

Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD)



**Rapport sur les feux de brousse au Sénégal  
pour la saison sèche de novembre 2003 à mars 2004**



**Par Cheikh MBOW  
Juin 2004**



Laboratoire d'Enseignement et  
de Recherche en Géomatique



Institut des Sciences de  
l'Environnement (UCAD)

## Contexte et justification

Les feux de brousse constituent un des principaux facteurs de dégradation des écosystèmes de savane en Afrique de l'Ouest. Ils contribuent à la modification de la structure et du fonctionnement des écosystèmes par la mortalité des plantes (surtout la régénération naturelle), la déstructuration du sol (érosion, pertes de fertilité dans le long terme), les effets pervers sur les processus hydriques (ruissellement accru, faible infiltration, forte évaporation, colmatage des bas fonds) ainsi que la perturbation de la capacité de reconstitution du milieu.

Les feux peuvent entraîner des perturbations sur les cycles biogéochimiques dont pourraient découler des implications négatives sur la productivité des écosystèmes naturels. Des pertes de composantes tel que l'azote, le phosphore, le soufre, et surtout le carbone, sont de nature à appauvrir la fertilité du sol et entraîner une dynamique de changement dans l'atmosphère en terme de réchauffement global. Ces impacts du feu sont reconnus depuis longtemps par la communauté scientifique ([Schmitz et al. 1996](#) ; [Brookman-Amisshah et al. 1980](#) ; [Louppe et al., 1995](#) ; [Condamine et Roy, 1969](#)) mais restent à être mieux documentés.

Malgré les nombreux effets pervers, les feux de brousse ont été considérés comme étant un facteur inféodé aux pratiques agricoles et d'aménagement des savanes. En d'autres termes, à défaut d'autres alternatives socialement acceptées et économiquement viables, les feux continueront à constituer un phénomène endémique des pays tropicaux ([Innes, 1972](#) ; [Hough, 1993](#)). Au Sénégal, et dans plusieurs autres pays du Sahel, les feux de brousse sont particulièrement utilisés pour l'aménagement de l'espace à travers le défrichement agricole, la chasse, la gestion des pâturages, la réduction de la biomasse très inflammable pour atténuer les feux destructeurs, et l'extraction de nombre de ressources naturelles, le contrôle des invasions parasites, etc. Tenant compte de ce « mal nécessaire », les scientifiques comme les développeurs ont opéré une mutation de paradigme, passant de la lutte contre les feux à la notion de gestion des feux. Ce glissement sémantique est allé de pair avec un changement d'approche, en lieu et place de la mobilisation de gros moyens financiers et humains pour juguler les feux, on opte maintenant pour une gestion participative et dynamique des feux en essayant de tirer le maximum de bénéfices des feux et limiter leurs effets néfastes par la promotion de stratégies locales d'aménagement qui fait des feux un outil de gestion et non de dégradation. La FAO exhorte même les pays à impliquer les communautés locales dans la gestion et la protection de leurs forêts. "Là où les personnes ont un intérêt dans la protection des ressources forestières, les feux de brousse d'origine humaine vont plus ou moins disparaître".

Dans le but de mieux asseoir cette nouvelle orientation, il est impératif de disposer des données biophysiques suffisantes sur de vastes surfaces et à temps. A ce jour, seule la télédétection permet de satisfaire à une telle exigence pour les raisons suivantes : i) une vision synoptique permettant de couvrir de vastes surfaces de façon instantanée ; ii) une forte répétitivité adaptée au suivi de phénomènes dynamique dans le temps ; iii) un coût de plus en plus abordable et iv) un temps de traitement plus rapide avec le développement parallèle des outils informatiques pour fournir les informations en temps réel. Les images de télédétection, combinées à d'autres données thématiques conventionnelles, peuvent renseigner sur la dynamique spatio-temporelle des événements de feu à l'échelle nationale ([Mbow et al., 2000](#)). Cette information est essentielle pour promouvoir une gestion durable des ressources naturelles. La gestion des feux en vue de leur réduction permet, d'une part la réduction de la quantité de carbone libérée par la décomposition de la matière organique et d'autre part l'augmentation de la capacité de séquestration du carbone atmosphérique par la végétation naturelle régénérée.

Ce dernier avantage de l'amélioration de la gestion des feux s'articule bien avec les orientations de la Convention Cadre des Nations Unies sur les changements climatiques qui a pour objectif de stabiliser les gaz à effet de serre à un niveau qui empêcherait des changements dangereux du climat. Depuis son approbation par la Conférence des Nations Unies sur l'environnement et le développement (CNUED) tenue à Rio en 1992 ; la Convention n'a pu avoir un caractère opérationnel qu'avec le Protocole de Kyoto de 1997. Celui-ci a inscrit entre autres mécanismes de flexibilité celui appelé Mécanisme de Développement Propre (MDP) qui est le seul qui interpelle directement les pays en voie de développement. Les orientations de ce MDP dans les écosystèmes de savanes consistent à promouvoir des puits substantiels de carbone par la foresterie et la restauration des écosystèmes dégradés. Les travaux existants sont pour la plupart orientés vers les stocks de carbone du sol. Ce dessein scientifique est lié au fait que les sols tropicaux présentent une capacité de fixation du carbone supérieure à celle de la biomasse végétale. Il faut toutefois noter que l'équilibre de ces sols et le maintien durable de leur capacité de séquestration de carbone passe par une bonne conservation de l'élément protecteur majeur qu'est la végétation subséquente. Il est important alors d'orienter la recherche sur les principaux facteurs structurants de la dynamique écologique parmi lesquels, les feux de brousse occupent une bonne place.

