

# Impacts de l'évolution de la biomasse susceptible de brûler sur la dynamique des régimes des feux de brousse et des émissions de CO et de CO<sub>2</sub> dans la région du Poro au nord de la Côte d'Ivoire

---

**Moussa KONE**

[moussakci@yahoo.fr](mailto:moussakci@yahoo.fr)

Institut de Géographie Tropicale (IGT), Université Félix Houphouët-Boigny Cocody-Abidjan,

**Saly Ramata MAIGA**

[msalyramata@gmail.com](mailto:msalyramata@gmail.com)

Institut de Géographie Tropicale (IGT), Université Félix Houphouët-Boigny Cocody-Abidjan,

**Koffi Michael TOSSOU**

[tossoukoffi78@gmail.com](mailto:tossoukoffi78@gmail.com)

Ecole Doctorale SCALL, Université Félix Houphouët-Boigny Cocody-Abidjan,

## Résumé

L'évolution récente de la biomasse susceptible de brûler dans la savane soudanaise, notamment au cours des deux dernières décennies et leurs impacts sur le changement des régimes des feux de brousse et des quantités des gaz émis sont mal connus dans la littérature scientifique des changements environnementaux. Cette recherche longitudinale a pour objectifs d'examiner l'évolution de la qualité et de la quantité de la biomasse susceptible de brûler et leurs impacts sur la dynamique des régimes des incendies, ainsi que d'analyser leurs impacts sur les émissions de monoxyde de carbone (CO) et de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>). Pour atteindre ces objectifs, plusieurs données ont été collectées à travers une démarche méthodologique hybride qui combine la revue de la littérature, l'observation participante, les entretiens, l'enquête par questionnaire, l'inventaire des espèces d'herbes, les mesures des quantités de biomasse dans les différentes classes de végétation et les expériences de mesure de gaz en temps réel. Les données d'enquête de terrain ont été organisées avec le logiciel Excel version 2013 et traitées à l'aide du logiciel *Statistical Package for Social Science* version 25.0. Le logiciel ArcGIS 10.3 a permis de réaliser les cartes. Les résultats indiquent que la quantité de biomasse susceptible de brûler a fortement diminué depuis 2008. De plus, plusieurs espèces d'herbes caractéristiques de la région ont disparu et ont été remplacées par d'autres espèces telle que l'*Hyptis suaveolens* qui est moins inflammable. Cette diminution de la quantité de biomasse et des espèces d'herbes entraîne un glissement des périodes des feux de brousse de novembre-décembre vers janvier-février, des incendies moins intenses et un brûlage inefficace. De plus, les processus de combustion incomplète de la biomasse émettent beaucoup plus de CO et de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. Les implications de ce changement sont la recrudescence de plusieurs espèces ligneuses et l'augmentation du potentiel de séquestration du CO<sub>2</sub> des paysages de savane soudanaise.

**Mots-clés:** région du Poro, monoxyde de carbone et dioxyde de carbone, *Hyptis suaveolens*, régimes des feux de brousse, savane soudanaise

Impacts of the evolution of biomass likely to burn on the dynamics of fire regimes and CO and CO<sub>2</sub> emissions in the Poro region in northern Côte d'Ivoire

## Abstract

The recent dynamics of biomass likely to burn in the sudanian savanna, particularly over the last two decades, and their impacts on the changes in fire regimes and the quantities of gases emitted are poorly understood in the environmental scientific literature. The objectives of this longitudinal research carried out are to examine the evolution of the quality and quantity of biomass likely to burn and their impacts on the dynamics of fire regimes and to analyze their impacts on carbon monoxide (CO) and carbon

dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions. To achieve these objectives, several data were collected through a hybrid methodological approach that combines literature review, participant observation, questionnaire survey, interviews, inventory of grass species, measurements of biomass quantities in different vegetation classes, and real-time gas measurement experiments. The field survey data were organized with Excel software, version 2013 and processed using the Statistical Package for Social Science software version 25.0. ArcGIS 10.3 was used to do the maps. The results show that the quantity of biomass has significantly decreased over time since 2008. Also, the results show that several grass species have disappeared in the region. These grasses have been replaced by other species such as *Hyptis suaveolens* which is less flammable. This decrease in biomass quantity and change in grass species led to a shift in burning period from November-December to January-February, resulting in less intense fires and inefficient burning. Furthermore, incomplete biomass combustion processes emit significantly more CO and CO<sub>2</sub> into the atmosphere. The implications of these changes are the resurgence of several woody species and an increase in the CO<sub>2</sub> sequestration potential of sudanian savanna landscapes.

**Keywords:** Poro region, carbon monoxide and carbon dioxide, *Hyptis suaveolens*, fire regimes, sudanian savanna

## Introduction

Les savanes ouest-africaines sont composées d'un mélange complexe d'herbes, d'arbustes et d'arbres. Des strates continues de graminées vivaces et annuelles de hauteur et de densité variables sont la caractéristique commune de la différenciation en plusieurs types de végétation de savane (O. Hoffmann 1985, pp. 65-76 ; G. Riou 1995). La dynamique des paysages de savane, notamment liée aux feux de brousse, est mal connue. La littérature des changements environnementaux considère les feux de savane comme une perturbation majeure qui génère une combustion très intense avec des températures élevées de 500 à 600 °C (A. K. Jain et X. Yang, 2005, p. 3 ; S. W. M. F. Doamba et al., 2014, p. 782). Selon cette littérature, le feu affecterait négativement la structure et le fonctionnement de l'écosystème de savane (J. Awuah, et al., 2022, p. 2). Cependant, quelques études estiment que le feu contribue aussi à un embroussaillage du paysage de savane (F. Valéa et A. Ballouche, 2012, pp. 42-43). Au total, la dynamique actuelle des paysages de savanes africaines actuels associée au feu semble mal connue.

Concernant les savanes ivoiriennes, plusieurs études sur la dynamique de la végétation mettent en relief une disparition progressive du couvert végétal liée à plusieurs facteurs biophysiques et humains tels que le relief, le climat, les sols et les activités humaines telle que l'utilisation du feu (D. Louppe et al., 1995, p. 62 ; N. Yéo et al., 2022, p. 198). Ainsi, certains auteurs caractérisent ce changement comme un processus de désertification ou de déforestation (J. Fairhead et M. Leach, 1995, p. 82). Contrairement à ce point de vue largement répandu, les résultats de plusieurs autres études révèlent un « reverdissement » des paysages de savanes du nord ivoirien (N. Soro, 2006, p. 183 ; M. Koné, 2021, p. 15).

