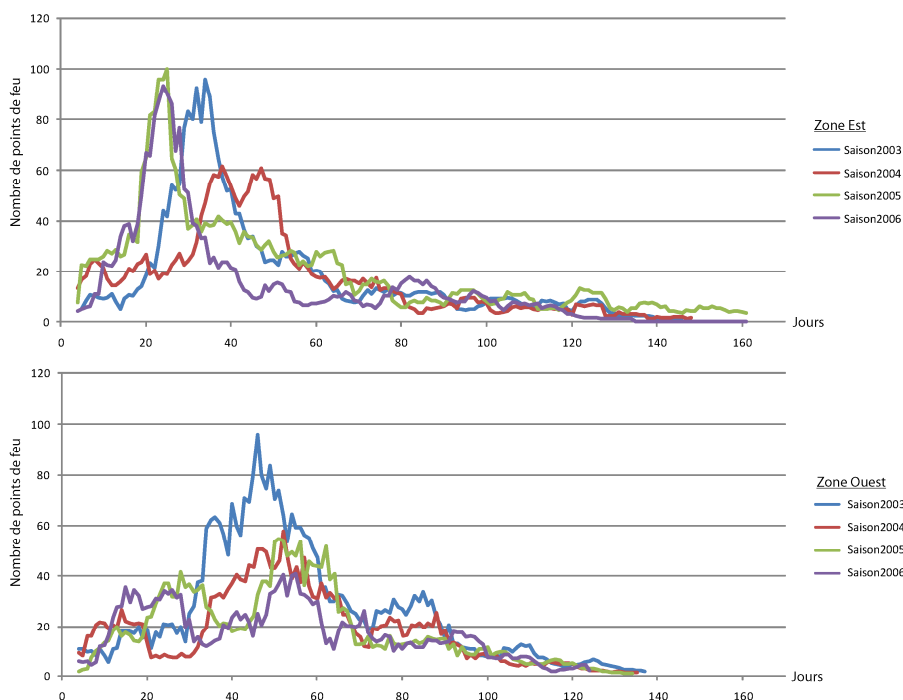


Figure 4. Moyennes mobiles ($j - 5 / j + 5$) des points de feux journaliers pour les quatre saisons étudiées

Au final, l'autocorrélation spatiale réalisée sur la variable de temps (rang d'apparition des feux) nous permet une approche de l'organisation spatio-temporelle des feux. Elle propose de mesurer les effets de voisinage et ainsi de comprendre si les feux proches dans le temps le sont aussi dans l'espace. Le caractère

anarchique des feux devrait se matérialiser par une absence de relation de voisinage : chaque point de feu est allumé indépendamment de ces voisins. À l'inverse, si une relation existe nous pouvons alors chercher à comprendre pour quel voisinage cette relation est la plus forte. Enfin, une cartographie des feux tardifs /

feux précoces pour chaque saison a été établie grâce aux LISA. Ces derniers permettent la visualisation des espaces concernés par les feux précoces (proximité spatiale et temporelle des feux brûlant en début de série) et les feux tardifs (proximité spatiale et temporelle des feux brûlant en fin de série). Une fois les interactions locales et globales mises en évidence nous cherchons à relier ces points chauds (Hot spot) dans une discussion à l'aide d'une mesure de centralité (centre de gravité sur fenêtre mobile de temps).

4. Résultats

4.1. Résultats statistiques : autocorrélation globale

Nous observons que l'indice de Moran sur le rang d'apparition des points de feu est positif chaque année (figure 5). Cela nous indique qu'une corrélation existe entre les espaces où sont déclenchés les feux et leur

moment d'action. Les feux pour les deux régions ne brûlent donc pas au hasard. Cette notion d'autocorrélation positive se structure selon la distance pour les deux régions. En effet, pour des distances inférieures à 1500 m la relation est faible, elle atteint son maximum pour les distances comprises entre 2000 et 3000 m puis diminue progressivement jusqu'à 15 km. La faible relation avant 1800 m s'explique par la résolution du capteur qui est de 1 km (peu de feu présente un autre feu déclaré dans un rayon de 1800 m). Pour les voisinages compris entre 2 et 3 km, l'indice est supérieur à 0,40 ce qui montre une forte relation de voisinage. Pour les distances supérieures à 3 km l'indice de Moran diminue mais reste positif. Concrètement cela signifie que plus la distance entre les points est élevée plus l'écart de temps entre les feux est important. Les feux ne sont pas allumés au hasard en tout point de l'espace régional, il s'agit de petites régions qui brûlent une à une pendant la saison sèche. Le déclenchement des feux de brousse est donc un processus structuré localement et régionalement.