Ces principaux défis figurent en bonne place dans les plans d'action sur l'environnement de notre pays mais ne peuvent être documentés outre mesure à cause du manque de données actuelles et fiables sur l'ampleur des feux de brousse. L'obtention d'informations sur les feux est devenue une nécessité politique et scientifique du fait des relations établies entre les feux et les changements de l'occupation du sol, le dégagement de gaz et de particules dans l'atmosphère, les risques socio-économiques et la perturbation des habitats naturels. Les stratégies de gestion de ces feux sont ainsi confrontées, chaque année, par un manque de données géoréférencées fiables permettant d'orienter les décisions politiques à une meilleure connaissance spatio-temporelle des feux saisonniers. Les approches traditionnelles d'estimation par les services forestiers sont confrontées à beaucoup de limites liées au manque de moyen pour un suivi adéquat et à temps réel des incendies, caractérisés par leur forte dynamique spatiale et temporelle. Aussi le suivi des feux avec les données NOAA-AVHRR a été limité par sa résolution spatiale et spectrale qui ont fait que les données n'ont pas pu fournir l'information sur les feux avec le détail souhaité. La nouvelle génération des satellites EOS (Earth Observation Satellite) notamment les capteurs MODIS –TERRA et AQUA ont amélioré significativement la détection des feux tant sur le plan spatial (500 m de résolution) que spectral (7 bandes sur 32 utilisées pour l'algorithme de détection des feux).

Dans ce rapport nous présentons les résultats du suivi des feux actifs avec les données MODIS pendant la saison sèche 2003-2004, travail effectué par le Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique (LERG) en relation avec l'Institut des Sciences de l'Environnement (ISE) de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar.

## Méthodologie de détection des feux actifs

L'étude des anomalies thermiques par le satellite MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*) est devenu un outil courant de caractérisation de la distribution spatiale et temporelle des feux de brousse en se basant sur l'énergie émise par les incendies. Cette information est obtenue à une échelle synoptique par les satellites qui observent journalièrement la surface terrestre. Deux satellites permettent d'acquérir ces données sur les feux de brousse : le porteur TERRA (T) et le porteur AQUA (A) qui appartiennent tous les deux au système EOS (*Earth Observing System*) de la NASA. Ces satellites permettent d'avoir des données sur les feux actifs deux fois par jour.

Les données sur les feux sont le résultat de l'application de l'algorithme contextuel de détection des feux actifs de MODIS (Giglio et al., 2003). Cet algorithme exploite la forte émission de la radiation infrarouge qui émane des feux. Il examine chaque pixel de la scène MODIS et attribue une étiquette à chacun suivant 6 classes : données manquantes, nuage, eau, non-feu, feu, ou inconnu. Les pixels n'ayant pas de données consistantes sont exclus de l'analyse, d'autres correspondant à des nuages ou des surfaces d'eau sont masqués. Le traitement ne concerne alors que les pixels qui présentent une probabilité de contenir un événement de feu. Dans un premier temps l'algorithme élimine les pixels dont les propriétés thermiques ne peuvent correspondre à celles d'un incendie. Les pixels autour des pixels candidats sont examinés pour définir des seuils à travers des tests contextuels pour mieux déterminer l'existence ou non d'un point chaud correspondant à un feu.

De cette façon, les données MODIS ont pu fournir des informations spatiales et temporelles sur les événements de feu et les données ont été traduites sous formes de couches cartographiques accessibles sur le site de la NASA. <http://maps.geog.umd.edu/>. Les données de novembre 2003 à mars 2004 ont permis de faire les analyses qui suivent.

## Analyse spatiale

La localisation des pixels de feux montre une nette différence de fréquence de feu entre la moitié nord et sud du Sénégal. D'une façon générale cette différence de fréquence spatiale tient à deux facteurs essentiellement : d'une part la charge combustible et la topographie et, d'autre part les pratiques en matière d'utilisation et de gestion des ressources naturelles. Les cartes 1 (pixels de feux) et la carte 2 (lissage des feux actifs par interpolation géostatistique) montrent la distribution des feux au Sénégal pour la saison sèche 2003-2004.