Dans le débat sur la dynamique des paysages, les relations entre la disponibilité de la biomasse et ses impacts sur les feux de brousse sont rarement évoquées. Les feux de brousse sont définis comme étant des incendies qui se déclenchent et qui se propagent dans les formations végétales (F. Dembélé, 1996, p. 4 ; F. Valéa et A. Ballouche, 2012, p. 40). Ce sont les impacts des feux sur la dynamique des paysages des savanes soudanaises qui retiennent beaucoup plus l'attention.

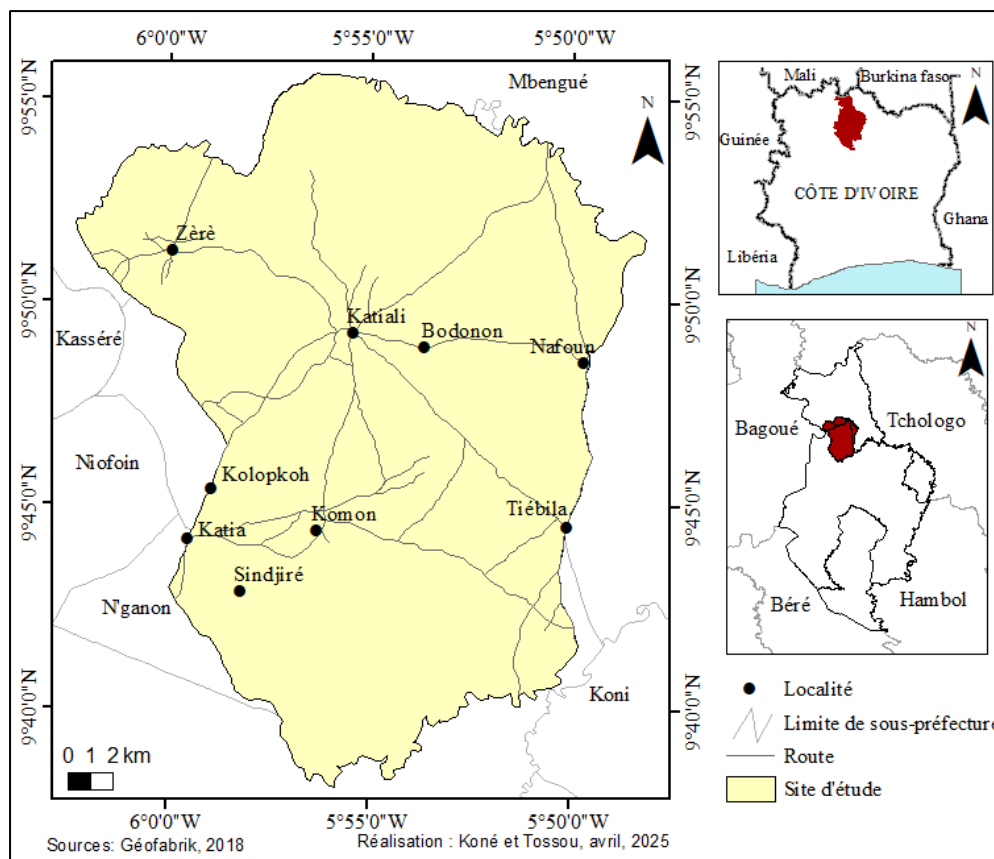
En Côte d'Ivoire, les feux de brousse sont récurrents dans les formations de savanes pendant la saison sèche (M. Koné, 2012, p. 69 ; P. Laris et al., 2023). Pour mieux comprendre leur dynamique, il est crucial de comprendre celle du fuel qui brûle au cours des incendies. Ainsi donc, les interrelations entre l'évolution de la qualité et de la quantité de la biomasse susceptible de brûler dans les végétations de savane et la dynamique spatiotemporelle des feux de brousse sont mal connues parce que la dynamique de la biomasse susceptible de brûler est encore moins bien étudiée. Il est donc important d'examiner de manière plus approfondie l'évolution de la biomasse susceptible de brûler et ses impacts sur les régimes des incendies et les émissions des gaz dans les paysages de la savane soudanaise du nord de la Côte d'Ivoire. Pour cela, les questions qui structurent cet article sont ainsi formulées : quelles sont les tendances de l'évolution de la biomasse susceptible de brûler en termes de

qualité et de quantité ? Quels sont leurs impacts sur l'intensité du feu, l'efficacité du brûlage et la fréquence des incendies ? Quelles sont les implications de ces impacts pour la dynamique des paysages et du réchauffement climatique ? Les objectifs de l'étude sont multiples. Il s'agit entre autres d'évaluer la quantité et la qualité de biomasse susceptible de brûler et d'examiner leurs impacts sur l'évolution des régimes des feux de brousse et des émissions de gaz dans les paysages de savane soudanaise. Cette recherche contribue au débat sur les changements environnementaux en Afrique subsaharienne où les relations entre les paysages et les feux sont mal connues. L'hypothèse principale de cette recherche est que la quantité et la qualité de biomasse susceptible de brûler changent au fil du temps et impactent les régimes des feux dans les paysages de savane soudanaise.

## 1. Méthodologie

### 1.1. Présentation de la zone et du site de recherche

La recherche a été conduite dans la région du Poro dans les paysages de savane soudanaise au nord de Côte d'Ivoire. La zone d'étude et le site de recherche sont localisés entre 5°00' et 6°50' de longitude Ouest et entre 8°00' et 11°00' de latitude Nord (Figure 1). La région du Poro est délimitée au nord par la République du Mali, au sud par la région du Béré, à l'est par les régions du Tchologo et du Hambol, et à l'ouest par la région de la Bagoué. Le site de recherche est la sous-préfecture de Katiali dans le département de M'Bengué (Figure 1).



**Figure 1** : Présentation de la région du Poro et du site de recherche de Katiali

**Source** : M. Koné et K. M. Tossou, 2025

Plusieurs facteurs biophysiques et humains influencent la production de la biomasse et le développement des feux de brousse dans la région du Poro. Le premier facteur est le climat qui offre de meilleures conditions de développement du couvert végétal, notamment la biomasse herbacée. Le climat de la région du Poro est caractérisé par un régime

pluviométrique avec une saison de pluies de mai à octobre, et une saison sèche de novembre à avril. La pluviométrie moyenne annuelle de la région est autour de 1 200 mm. La température varie entre 25 °C et 30 °C (M. Koné, 2012, p. 13). Au cours des trois dernières décennies, les précipitations annuelles ont été suffisantes pour soutenir la croissance de la végétation, en particulier celle des herbes.