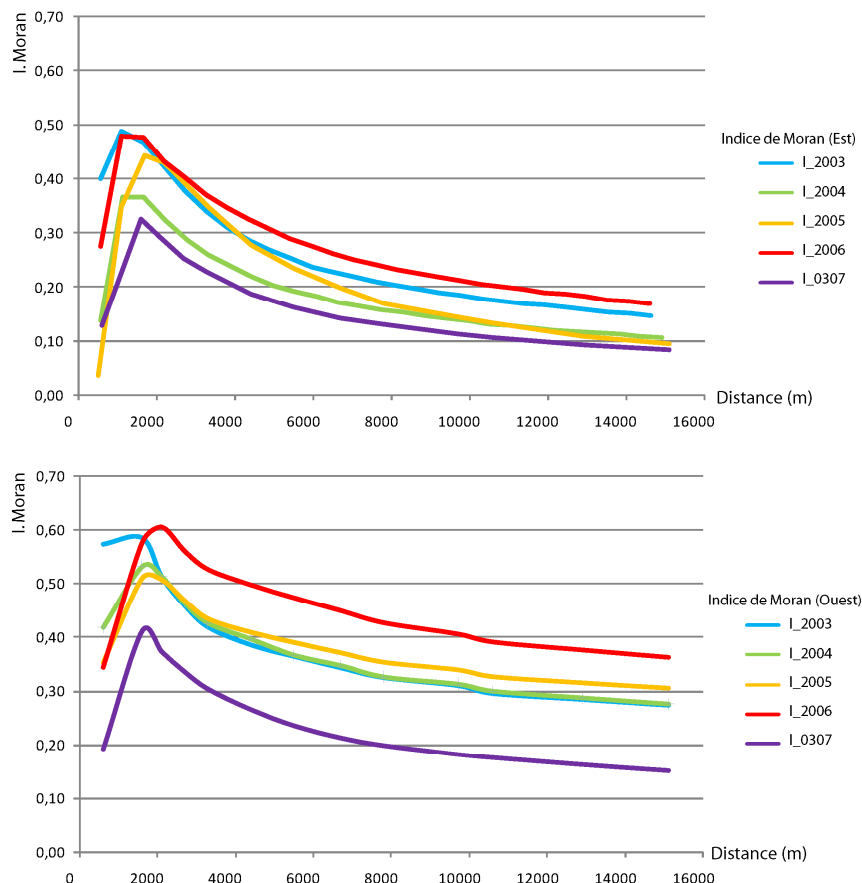


Figure 5. Corrélogramme de Moran pour les deux régions étudiées

Cette structuration n'est pas épisodique puisqu'elle se répète chaque année et qu'elle est présente dans les deux régions. En fusionnant les quatre années de données (indice I_0307 sur la figure 4), nous voyons que l'indice global suit le même comportement et

indique donc une répétition d'un pattern régional spatio temporel des feux. Cette indication montre alors l'existence d'une dynamique annuelle des feux fortement structurée dans l'espace et le temps. Cette étape statistique ne nous renseigne cependant pas sur

les espaces concernés par cette dynamique des feux. Cette étape se fait par l'utilisation des LISA, ces indicateurs permettent en effet d'observer la contribution individuelle des points à l'indice global de Moran. En passant au niveau individuel des points, cette phase permet alors d'établir une cartographie des points en fonction de leur contribution par rapport à la moyenne des contributions des autres points.

4.2. Résultats cartographiques : indices locaux d'association spatiale

Grâce à l'utilisation des LISA, nous voyons comment l'indice global de Moran se décompose et se matérialise dans les deux régions. En conservant les autocorrélations positives des valeurs élevées (feux tardifs en rouge) et des valeurs faibles (feux précoces en bleus) significatives (figures 6 et 7), nous localisons les points de feux tardifs et précoces (Oliveau, 2004).

Pour la zone Est, la grande partie des feux dans les aires protégées brûlent de manière très précoce tandis que les zones rurales le long de la vallée de la Tapoa brûlent plus tardivement.

Pour la zone Ouest, les feux tardifs et précoces se divisent selon une diagonale NO/SE. Pour la partie à l'ouest de la diagonale, ce sont des feux précoces brûlant le long de la vallée du Mouhoun et principalement dans les aires protégées. Les feux tardifs se limitent aux zones rurales ou aux vallées marécageuses.