## Les conditions biophysiques

Concernant la charge combustible, les observations de terrain montre que la zone sud est caractérisée par des quantités de pluies annuelles qui dépassent les 700 mm/an. Cette relative forte pluviométrie va de pair avec une production importante de biomasse de la strate herbacée qui est le principal combustible pour les feux. L'élément biologique qu'est la présence d'une strate herbacée continue avec une topographie plus contrastée qui se traduit par la présence de vastes plateaux pour la plupart cuirassés et des pentes pouvant être supérieures à 10%, sont autant de facteurs qui expliquent l'endémisme des incendies dans la zone sud du pays.

La partie au nord présente un tableau inverse. Les quantités de pluies annuelles sont faibles menant à une faible charge combustible ; la topographie est dominée par de bas plateaux et des pentes faibles. Il s'y ajoute la présence d'un réseau de pare feu relativement important qui limite la progression des incendies. Les feux y sont par conséquent peu fréquents.

## Pratiques rurales

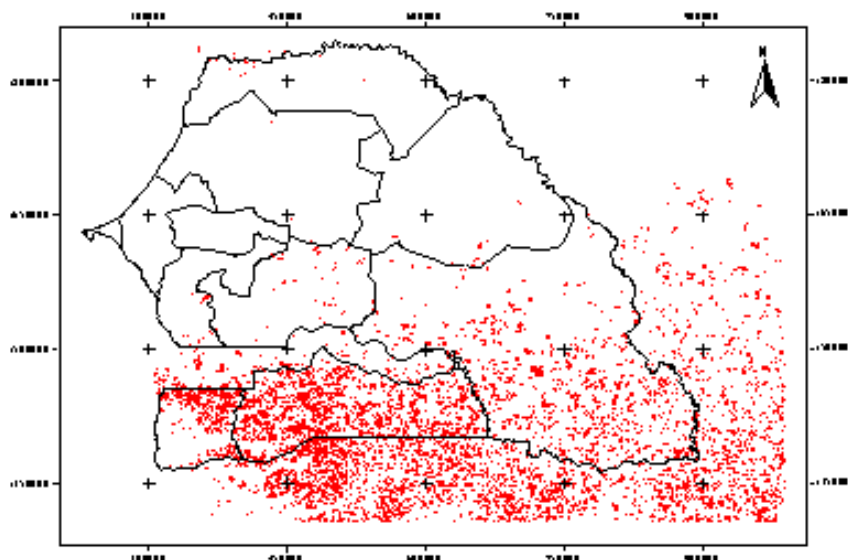
Les feux sont essentiellement d'origine anthropique au Sénégal. Les causes de ces feux sont étroitement liées à l'état des ressources naturelles végétales sur lesquelles les populations locales ont un dessein d'aménagement qui ne peut être atteint autrement qu'avec l'utilisation du brûlage. Dans la zone sud du pays l'existence d'une marge de manœuvre spatiale pour l'extension des cultures serait une cause importante d'utilisation du feu. Pour optimiser le revenu rural dans les conditions rudimentaires de pratique agricole, les populations font du feu un outil de défrichage et de nettoyage des espaces à vocation agropastorale. Les feux dits précoces sont destinés à une minimisation des risques d'incendies dévastateurs et à une repousse d'herbacées pérennes qui améliore l'alimentation du bétail. Il s'ajoute à ces pratiques, toutes les activités qui font recours au feu pour extraire des ressources naturelles (extraction de miel, chasse, exploitation de gomme *mbep* (*Sterculia setigera*), bois mort, etc.). Toutefois, il faut noter le cas particulier de la zone d'Oussouye où les populations d'ethnie Diola entretiennent des relations privilégiées avec leur environnement. Le feu est perçu dans cette zone comme un sacrilège assujéti à des sanctions mystiques redoutées par les populations. En outre les caractéristiques du paysage sont certes caractérisées par une forte charge combustible,

mais la discontinuité de la strate herbacée liée à l'existence de larges surfaces de formation forestières et de dépressions rizicoles ne permettent pas d'avoir des feux de grande ampleur.