La végétation de la région se subdivise en deux zones phytogéographiques à savoir la savane subsoudanaise au sud et la savane soudanaise au nord de Korhogo. Cette étude a eu lieu dans la savane soudanaise qui se compose principalement d'un complexe de tapis herbacés, d'arbustes et d'arbres. Les formations végétales sont composées de champs, jachères, savane herbeuse, savane arbustive, savane arborée, savane boisée, forêt galerie et de forêt claire (M. Koné, 2012, pp. 20-21). En plus du cycle naturel de croissance de la végétation, les activités anthropiques telles que l'agriculture, le pâturage bovin et l'utilisation du feu comme outil de gestion des ressources modifient également la dynamique de la végétation.

Concernant les activités humaines, l'économie de la région du Poro est essentiellement basée sur l'agriculture et l'élevage bovin. En plus des cultures vivrières (Igbame, riz, maïs, sorgho et mil), les populations rurales cultivent le coton et l'anacarde. Ces différentes activités agricoles influencent l'évolution des feux de brousse en milieu rural comme à Katiali.

Dans le terroir de Katiali, les activités agropastorales se développent au rythme de la disponibilité saisonnière des ressources. Au début des années 2000, les feux de brousse commençaient à Katiali au début de la saison sèche, dans le mois de novembre, lorsque les bouviers allumaient le feu pour favoriser la repousse des graminées pour le pâturage du bétail et que les cultivateurs allumaient des feux de protection autour des habitations. Aujourd'hui, à cause du manque de la biomasse susceptible de brûler, les feux de brousse ont majoritairement lieu au milieu et à la fin de la saison sèche.

## **1.2. Matériels et méthodes**

### **1.2.1. Collecte des données**

Les données utilisées pendant cette étude longitudinale depuis la saison sèche 2007-2008 ont été collectées à travers la revue de la littérature, l'observation participante, les expériences de feu de brousse dans des sites expérimentaux, l'enquête par questionnaire et le focus group discussion. Les informations recherchées ont porté sur la dynamique de la biomasse susceptible de brûler, sur l'évolution des régimes des feux de brousse et sur les quantités de CO, de CO<sub>2</sub> et des températures des incendies de savane.

L'observation participante a permis d'identifier les types de végétation du terroir de Katiali tels que la savane herbeuse, savane arbustive, savane arborée, forêt galerie et la jachère et de choisir des sites représentatifs pertinents pour l'analyse de la dynamique de la végétation et des expériences de feux de brousse en temps réel. De plus, la visite dans les zones brûlées en début, milieu, fin de la saison sèche a été menée, afin de connaître les classes de végétation du paysage et les types de biomasse qui brûlent majoritairement. Les observations le long des transects avec certains cultivateurs ont permis de collecter les perceptions de la dynamique de la végétation des populations locales. Il était question pour ces informateurs de décrire la végétation actuelle qu'ils voient dans le paysage ; de comparer cette végétation actuelle à celle d'il y a quarante ans ; de mentionner les causes de la dynamique de la végétation ; et d'identifier les différentes communautés de plantes et l'âge des jachères.

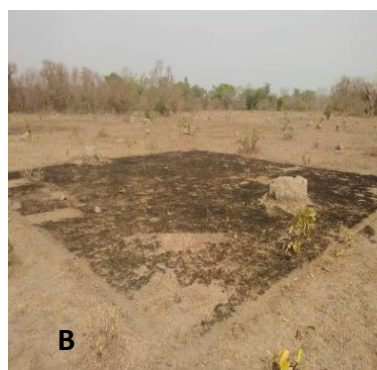
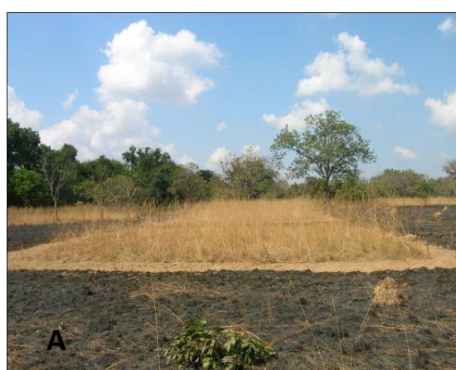
Les enquêtes par questionnaire ont été conduites auprès d'un échantillon de 40 chefs de ménages composés d'agriculteurs, de chasseurs, d'éleveurs et de ménagères (Tableau 1).

**Tableau 1** : Statistiques descriptives des membres de l'échantillon

Ethnie	Genre	Profession principale	Effectif	Pourcentage (%)
<b>Malinké</b>	Homme	Agriculteur	12	30
		Chasseur	1	2,5
	Femme	Ménagère	2	5
<b>Senoufo</b>	Homme	Agriculteur	12	30
		Chasseur	4	10
	Femme	Ménagère	2	5
<b>Peulh</b>	Homme	Éleveur	7	17,5
<b>Total</b>			40	100

**Source** : Enquête de terrain, avril 2020

Le ménage a été sélectionné comme unité d'analyse et le chef de ménage a été choisi pour les interviews. Les personnes sélectionnées pour les enquêtes par questionnaire sont en général membres de l'échantillon depuis l'année 2007. Cependant, en 2019, l'échantillon a été actualisé. Les chefs de ménage absents ont été remplacés par le premier fils du ménage. En 2007, les critères du choix des membres de l'échantillon étaient que l'enquêté devait avoir résidé à Katiali depuis au moins 30 ans afin de répondre aux questions relatives aux changements environnementaux dans la zone d'étude. Il devait être suffisamment informé sur la dynamique de la végétation et des régimes de feux de brousse de la zone de recherche. Les questions posées aux informateurs ont porté sur la perception de l'évolution de la végétation, la densité de la végétation, la diversité floristique, les activités caractéristiques du début, du milieu et de la fin de la saison sèche en lien avec le feu, la dynamique des feux de brousse, les régimes des incendies. Les données socio-économiques qui ont été collectées sur l'évolution de la population de Katiali proviennent de nos recensements de 2001, 2007 et des données du recensement de la population de 2014 (M. Koné, 2012, p. 43 ; RGPH, 2014). La collecte des données en brousse s'est déroulée en plusieurs phases. La première mission de terrain a été effectuée entre juin 2007 et août 2009. Une deuxième mission s'est déroulée entre début décembre 2019 et fin mai 2020. La dernière mission de terrain s'est déroulée en janvier 2025. Afin de disposer des données comparables, la méthodologie utilisée pour collecter les données de l'analyse de la dynamique de la végétation, des régimes des feux de brousse et des émissions de gaz au cours de la saison sèche 2008-2009 a été entièrement retenue dans le cadre de la collecte de données pendant la saison sèche 2019-2020. Ainsi, les mêmes sites (Lèpèhè, Gobohloh, Pkala) et parcelles de 2008-2009 ont été sélectionnés pour la saison sèche 2019-2020. Trois parcelles de 10 mètres x 10 mètres (m) ont été délimitées dans chaque site et dans chaque type de végétation (savane herbeuse, savane arbustive, savane arborée, forêt galerie, jachère). Quarante-cinq (45) parcelles expérimentales ont été délimitées pour chacune des deux périodes de collecte des données (Photo 1). Au total, 90 parcelles ont été délimitées et étudiées.