Ces analyses statistiques et résultats cartographiques peuvent être résumés par une mesure de centralité (figure 8) : le trajet du centre moyen. Celui-ci réalisé sur une fenêtre mobile (200 individus) permet de comprendre la répétitivité du mouvement général des feux chaque année. Les trajets annuels de ces centres de gravité confirment alors la régularité des feux et leur localisation régionale tout au long de la saison sèche.

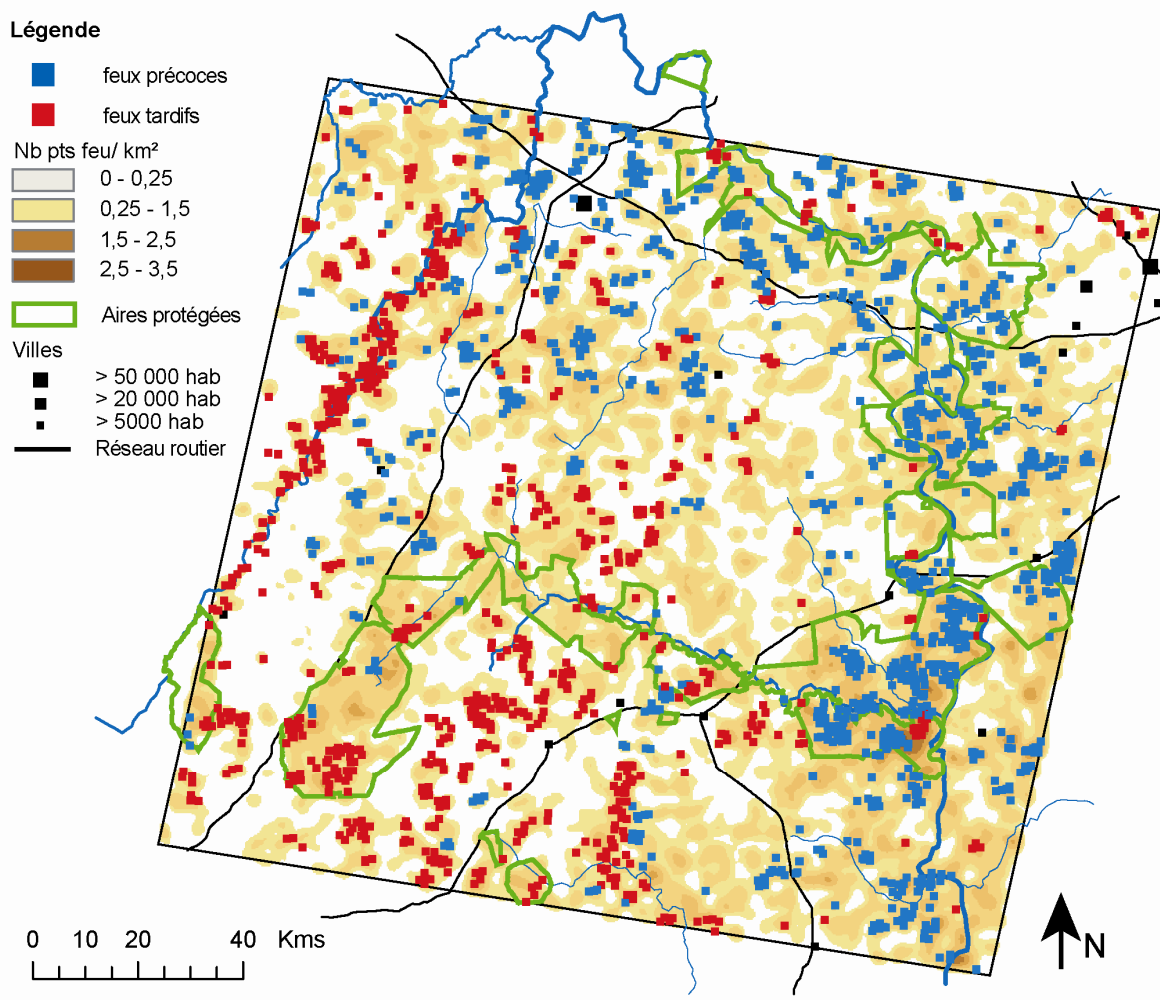


Figure 6. Organisation des feux de brousse dans la zone Ouest

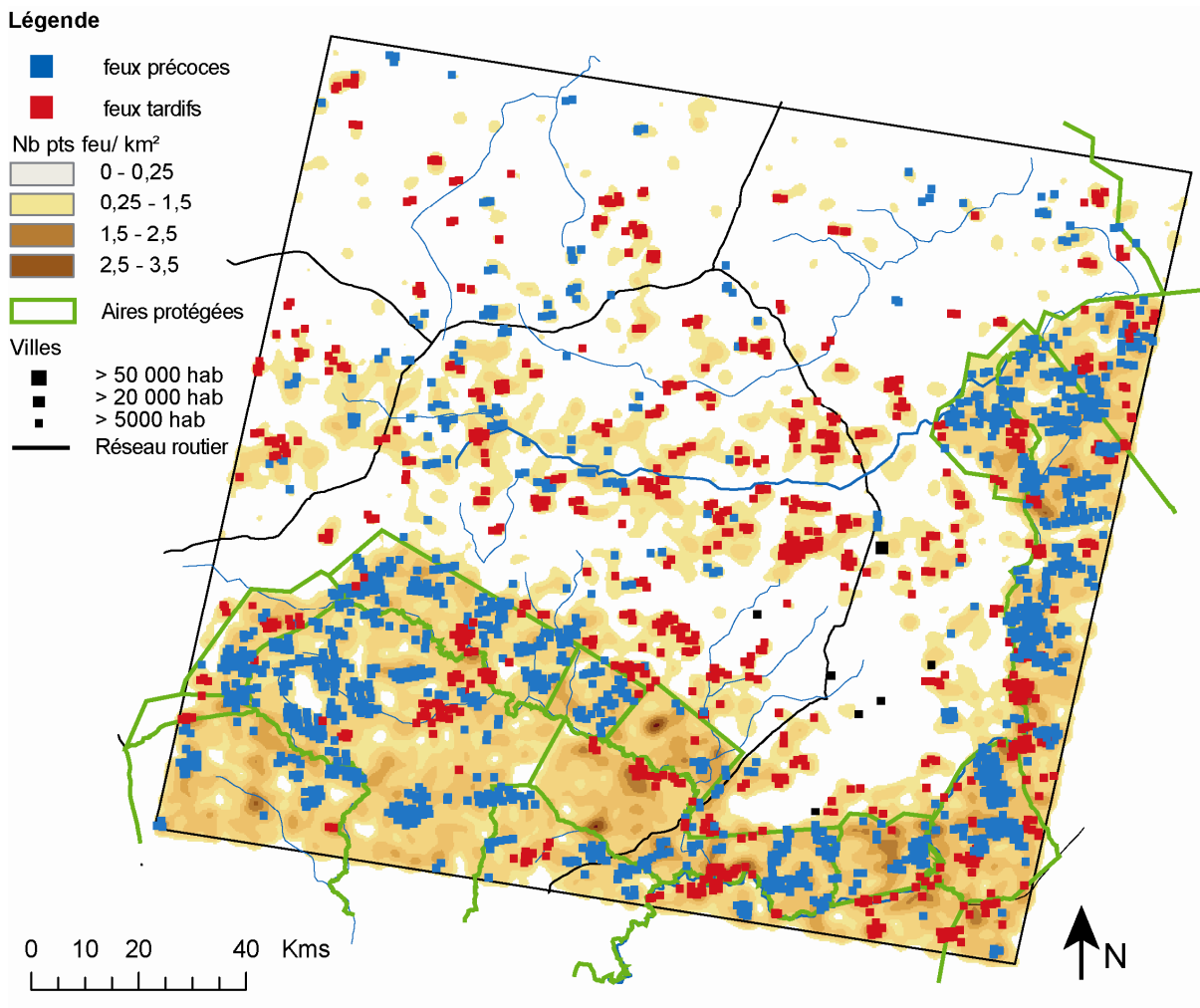


Figure 7. Organisation des feux de brousse dans la zone Est

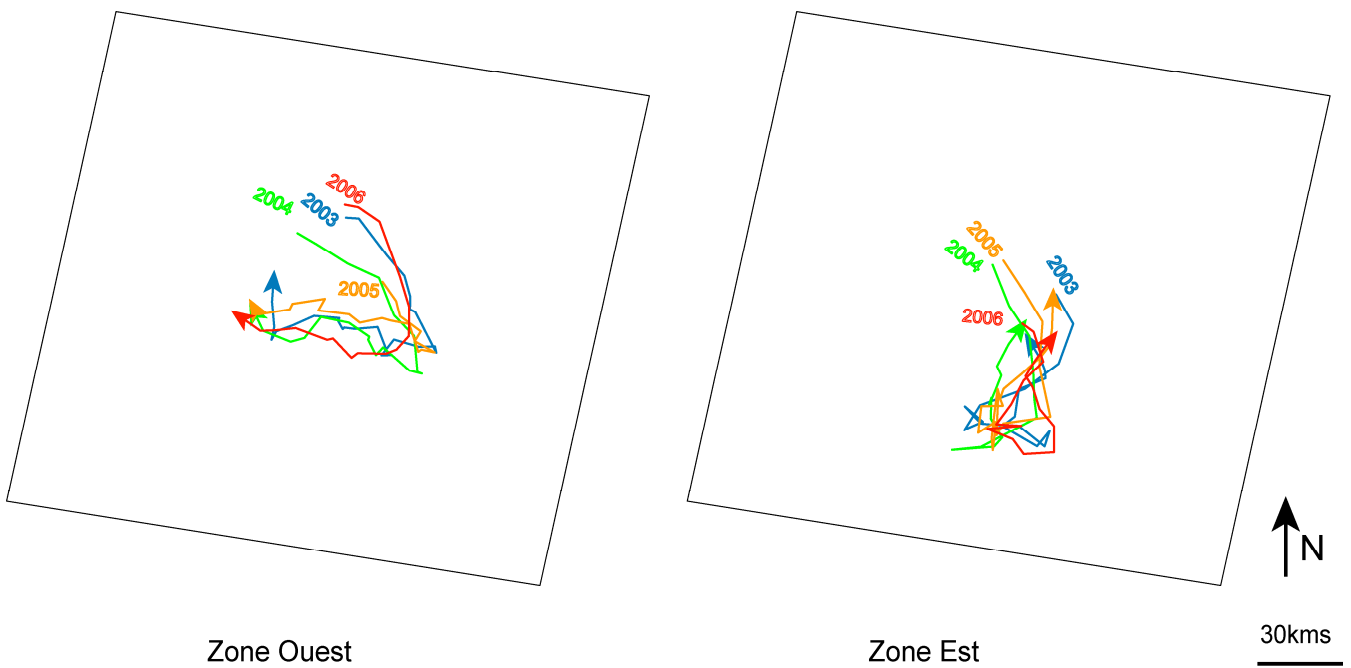


Figure 8. Trajets des centres de gravité des feux de brousse par saison

5. Discussion

Apport méthodologique : autocorrélation sur le rang d'apparition des feux