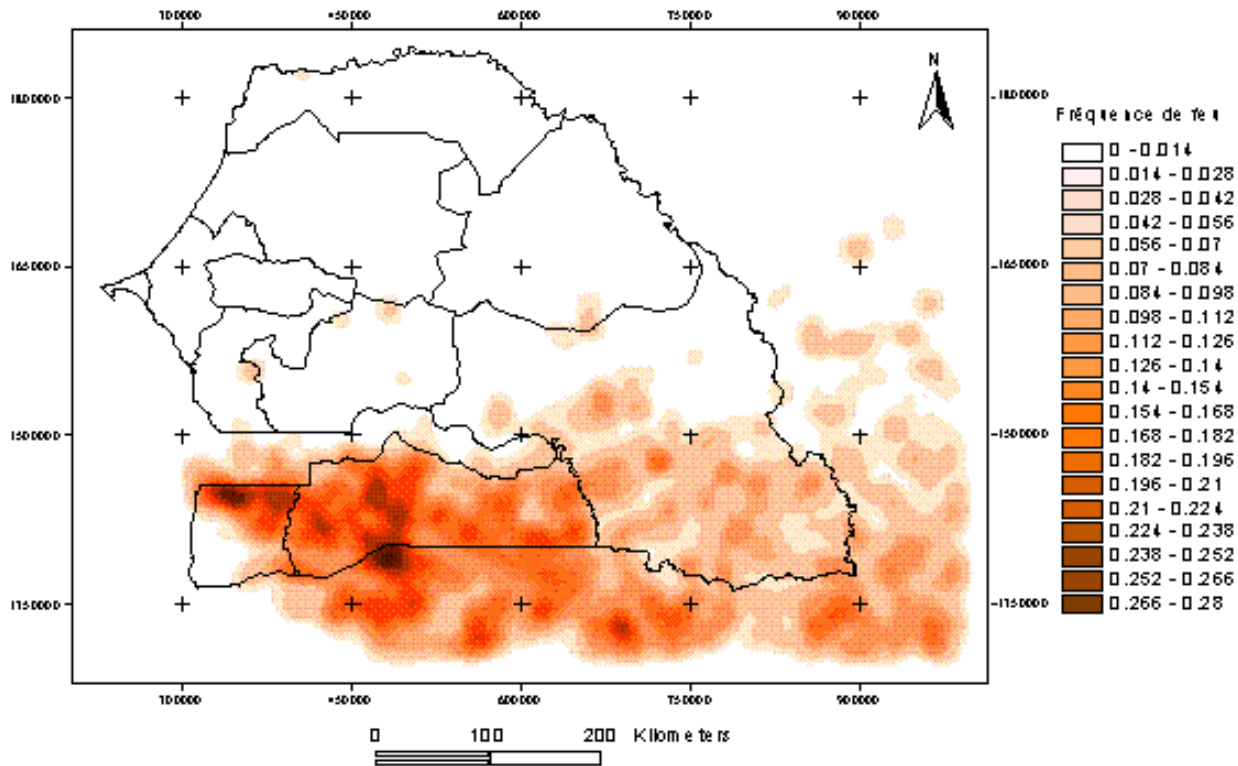
L'usage du feu dans la partie nord est fortement dicté par l'état de la ressource végétale. Il faut *a priori* noter que la zone dite du Bassin Arachidier n'est pas très favorable à la propagation des incendies à cause des discontinuités de la strate herbacée induites par la présence des zones de culture sur de vastes surfaces. Dans la partie pastorale du Ferlo, l'herbe produite annuellement est si faible (par rapport à la capacité de charge) que les populations accordent une importance particulière à sa protection. La strate herbacée composée essentiellement d'espèces annuelles ne peut donner des repousses en cas de brûlage hâtif comme c'est le cas dans la zone nord. Tout incendie précoce ou tardif se traduit par une perte définitive de fourrage et crée un déficit alimentaire pour le cheptel avec toutes les conséquences socio-économiques (mortalité du bétail, plus grande transhumance, revenu faible etc.) Les incendies les plus importants dans cette zone nord sont localisés dans la basse vallée du Fleuve Sénégal. Ces feux sont liés à l'extraction de la canne à sucre par la Compagnie Sucrière Sénégalaise (CSS), et à l'élimination des résidus de culture (du riz notamment).

Sur les cartes 1 et 2, nous avons inclus dans l'analyse, l'espace géographique autour du Sénégal, pour illustrer la nature transfrontière du phénomène des feux. Cet état de fait suggère des initiatives multilatérales harmonisées pour réduire les incendies qui reste le principal facteur de dégradation des ressources végétales en Afrique de l'Ouest. Le volet Environnement du NEPAD (Nouveau Partenariat pour le Développement de l'Afrique) pourrait donner une place importante au rôle des feux dans la dynamique des paysages et comme principale source de gaz à effet de serre dans nos pays à écosystème de savane.