**Planche photographique 1** : Parcelles expérimentales de 10 m x 10 m, A avant brulage et B après brulage

**Sources** : M. Koné, 2008 (A, p. 47) ; 2020 (B)

Pour inventorier les différents éléments susceptibles de brûler ainsi que pour mesurer leur quantité, trois quadrats de 1 x 1 mètre ont été sélectionnés et délimités dans chaque parcelle de 100 m<sup>2</sup>. Le quadrat 1 était situé dans la partie où de manière visuelle la quantité de biomasse était la plus élevée. Le quadrat 2 était situé dans la partie où la quantité de biomasse disponible était moyenne, et le quadrat 3 contenait la plus faible quantité de biomasse. Dans chaque parcelle de 1 m<sup>2</sup>, les différents types d'éléments ont été collectés. Les quantités de biomasse ont été pesées à l'aide d'une balance électronique (M. Koné, 2012, p. 54).

Les données collectées sur le terrain en brousse pendant les expériences de feux de brousse sont les types et les quantités de biomasse susceptibles de brûler, le caractère annuel ou pérenne des herbes, l'efficacité du brûlage, la fréquence de feux, le temps de mise à feu et la taille des flammes. Des informations sur les impacts des feux sur les plantules, arbustes, arbres et herbes ont été également collectées. Les émissions de gaz et les températures des feux ont été collectées (Planche photographique 2). Des fiches de relevés ont servi de support pour collecter les données en début de saison sèche (novembre-décembre), en milieu de saison sèche (janvier-février) et en fin de saison sèche (mars-avril).

Les points des feux actifs MODIS ont été utilisés aussi pour caractériser la dynamique spatiotemporelle des incendies pour la période 2003-2024. Les points des feux actifs MODIS sont des "points chauds" provenant des feux actifs c'est-à-dire des incendies allumés au moment du passage de l'un des deux capteurs TERRA et AQUA du système EOS de la NASA (M. Koné et S. R. Maïga, 2021, p. 203). Les données des points des feux actifs utilisées dans le cadre de cette étude ont été téléchargées du site internet du FIRMS (<http://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>).



**Planche photographique 2** : Dispositif de collecte des émissions de gaz et de températures  
Le dispositif est composé principalement de l'analyseur portable de gaz NOVA, version 376STWP et d'un appareil photo pour filmer l'écran de l'analyseur pendant les expériences de feux de brousse.

**Sources** : M. Koné, 2008 ; 2019

### 1.2.2. Traitement des données

Toutes les données qualitatives et quantitatives collectées ont été traitées et analysées. Selon le type de données, les logiciels de cartographie, de statistiques et des tableurs ont été utilisés. Tous les questionnaires ont été dépouillés et les informations ont été saisies dans le logiciel Excel et transformées en valeurs numériques afin de les rendre compatible au logiciel de statistique SPSS utilisé. Un code a été ainsi attribué à chaque variable et un livre de code a été construit dans le tableur Excel. Excel a été utilisé également pour créer des tableaux et des graphiques. Le logiciel SPSS version 24 a été utilisé pour effectuer des tests statistiques et générer plusieurs tableaux. De plus, le logiciel de cartographie ArcMap de ArcGIS version 10.5 a été utilisé pour réaliser la carte de présentation de la zone de recherche. Les données utilisées pour réaliser la carte sont des fichiers Shape issus principalement de la numérisation de cartes topographiques géoréférencés de la région de Korhogo. Les résultats obtenus après le traitement sont consignés dans des tableaux, des graphiques et des cartes.

## 2. Résultats

### 3.1. Evolution de la quantité et de la qualité de biomasse susceptible de brûler

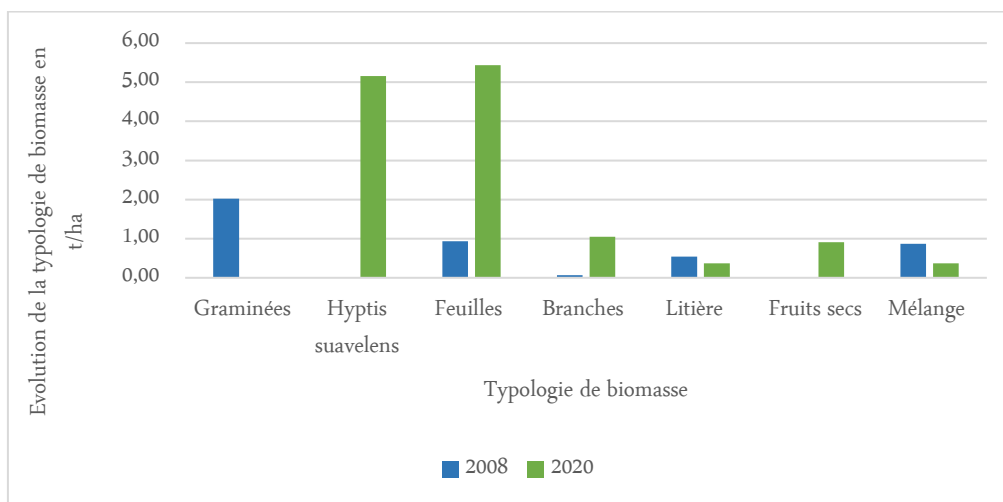
De manière générale, au cours de la période 2008-2025, la taille, la quantité et la qualité de la biomasse ont changé dans toutes les classes de végétation dans le terroir de Katiali. En effet, les résultats des observations et les mesures effectuées sur le terrain indiquent qu'en 2008, la biomasse était subdivisée en trois (03) strates : la première strate était entre 0 et 0,25 mètre (m), la seconde strate était entre 0,26 et 1 m, tandis que et la troisième strate était entre 1 et 2,50 m. Il a été observé en 2008 que la première strate contenait la majorité de la biomasse et de manière continue, tandis que la deuxième contenait moins de biomasse constituée essentiellement d'herbes, de plantules, d'arbustes et d'arbres. La troisième strate présentait une strate d'herbes encore plus dispersées à cause de la grande pression du pâturage bovin (M. Koné, 2012, p. 211). Au cours de la mission de terrain de 2019-2020, il a été observé que la biomasse susceptible de brûler, constituée essentiellement d'herbes et de feuilles se regroupent majoritairement entre 0 m et 0,25 m. Cette strate était plus ou moins continue. Les observations de la mission de terrain de janvier 2025 ont révélé que non seulement la première strate est maintenant quasiment discontinue mais qu'elle est disséquée par le passage incessant des animaux lors du pâturage. Ce mode d'arrangement de la biomasse caractérisé par une dispersion entraîne des incendies moins intenses et inefficaces. L'évolution de la quantité de biomasse végétale constitue un indicateur très important de la dynamique des paysages de savane. Les pesées de la biomasse effectuées en 2008 et en 2020 montrent que la quantité de biomasse susceptible de brûler a considérablement diminué dans la savane herbeuse, la savane arbustive, la savane arborée et la forêt galerie. La jachère est la seule classe de végétation où la quantité de biomasse a augmenté par rapport à celle de 2008 (Tableau 2). Les observations participantes et les interviews informelles des populations rurales en janvier 2025 ont révélé aussi que la biomasse a drastiquement diminué.