L'entrée par le temps avec une résolution journalière présente plusieurs avantages. En premier lieu, le classement en rang d'apparition (qui élimine les jours sans donnée : nuages, incidents du capteur...) montre déjà un phénomène ordonné à l'Ouest comme à l'Est. Cette structuration temporelle se lit aussi dans un schéma spatial où la zone Est présente une très forte dichotomie entre les espaces protégés du Sud et les zones plus au Nord où les feux sont peu présents. À l'Ouest, en raison des petites aires protégées dispersées, cette dichotomie ne semble pas exister puisque nous observons plutôt une mosaïque d'espaces de feu (figures 6 et 7).

Cette relation entre le pattern temporel et le pattern spatial, jusque là descriptive, a été quantifiée par l'introduction de l'autocorrélation spatiale. Cela nous a permis de vérifier l'existence d'une dynamique régulière des feux de brousse dans les deux régions. Ainsi, l'indice de Moran positif sur la variable de rang nous indique que les feux ne brûlent pas au hasard dans l'espace régional. Si le fait que les feux ne brûlent que certains espaces se comprend aisément (espaces combustibles ou non), le lien avec le moment de mise à feu nous apporte d'autres clés de lecture pour comprendre la pratique de ces feux. En effet, la mise à feu des espaces semble ordonnée pour les quatre saisons sèches étudiées.

Les feux de brousse : processus spatial régional/local ?

Si la pratique et la gestion des feux ne sont pas dues au hasard, nous pouvons affirmer grâce au corrélogramme de Moran que cette relation est plus forte pour les voisinages compris entre 2 et 3 km. La mise à feu répond donc à des règles locales témoignant à la fois de contraintes naturelles (feu possible par la présence de biomasse) mais aussi des pratiques gérées localement (Kull, 2004). Ces premiers résultats sont donc contraires à l'hypothèse de mises à feu individuelles non ordonnées. Au-delà de la maîtrise locale du feu ces résultats peuvent également révéler un effet de front c'est d'ailleurs ce que peut laisser supposer le trajet unidirectionnel des centres de gravités.