**Carte 1 : Localisation des pixels de feu de novembre 2003 à mars 2004**



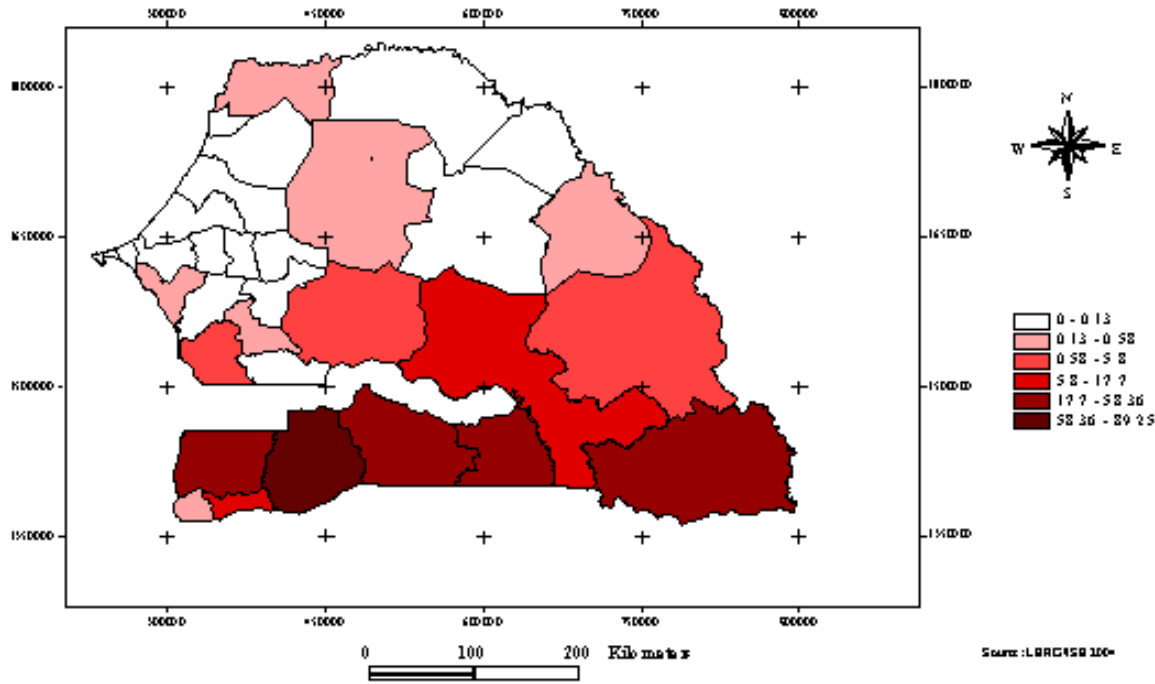
## Carte 2 : Fréquence des feux de novembre 2003 à mars 2004



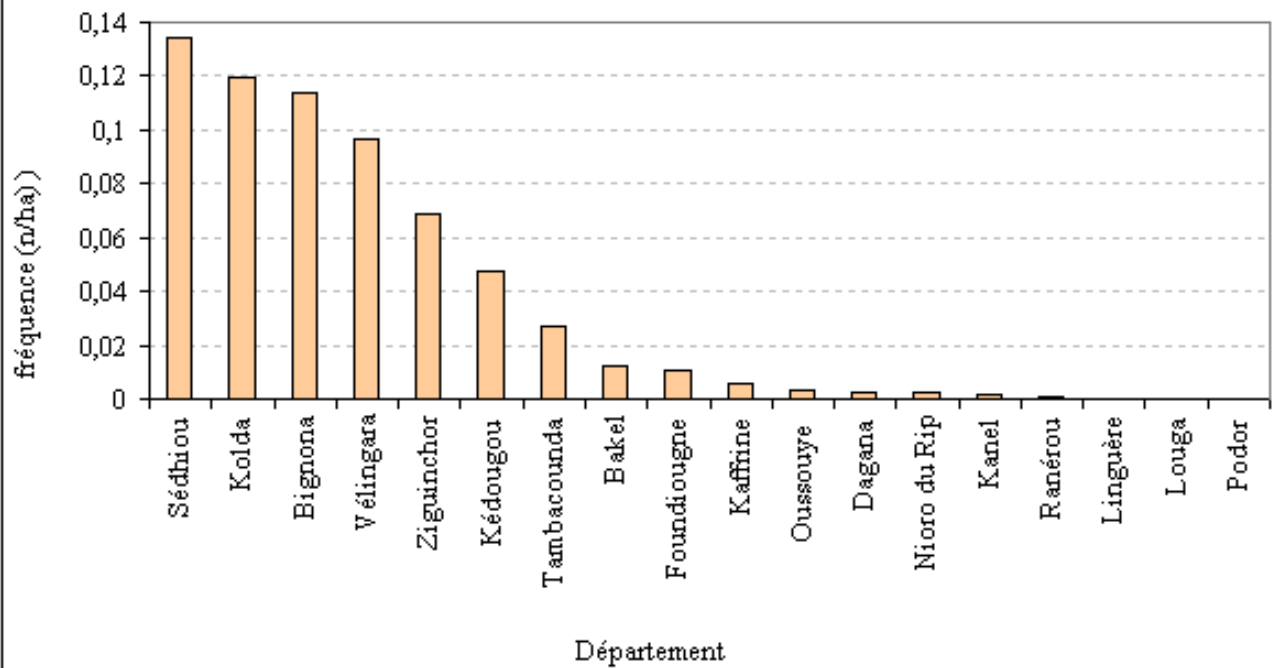
### Fréquence des feux par unité administrative

Le besoin de données quantitatives sur les feux par unité administrative justifie la compilation des statistiques sur les feux par unité administrative. Dans ce rapport nous nous sommes appuyés sur les entités administratives constituées par les Départements et les Arrondissements. Cette option répond du souci de fournir les informations au niveau local pour guider et appuyer les initiatives à la base pour une amélioration de la gestion des feux au niveau des endroits les plus affectés. Dans le cadre de la décentralisation la compilation d'informations spatiales sur les facteurs environnementaux est nécessaire pour servir d'aide à la décision au niveau local. Le nombre de feu par unité administrative a été pondéré par la superficie de chaque unité pour rendre compte de la fréquence par unité de surface. Les figures 1 et 2 montrent la distribution de la fréquence des feux par unité administrative. La carte 3 traduit visuellement l'intensité des incendies selon les départements.