**Tableau 2:** Quantité de la biomasse susceptible de brûler en t/ha par type de végétation en 2008 et en 2020 sur le terroir de Katiali

Classe de végétation	Poids en 2008 (t/ha)	Poids en 2020 (t/ha)
Jachère	4,5	6,9
Savane herbeuse	5,5	0,8
Savane arbustive	6,1	4,2
Savane arborée	8,3	5,3
Forêt galerie	7,8	4,6

**Source :** données de terrain, 2012 ; 2020

Au regard des relevés effectués sur le terrain en 2008 et en 2020, la typologie de la biomasse qui brûle a changé. En général, la biomasse susceptible de brûler est l'ensemble des matières organiques qui brûlent au cours d'un incendie. Elle se compose généralement des herbes sèches et fraîches, des feuilles sèches et fraîches, des branches et des branchettes, des écorces, des fruits frais et secs, des bois secs, de la litière et des déchets d'animaux.



**Figure 2** : Dynamique des types de biomasse susceptibles de brûler dans le terroir de Katiali entre 2008 et 2020

**Sources** : M. Koné, 2012 ; travaux de terrain, décembre 2019, février 2020, mars 2020

Elle se composait en 2008 majoritairement d'herbes, tandis qu'en 2020, les feuilles sèches et fraîches, les branches et les fruits secs sont devenus majoritaires. Par exemple, les quantités de feuilles sont passées de 0,9 t/ha à 5,4 t/ha. De plus, l'espèce envahissante *Hyptis suaveolens* a beaucoup colonisé le paysage en 2020 (Figure 2). Cette tendance s'est accrue jusqu'en janvier 2025. L'augmentation des feuilles au cours de la période 2008-2025 est un indicateur de l'abondance des espèces ligneuses dans la zone d'étude.

Les résultats révèlent aussi que certaines graminées pérennes et annuelles qui constituaient la majorité de la biomasse en 2008, sont en voie de disparaître. En 2008, les espèces d'herbes majeures étaient les herbes annuelles (*Euphorbia hirta*, *Borreia verticillata*, and *Pennisetum spp.*) et pérennes (*Andropogon gayanus*, *Andropogon chiensis*, *Hyparrhenia subplumosa*, *Imperata cylindrica*, *Schizachyrium sanguineum*, et *Hyptis suaveolens*) (M. Koné, 2012, p. 110). En 2025, on constate la prolifération de nouvelles espèces envahissantes dont l'espèce *Hyptis suaveolens* (Photo 3). Cette espèce atteint jusqu'à 5,2 tonnes à l'hectare dans le paysage (Figure 2). De plus, arrêtée sur pied, elle n'est pas inflammable.



**Photo 1** : L'espèce *Hyptis suaveolens* a envahi un verger d'anacarde au sud du terroir de Katiali

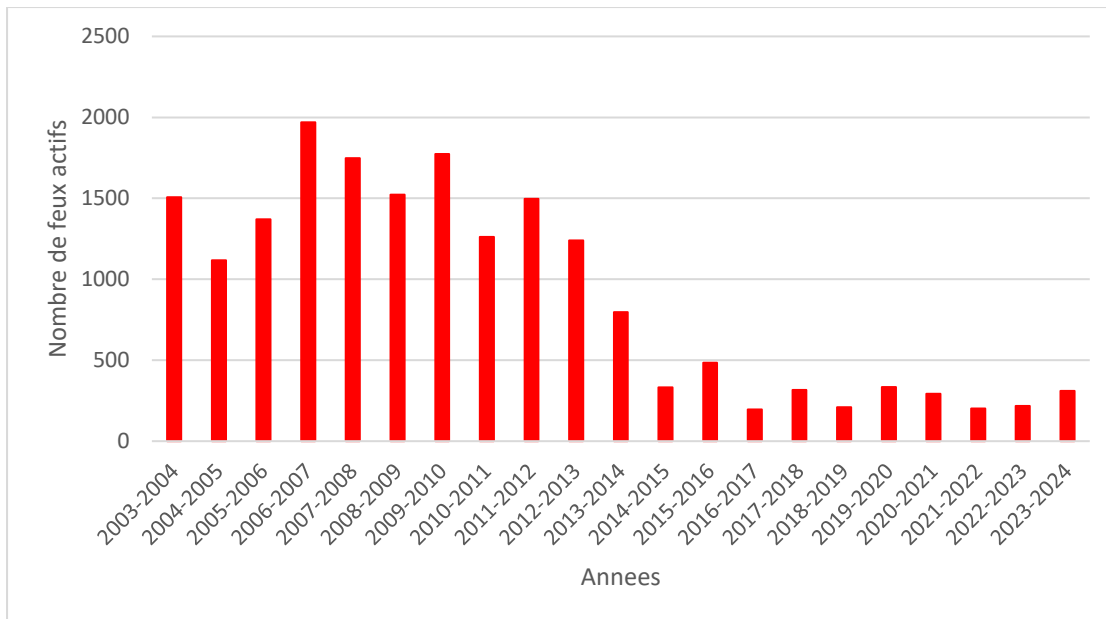
**Source**: M. Koné, Katiali, 2025

### **3.2. Dynamique des régimes des feux de brousse**

Un régime de feux de brousse fait référence à la période à laquelle le feu est allumé, à l'intensité du feu, à l'efficacité du brûlage et à la fréquence du feu dans un espace donné (Koné, 2012, p. 80). Les variabilités temporelles et spatiales indiquent une évolution des régimes des feux de brousse et révèlent ces grandes tendances.