L'idée des feux agissant comme un facteur climatique (Aubreville, 1950) pourrait alors être une explication. En effet, dans la perspective d'une exploitation forestière, l'empire colonial voyait les feux comme un fléau guidé par le climat. Les feux et le climat étaient donc des éléments décrits comme nuisibles car ils empêchaient le développement des arbres potentiellement exploitables. Cette idée pourrait en effet, permettre une liaison entre processus local (Indice de

Moran) et une diffusion régionale (trajets des centres de gravité).

Pourtant ce que nous montre la localisation des feux tardifs et précoces est tout autre. En choisissant une approche partant du local pour aller vers le global nous avons montré l'existence de plusieurs foyers de feux distincts (LISA). En effet, à l'échelle régionale, les feux ne sont pas répartis Nord/Sud, comme devrait le laisser supposer une hypothèse climatique en zone soudanienne. Ces derniers se répartissent selon d'autres logiques. La localisation des feux précoces et tardifs se fait chaque année de la même manière. Par exemple, dans la forêt classée de Tiogo, la présence exclusive de feux précoces est très visible pour les quatre années d'étude.

Si l'hypothèse climatique est rejetée à l'échelle régionale, existe-t-il des logiques communes aux deux régions pour expliquer ces régularités saisonnières et interannuelles des feux ?

Quelles explications ?

Importance des aires protégées

Un des points communs aux deux régions est la très forte densité des feux dans les aires protégées. Les aires protégées sans agriculture en zone soudanienne présentent un couvert végétal dense et continu. Les feux même avec peu de points de départ peuvent couvrir de larges étendues. Quant à la période précoce de la mise à feu, elle se comprend à la lecture des nouveaux usages et des nouveaux enjeux dans ces zones protégées. Selon leur nouvelle acception de « mal nécessaire » (Laris et Wardell, 2006), les feux doivent désormais être précoces pour plusieurs raisons. La première raison est utilitariste, ces feux forment des pare-feux pour d'éventuels feux plus violents et dévastateurs. La seconde est plus écologique, les feux précoces sont moins destructeurs car ils agissent lorsque le stress hydrique de la végétation est faible (sortie de la saison des pluies).

En dehors de ces motivations environnementales générales, les feux remplissent aussi de nouvelles fonctions. Ils permettent aux touristes une meilleure visibilité des animaux présents notamment dans les grands parcs (Descousis et Raimond, 2006). En effet, la majeure partie des espaces étant brûlée, les animaux sauvages se réfugient dans quelques espaces de pâture conservés le long des pistes « touristiques ». Les feux sont également un marqueur des conflits d'usages dans les espaces protégés. Ainsi entre les usages voulus par les éleveurs (l'aire protégée vue comme un pâturage potentiel) et la protection promue par les autorités (l'élevage vu comme un danger pour la nature), les aspirations des différents acteurs divergent (Kiéma, 2007). C'est aussi pourquoi des feux sont allumés de manière précoce afin de priver le bétail de toute pâture et contraindre les éleveurs ne pas fréquenter ces espaces.

Si le poids des aires protégées dans le schéma régional des feux est sans ambiguïté, l'exemple des interactions élevage/protection de la nature dévoile aussi l'importance des facteurs affectant la gestion des espaces en dehors des aires protégées.

Les zones résiduelles de brousse des espaces ruraux

Contrairement aux zones protégées qui semblent montrer un visage uniforme avec des feux nombreux et précoces, les zones non classées semblent montrer une situation différente et plus nuancée. Les feux y sont beaucoup moins nombreux et restreints à certains espaces. Ces surfaces où peuvent passer les feux sont aujourd'hui rares, sous l'effet de la pression agricole qui réduit la brousse à quelques espaces résiduels. À cela s'ajoute la pression des éleveurs sur les espaces résiduels non cultivés. Ces effets conjugués laissent, au final, peu de chance à un feu de passer car le manque de biomasse est patent dès la fin de la saison des pluies.

Ces zones rurales soudanaises sont en pleine mutation. L'agriculture, la démographie et le renforcement des mesures de protection dans les aires protégées ont transformé les paysages. Les paysages de « brousse libre » sont désormais des paysages de « brousse finie » où la terre et les pâturages semblent manquer. Les feux sont alors présents sur des zones délaissées par l'agriculture ou sur les quelques jachères suffisamment âgées pour pouvoir brûler. Ces espaces présentent alors des caractéristiques similaires d'une région à l'autre, à savoir, des terrains impropres à l'agriculture avec des sols squelettiques souvent occupés par un tapis de graminées annuelles (Bowé). Ces espaces sont brûlés en tout début de saison (Monnier, 1981 ; Laris, 2002).