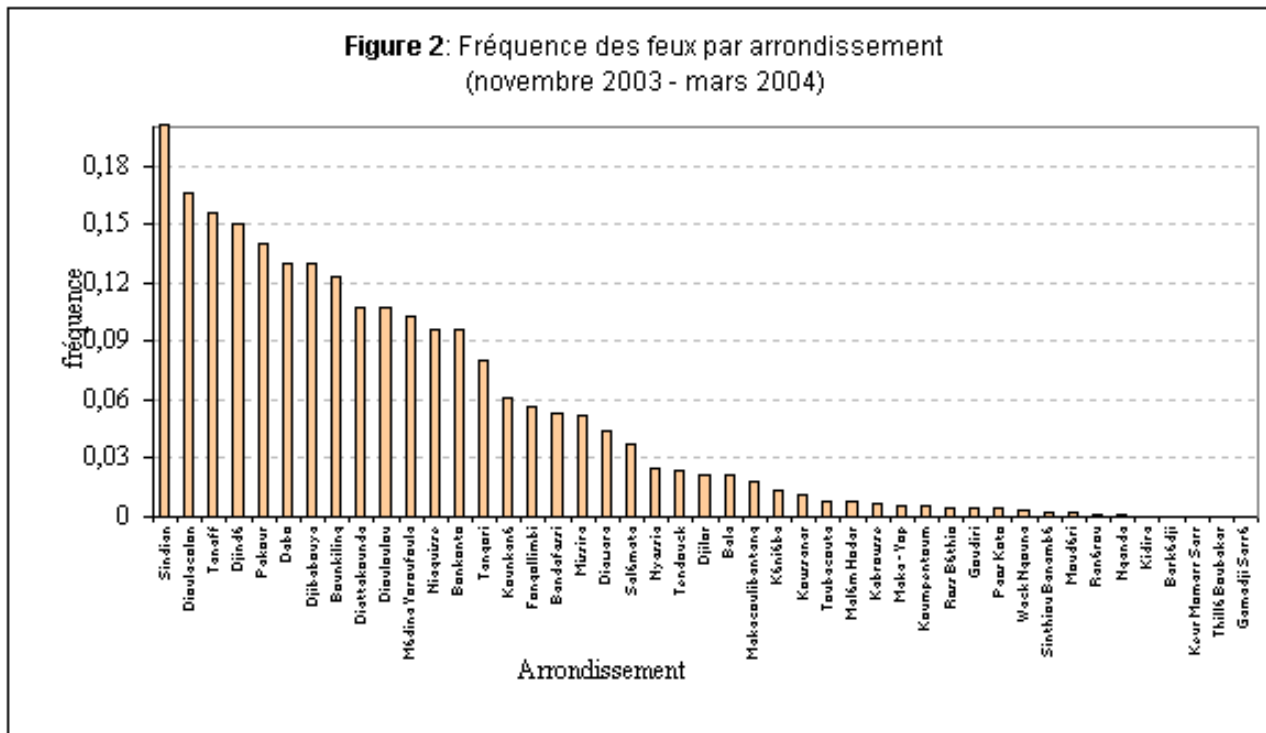
Carte 3. Fréquence des feux selon les départements (saison sèche 2003-2004)