#### **- Analyse de la distribution interannuelle des incendies**

L'analyse de la distribution temporelle des données des feux actifs MODIS pour la période 2003-2024 révèle une variabilité interannuelle de l'occurrence des incendies dans la région du Poro. De plus, il se dégage trois grandes tendances (Figure 3). En effet, entre les saisons sèches 2003-2004 et 2006-2007, on constate une tendance à la hausse des feux de brousse, tandis qu'entre les saisons sèches 2007-2008 et 2013-2014, la tendance des feux de brousse est à la baisse. A partir de la saison sèche 2015, on constate une oscillation entre suppression et légère reprise des feux de brousse. Nos observations et entretiens dans la région de Katiali en janvier 2025 ont confirmé cette tendance à la suppression des incendies dans la région, car nous n'avons aperçu aucun espace brûlé en janvier pourtant classé milieu de saison sèche.

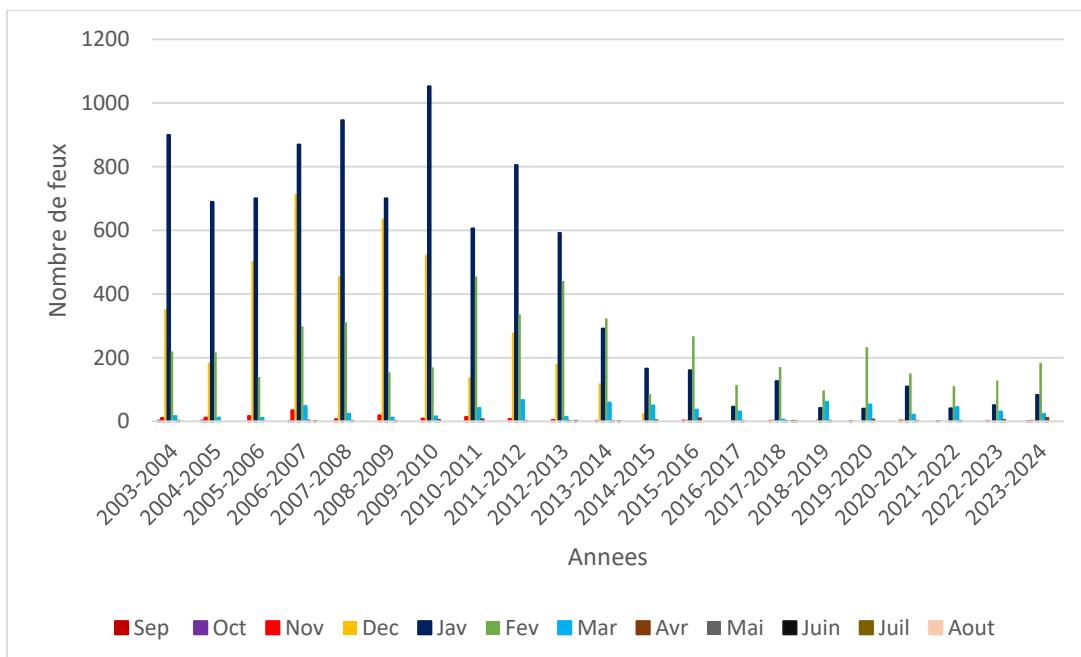


**Figure 3** : Variabilité interannuelle de l'occurrence des feux actifs dans la région du Poro entre 2003 et 2024

**Source** : données MODIS, 2003-2024

### - Périodes des feux de brousse

La distribution temporelle des points des feux actifs MODIS au cours d'une saison sèche révèle la longueur de la période des feux de brousse et son changement. De manière générale, la saison des incendies va du mois de novembre à celui d'avril, s'étendant ainsi sur 6 mois (2003-2004 à 2013-2014). Cependant, depuis la saison sèche 2015-2016, nous assistons à un raccourcissement de la saison des feux de brousse qui s'étend maintenant sur 5 mois c'est-à-dire de décembre à avril (Figure 4).



**Figure 4** : Distribution saisonnière des feux actifs de la région du Poro de 2003 à 2024

**Source** : Données MODIS, 2003-2024

La Figure 4 révèle également trois périodes au cours de la saison des feux de brousse. Pour la longue saison de six (6) mois, la première période débute timidement en début novembre. Ce mois de novembre enregistre les faibles occurrences de feu de brousse. Concernant la courte saison de cinq (5) mois, les incendies démarrent en décembre avec une occurrence de 0 à 8 feux (Tableau 3).

**Tableau 3** : Statistiques des points de feux actifs pour la période 2003-2024

MOIS	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	TOTAL
2003-2004		3	11	352	900	220	17	2	2				1507
2004-2005		3	12	185	689	217	12	0					1118
2005-2006			17	503	700	139	11						1370
2006-2007		1	35	715	869	298	48	3		1			1970
2007-2008			7	456	946	311	24	2	1				1747
2008-2009			19	637	700	153	12	1					1522
2009-2010			9	523	1052	169	16	5					1774
2010-2011			14	138	606	455	42	7					1262
2011-2012			8	279	805	336	67	1					1496
2012-2013			5	181	592	441	14	2	2	2			1239
2013-2014			2	119	291	323	59	1		1			796
2014-2015				26	165	86	50	4	1				332
2015-2016			3	7	160	267	37	10					484
2016-2017				2	46	114	31	1	1				195
2017-2018			2	7	126	170	6	1	2	2	1		317
2018-2019				8	42	97	61	2					210
2019-2020	1			1	40	233	53	6					334
2020-2021			3	7	109	150	21	2					292
2021-2022	1			3	41	110	45	2					202
2022-2023			2		51	128	31	5					217
2023-2024		1	2	6	83	184	23	11					310
TOTAL	2	8	151	4155	9013	4601	680	68	9	6	1	0	18694

**Source** : données MODIS, 2003-2024 (<http://firms.modaps.eosdis.nasa.gov>)

La période de novembre-décembre correspond aux feux précoces. Les résultats indiquent que depuis la saison sèche 2015-2016, la période des feux précoces s'est davantage rétrécie et on assiste de plus en plus à un glissement de la saison des feux de brousse vers janvier et février. La deuxième période concerne les mois de janvier et de février. Pendant cette période, les occurrences de feux augmentent rapidement et atteignent leur maximum en février. Cette période est la plus cruciale et elle est qualifiée de pleine saison des feux ou de période de milieu de saison sèche. La troisième période commence en mars avec une diminution progressive mais régulière des occurrences de feux et se termine en avril où les enregistrements de feux sont presque nuls. Les incendies de cette période sont qualifiés de feux tardifs (Tableau 3).