Quant aux feux tardifs, ils affectent principalement des zones humides, des bas fonds qui brûlent lorsque la biomasse est suffisamment sèche. C'est par exemple le cas de zones marécageuses de la partie Ouest de la rivière du Mouhoun (Zone Ouest).

Les raisons locales et une cohérence régionale : deux modes de gestion

Au final, la dynamique des feux est révélatrice de deux modes de gestion. Dans les réserves naturelles la gestion par le feu sur d'importants espaces graminéens continus fait que tous les facteurs pouvant habituellement limiter l'extension d'un feu sont absents (topographie, types de sols...). L'exceptionnelle continuité du tapis végétal (absence de cultures, les sols nus sont absents en raison d'une dynamique de colonisation végétale forte...) fait que tout brûle au même moment. Un seul point de départ de feu suffit pour brûler d'importantes surfaces de savanes. À l'inverse, dans les zones rurales le feu est guidé par des déterminants naturels mis en avant par l'agriculture. Ainsi, la topographie et les types de sols guidant les espaces utilisés pour l'agriculture, conditionnent en retour les espaces délaissés de l'agriculture (sols squelettiques, cuirasses...). Ce constat montre un point intéressant car dans les zones dédiées à la protection de la nature (aires

protégées) c'est le facteur de mise à feu humain qui est déterminant alors que dans les espaces ruraux ce sont les déterminants « naturalistes » (vent, topographie, sols, biomasse...) qui conditionnent le feu plus que l'action directe des populations.

Cette dichotomie de l'espace régional résulte d'une vision aménagiste de l'espace. Celle-ci a notamment été à l'œuvre à l'échelle locale dans la mise en place des zonages de terroirs entre espace agricole et espace pastoral. En niant la multifonctionnalité des espaces, les interactions entre portions d'espaces (surpâturage/ espace libre...) des conflits émergent alors dans des zones de contacts. C'est par exemple le cas pour le conflit éleveurs/ gestionnaires en périphérie des aires protégées.

6. Conclusion et perspectives

La démarche nous a permis d'appréhender la dynamique des feux de brousse de manière quantitative mais aussi par le biais des cartes produites. Nous observons alors une différenciation des espaces régionaux entre zones agricoles et zones protégées (Clerici *et al.*, 2007). Dans les espaces ruraux les feux sont peu présents par manque de combustible. La brousse semble pour partie « finie ». Les espaces actuellement jugés sans intérêts agricoles restent les seuls où les feux peuvent passer. À l'inverse, les aires protégées sont aisément identifiables par la forte densité des feux présents (forte continuité du tapis végétal) mais aussi par le caractère précoce des feux. Dans ces espaces classés où la continuité du tapis végétal est très importante, la moindre mise à feu (intégrée dans un plan de gestion de feu ou non) se répand sur d'importantes surfaces.

Au final, nous décrivons de manière synthétique la dynamique d'un objet souvent étudié comme ponctuel et isolé. Derrière cet apparent désordre se cache une organisation spatio-temporelle des feux qui se répète chaque année (Demazoin, 1999 ; Laris, 2002). Cette organisation témoigne à la fois de la structuration des paysages en zone soudanaise mais aussi de leurs dynamiques saisonnières. La répartition spatiale des densités de feux met en évidence les espaces où la brousse est encore présente (Devineau *et al.*, 2009). Quant aux rythmes des feux, ils nous indiquent différents types de gestion. L'idée émise relativement récemment dans les politiques de conservation, selon laquelle les feux précoces sont des « bons feux », est déjà présente. Les différentes observations montrent en effet la propagation uniforme des feux précoces dans les aires protégées. Cela souligne alors la « force » de ces politiques environnementales et leurs implications dans l'aménagement des territoires d'un pays d'Afrique subsaharienne.