**Figure 1:** Fréquence des feux par département  
(novembre 2003- mars 2004)



**Figure 2: Fréquence des feux par arrondissement (novembre 2003 - mars 2004)**

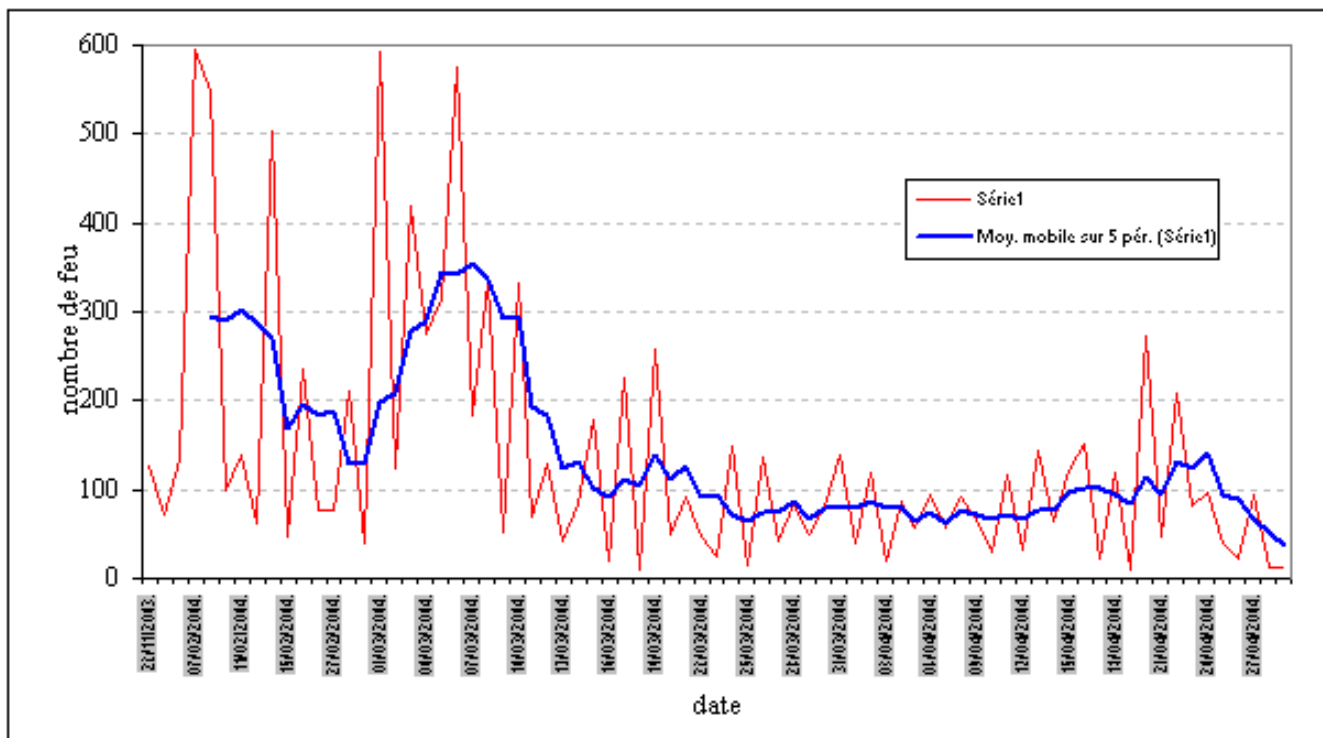


## Analyse temporelle des feux

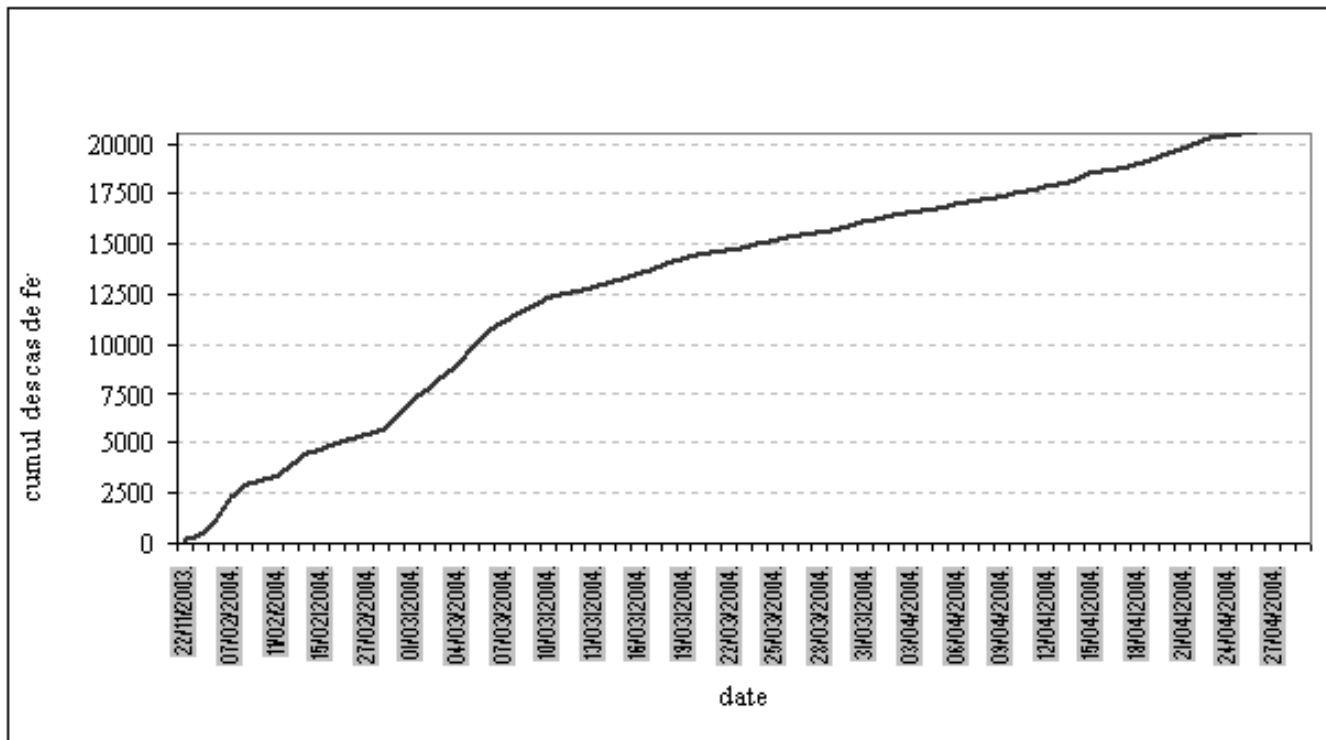
L'analyse temporelle des feux de brousse montre deux grandes phases d'évolution. Une première qui montre une forte fréquence des feux (novembre-mars) et une deuxième période caractérisée par une fréquence de feu faible (avril-juin)