Les résultats des enquêtes de terrain révèlent aussi qu'il y a trois périodes de mise à feu à la brousse (Tableau 4). En effet, le feu est mis à la brousse soit au début, au milieu ou à la fin de saison sèche. Les feux de début de saison sèche, aussi appelés feux précoces, sont les feux allumés après la fin des dernières pluies de fin octobre jusqu'en fin décembre. Les feux de milieu de saison sèche sont allumés durant la période de janvier à fin-février. Les feux tardifs sont allumés pendant les mois de mars et d'avril. En plus de cette division de la saison

sèche en trois périodes, 42 % des informateurs ont révélé que la majorité des feux de brousse a lieu maintenant en milieu de saison sèche, tandis que 35 % estiment que les feux de brousse sont devenus tardifs. Une proportion de 17 % estime même qu'il n'y a plus de feux de brousse en comparaison aux feux de brousse d'il y a 40 ans (Tableau 5). Nos observations sur le terrain en janvier 2025 révèlent que les feux de brousse sont en voie de disparaître dans la zone d'étude.

**Tableau 4** : Période des feux sur le terroir de Katiali

Période des feux de brousse	Effectif	Pourcentage (%)
Début de saison sèche	2	5
Milieu de saison sèche	17	42,5
Fin de saison sèche	14	35
Il n'y a plus de feu	7	17,5
Total	40	100

Source : enquêtes de terrain, 2020

Les feux de brousse ne sont presque plus observés au cours des mois d'octobre, novembre, avril et mai dans la région du Poro. Depuis la saison sèche 2013-2014, la majorité des occurrences des feux est détectée en février. Enfin, la tendance générale observée est la diminution drastique des feux dans le Poro (Figure 4; Tableau 4).

#### **- Intensité des feux de brousse**

Les résultats de l'enquête sur l'évolution de l'intensité des feux de brousse montrent que l'intensité des incendies varie d'une période à une autre dans la savane soudanaise. La majorité des informateurs a indiqué que les feux de brousse sont devenus moins intenses tant en début, milieu qu'en fin de saison sèche (Tableau 5). Selon eux, il n'y a plus d'herbes à brûler dans le terroir de Katiali, donc il ne peut plus y avoir de feux intenses ou très intenses.

**Tableau 5** : Intensité du feu selon le début, milieu et fin de saison sèche

Périodes	Intensité du feu	Effectif	Pourcentage (%)
Début de saison sèche	Moins intense	28	70
	Intense	6	15
	Très intense	4	10
	Il n'y a plus de feu de brousse	2	5
Milieu de saison sèche	Moins intense	18	45
	Intense	8	30
	Très intense	12	20
	Il n'y a plus de feu de brousse	2	5
Fin de saison sèche	Moins intense	20	50
	Intense	4	10
	Très intense	15	37,5
	Il n'y a plus de feu de brousse	1	2,5
Total		40	100

Source : Enquête de terrain, 2020

Les résultats de la comparaison des températures mesurées en 2008 et en 2020 concordent avec les perceptions des informateurs (Tableau 6). Dans l'ensemble, les températures mesurées en 2008 sont plus élevées que celles enregistrées en 2020. Les

brûlages intenses des savanes herbeuses a drastiquement diminué tant en début, au milieu qu'à la fin de la saison sèche.

**Tableau 6** : Températures du feu mesurées dans les parcelles expérimentales en début, milieu et fin de saison sèche (SS) en 2008 et 2020

Type de végétation	Début de SS		Milieu de SS		Fin de SS	
	2008	2020	2008	2020	2008	2020
Jachère	284	102	284	192	304	264
Savane herbeuse	350	75	460	68	326	43
Savane arbustive	340	141	356	149	331	111
Savane arborée	240	97	333	138	260	91
Forêt galerie		129	327	184		135

**Source** : données de terrain, 2008 ; 2020

### - Efficacité du brûlage

Concernant l'efficacité du brûlage, les membres de l'échantillon ont reconnu que les feux de brousse de la saison sèche de 2019-2020 sont devenus dans l'ensemble inefficaces. Ils estiment aussi que les incendies du début et de la fin de saison sèche sont encore plus inefficaces que ceux de milieu de saison sèche (Tableau 7). La raison essentielle évoquée avec insistance est la diminution drastique des herbes susceptibles de brûler. Ces résultats concordent avec ceux des expériences de feux de brousse. Le Tableau 9 indique que les feux de brousse sont devenus inefficaces pour toutes les classes de végétation. Pendant la saison sèche 2007-2008, le brûlage était très efficace au milieu de la saison sèche dans les savanes herbeuses (99 %) et arbustives (88 %), mais pour la saison sèche 2019-2020, les savanes herbeuses (75 %) et arbustives (38 %) ont inefficacement brûlé.

**Tableau 7** : Efficacité du brûlage selon le début, milieu et fin de saison sèche

Périodes	Efficacité du brûlage	Effectif	Pourcentage (%)
Début de saison sèche	Moins efficace	26	65
	Efficace	7	17,5
	Très efficace	6	15
	Il n'y a plus de feu de brousse	1	2,5
Milieu de saison sèche	Moins efficace	15	37,5
	Efficace	9	22,5
	Très efficace	15	37,5
	Il n'y a plus de feu de brousse	1	2,5
Fin de saison sèche	Moins efficace	19	47,5
	Efficace	5	12,5
	Très efficace	15	37,5
	Il n'y a plus de feu de brousse	1	2,5
Total		40	100

**Source** : enquête de terrain, 2020

Le brûlage est devenu très inefficace au cours des feux de brousse tardifs (Tableau 8). Ce fait met en évidence qu'en général, les classes de végétation des paysages de savane ne brûlent presque plus en fin de saison sèche. De plus, les mesures montrent que le brûlage est devenu plus efficace dans les forêts galeries (90 %) qui, avant, ne brûlaient qu'au milieu de la saison sèche à cause de leur micro-climat frais et humide qui est maintenant altéré, car la pratique de l'orpaillage illégal a ouvert les forêts galeries dans la zone de Katiali.