7. Bibliographie

- Anselin L., 1995, Local indicators of spatial association – LISA, *Geographical Analysis*, 27, 93-115.
- Anselin L., 2003, GeoDa 0.9 User's Guide, Spatial Analysis Laboratory, Department of Agricultural and Consumer Economics and CSISS, University of Illinois.
- Aubreville A., 1950, Flore forestière soudano guinéenne A.O.F., CD Rom Editions Cirad 2005.
- Banos A., 2001, A propos de l'analyse spatiale exploratoire des données, *Cybergeo* 197, www.cybergeo.eu/pdf/4056
- Bassett T., Crummey D., 2003, *African Savannas: Global Narratives and Local Knowledge of Environmental Change in Africa*, James Currey Publishers/Heinemann, Portsmouth.
- Bruzon V., 1994, Les pratiques du feu en Afrique subhumide, in Blanc-Pamard C., Boutrais J. (éd.), *A la croisée des parcours. Pasteurs, éleveurs, cultivateurs*, Colloques et séminaires Dynamique des systèmes agraires, Paris, ORSTOM.
- Bucini G., Lambin E. F., 2002, Fire impacts on vegetation in Central Africa: a remote-sensing-based statistical analysis, *Applied Geography*, 22, 27-48.
- Clerici N., Bodini A., Eva H., Grégoire, J. M., Dulieu D., Paolini C., 2007, Increased isolation of two Biosphere Reserves and surrounding protected areas (WAP ecological complex, West Africa), *Journal for Nature Conservation*, 15, 26-40.
- Descousis N., Raimond C., 2006, Les usages du feu de brousse dans le bassin de la Bénoué : l'émergence de nouvelles pratiques dans le Nord Cameroun ? , in Tchotsoua M., Dongmo J. L. (eds.), *Géo-environnement du Cameroun*, Annales de la Faculté des Arts, Lettres et Sciences Humaines de l'Université de Ngaoundéré, 209-224.
- Demazoin R., 1999, Etude sur les feux de brousse dans la région de Bondoukuy lors des saisons 1996-1997 et 1997-1998. Document de travail ORSTOM.
- Devineau J. L., Fournier A., Nignan S., 2009, Savanna fire regimes assessment with MODIS fire data: their relationship to land cover and plant species distribution in western Burkina Faso (West Africa). *Before submission*.
http://hal.archives-ouvertes.fr/docs/00/36/92/44/PDF/Devineau_Fournier_texte_Vo.pdf
- Diébré R., 2007, Cartographie des feux de brousse des campagnes 2004 /2005 et 2005/2006 au Burkina Faso, Rapport Programme National de gestion des terroirs (PNGT2).
- Dolidon H., 2005, L'espace des feux en Afrique de l'Ouest. L'analyse spatio-temporelle d'un phénomène d'interface nature/société, Thèse de doctorat, Université de Caen Basse Normandie.
- Dolidon H., 2007, La multiplicité des échelles dans l'analyse d'un phénomène d'interface nature/société. L'exemple des feux de brousse en Afrique de l'ouest. *Cybergeo*, 8(363), www.cybergeo.eu/pdf/4805
- Dugast S. 2008, Incendies rituels et bois sacrés en Afrique de l'Ouest : une complémentarité méconnue, *Bois et forêts des tropiques*, 296, 17-25.
- Giglio L., Desloîtres J., Justice C., Kaufman Y., 2003, An Enhanced Contextual Fire Detection Algorithm for MODIS, *Remote Sensing of Environment*, 87, 273-282.
- Kiema S., 2007, Elevage extensif et conservation de la diversité biologique dans les aires protégées de l'Ouest burkinabé : arrêt sur leur histoire, épreuves de la gestion actuelle, état et dynamique de la végétation, Thèse de doctorat, Université d'Orléans.
- Kull C. A., 2004, *Isle of fire: the political ecology of landscape burning in Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago.
- Laris P., 2002, Burning the seasonal mosaic: preventative burning strategies in the wooded savanna of southern Mali, *Human Ecology* 30, 155-186.
- Laris P. S. 2005, Spatiotemporal problems with detecting and mapping mosaic fire regimes with coarse-resolution satellite data in savanna environments, *Remote sensing of environment*, 99, 412-424.
- Laris P., Wardell, D., 2006, Good, bad or 'necessary evil'? Reinterpreting the colonial burning experiments in the savanna landscapes of West Africa, *Geographical Journal*, 172, 271-290.
- Monnier Y., Monnier N., 1981, La poussière et la cendre: paysages, dynamique des formations végétales et stratégies des sociétés en Afrique de l'Ouest, Agence de coopération culturelle et technique.
- Oliveau S. 2004, Modernisation villageoise et distance à la ville en Inde du Sud, Thèse de doctorat, Université Paris I.
- Tallet B. 2007, A l'arrière des fronts pionniers: recompositions territoriales dans l'Ouest du Burkina Faso et le Sud du Veracruz (Mexique), Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Paris I.
- Totte M., Henquin B., Some H., 1995, Stratification de l'espace rural par télédétection et caractérisation des systèmes ruraux dans la région de Bobo Dioulasso, *Cahiers de Agriculture*, 4, 113-23.
- Zaninetti J. M., 2007, Statistiques de produit croisé pour l'analyse spatiale exploratoire, *Cybergeo*, 397, <http://www.cybergeo.eu/index11203.html>