**Figure 3 : Dynamique temporelle des feux de novembre 2003 à mars 2004 (a= fréquence, b= fréquence cumulée)**

**a**



b



Pendant la première période, on observe une dynamique nord sud qui se traduit par un décalage du début des feux liée à la date de la fin de la saison des pluies. Si les feux commencent relativement tôt dans la partie nord (autour du mois d'octobre), on enregistre les premiers feux dans la zone sud vers mi-novembre. Les mois de décembre, janvier et février sont les plus cruciaux dans la partie sud. En règle générale, le début des feux est fortement associé à la fin des récoltes pour deux raisons. D'une part, les populations locales ne veulent pas entraîner des accidents pouvant conduire à la perte des récoltes et d'autre part, c'est après les récoltes que les activités de cueillette, de chasse, d'aménagement pastoral, etc. commencent dans la zone sud avec une utilisation privilégié des feux comme outil de gestion et d'extraction des ressources naturelles.

Il faut toutefois noter que la reprise des feux vers la fin du mois de mai est liée aux défrichements agricoles pour la prochaine saison des pluies, mais aussi au brûlage des espèces herbacées non appréciées qui pourraient empêcher un bon développement des pâturages de la prochaine saison.

## Conclusion

Les feux actifs détectés sont ceux qui sont actifs au moment du passage du satellite. Au Sénégal, les satellites TERRA et AQUA passent à 10 h 40mn et 15 h 00mn. Cette période correspond à une forte activité de feux liée essentiellement aux activités rurales.

Les résultats obtenus ne sont donc qu'un échantillon spatial et temporel des feux actifs puisque des événements de feux sont perdus quand ils sont masqués par les nuages, ou s'ils surviennent avant ou après le passage des satellites. Les informations obtenues sont néanmoins très utiles pour caractériser la distribution spatiale et temporelle des feux.

Les données sur les feux actifs permettent ainsi de déterminer les zones sensibles dont la connaissance est une base importante pour la planification de la stratégie de gestion des incendies. Par ailleurs, la possibilité de définir les statistiques des feux au niveau administratif des arrondissements est une orientation utile pour renseigner les pouvoirs locaux qui, dans le cadre de la décentralisation jouent un rôle de première place dans la gestion des ressources naturelles.

## Bibliographie

Brookman-Ammissah, J., Hall, J.B., Swaine, M.D., Attakorah, J.Y., 1980. *A re-assessment of fire protection experiment in north-eastern Ghana savanna*. Journal of Applied Ecology, 17, pp 85-99.

Condamine, M., Roy, R., 1969. *Le Parc National du Niokolo Koba (Sénégal)*. Fascicule III. Vue d'ensemble sur la faune et le peuplement animal. Mémoire de l'IFAN N° 84, pp 58-62.



Giglio, L., Descloitres, J., Justice, C. O., and Kaufman, Y., 2003. *An enhanced contextual fire detection algorithm for MODIS*. Remote Sensing of Environment, 87, pp273-282.

Hough, J.H., 1993. *Why burn the bush ? Social approaches to bush fire management in west african national parks*. Biological Conservation 65, pp 23-28.

Innes, R.R., 1972. *Fire in West african vegetation*. Proceedings Annual Tall Timber Fire Ecology Conference. Vol. 11, pp 147-173.

Loupe, D. Ouattara, N., Coulibaly, A., 1995. *Effet des feux de brousse sur la végétation*. Bois et Forêts des Tropiques, N° 245, pp 59-73.

Mbow, C. Nielsen, T.T., 2000. Rasmussen, K., *Savanna fires in east-central Senegal: Distribution patterns, resource management and perceptions*. Human Ecology, Vol. 28, N°4 , pp 561-583.

Schmitz, A., Fall., A.O., Rouchiche, S., 1996. *Contrôle et utilisation du feu en zones arides et subhumides africaines*. Cahiers FAO Conservation, N° 29, 211p.

### Contacts:

Laboratoire d'Enseignement et de Recherche en Géomatique (LERG),  
Campus de l'Ecole Supérieure Polytechnique,  
Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal.  
BP 25275 Dakar-Fann  
Tel. +221 864 23 17, Fax. +221 864 08 14  
Email. [atdiaw@ucad.sn](mailto:atdiaw@ucad.sn)