**Tableau 8** : Efficacité du brûlage évaluée dans les parcelles expérimentales au cours des saisons sèches 2007-2008 et 2019-2020

Type de végétation	Début de SS		Milieu de SS		Fin de SS	
	2008	2020	2008	2020	2008	2020
Jachère	31	22	56	43	57	38
Savane herbeuse	99	52	99	75	99	2
Savane arbustive	71	23	88	38	64	2
Savane arborée	57	70	77	85	67	1
Forêt galerie		4	41	80		7

**Sources** : données de terrain, 2007-2008 et 2019-2020

### - Fréquence des feux de brousse

La fréquence des feux de brousse fait référence au nombre de fois qu'une même parcelle peut brûler pendant une même saison sèche. Les observations de la savane au cours de la saison sèche 2019-2020 montrent que les herbes annuelles et pérennes ont drastiquement diminué. De plus, leurs arrangements discontinus dans le paysage ne favorisent pas une propagation continue des feux lorsqu'ils sont allumés. Par conséquent, une parcelle déjà brûlée pendant une période de la saison sèche ne peut plus brûler. Ce constat a été confirmé par la réponse de 85 % des informateurs qui estiment que si les parcelles brûlent une fois, elles ne peuvent plus brûler au cours de cette même saison sèche (Tableau 9).

**Tableau 9** : Fréquence des feux de brousse

Possibilité de re-brûlage des parcelles déjà brûlées	Effectif	Pourcentage (%)
Oui	6	15
Non	34	85
Total	40	100

**Source** : enquête de terrain, 2020

Les raisons évoquées sont essentiellement la diminution et le changement de types de fuels qui brûlent. En effet, les herbes ont beaucoup diminué dans le paysage. Elles sont de plus en plus remplacées par les feuilles, les branches d'arbustes et d'arbres et l'*Hyptis suaveolens*. Cette espèce d'herbe non inflammable colonise rapidement les parcelles.

### 3.3. Implications de l'évolution de la qualité et de la quantité de la biomasse

Les résultats de cette recherche longitudinale ont des implications importantes concernant les quantités des gaz émis durant les feux de brousse. Les résultats des mesures des gaz effectués en temps réel montrent que les quantités de CO émises sont plus importantes pour la saison sèche de 2019-2020 que pour celle de 2007-2008 dans toutes les classes de végétation sauf pour les savanes herbeuses (Tableau 10).

**Tableau 10** : Quantités de CO (ppm) mesurées dans les parcelles en 2008 et 2020

Type de végétation	Début de SS		Milieu de SS		Fin de SS	
	2008	2020	2008	2020	2008	2020
Jachère	3238	4251	2087	5617	3123	11307
Savane herbeuse	2095	688	5674	1415	5997	1269
Savane arbustive	3866	2298	2587	4589	4767	7582
Savane arborée	1442	2496	2102	2584	2882	8968
Forêt galerie		1999	2048	4370		5995

Comme pour le CO, les quantités de CO<sub>2</sub> émises dans l’atmosphère sont plus élevées pour la saison sèche 2019-2020 que pour celle de 2007-2008, sauf pour les savanes herbeuses (Tableau 11).

**Tableau 11** : Quantités de CO<sub>2</sub> (ppm) mesurées dans les parcelles expérimentales en temps réel en 2008 et 2020

Type de végétation	Début de SS		Milieu de SS		Fin de SS	
	2008	2020	2008	2020	2008	2020
Jachère	21185	23387	19046	26947	24163	48475
Savane herbeuse	18605	7209	28976	10244	32464	14050
Savane arbustive	22605	20982	18632	33742	34479	35417
Savane arborée	13987	64486	21078	17430	23956	41395
Forêt galerie		19225	20261	30212		41055

Le régime des feux de brousse qui prévaut actuellement, caractérisé par des brûlages moins intenses, inefficaces et moins fréquents, émet beaucoup plus de CO<sub>2</sub> et de CO comme résultats de combustion incomplète de la biomasse. Cependant, en dépit de cette possibilité d’émission de beaucoup plus de quantités de CO et de CO<sub>2</sub>, les quantités globales des émissions de gaz ne sont plus alarmantes parce que la superficie des paysages brûlés et les quantités totales de fuels consommés ont beaucoup diminué pour la savane soudanaise.

Une autre implication est que les incendies moins intenses et inefficaces favorisent la recrudescence des espèces ligneuses dans le paysage qu’il y a 20 ans (Planche photographique 3). Le corolaire de cette implication est l’augmentation du potentiel de séquestration du CO<sub>2</sub> de l’atmosphère, contribuant ainsi aux stratégies d’atténuation du réchauffement climatique.



**Planche photographique 3** : Recrudescence des espèces ligneuses dans le terroir de Katiali après diminution des feux de brousse

**Source** : M Koné, 2025

Les facteurs importants de cette dynamique des feux de brousse sont les activités agropastorales, notamment la culture de l’anacarde et l’élevage bovin. L’exemple de la région du Poro montre que pour être efficaces, les stratégies et politiques environnementales de lutte contre les feux de brousse doivent établir un lien avec les activités de diversification des revenus des populations locales.

### 3. Discussion

#### 3.1. Dynamique de la quantité et de la qualité de la biomasse qui brûle

La comparaison des quantités de la biomasse susceptible de brûler pour les saisons sèches 2008-2009 et 2019-2020 a mis en évidence de manière générale une diminution de la biomasse herbacée dans le paysage. De plus, concernant les types de biomasse susceptible de brûler, les herbes ont beaucoup diminué, tandis que les feuilles ont augmenté dans le paysage. Ces résultats concordent avec ceux de M. Koné (2012, p.121) qui mettent en exergue la diminution et le changement des communautés floristiques dans la savane soudanaise sous les effets conjugués de la culture de l'anacarde, de la transhumance bovine, et de l'utilisation du feu comme outil de gestion des ressources. Auparavant, T. J Bassett et Z. Koli Bi (1999, p. 146) avaient déjà mentionné l'impact de la pression animale sur les ressources naturelles. A cet effet, ils indiquent que la pression animale entraîne la raréfaction des graminées vivaces et, par le jeu de la concurrence interspécifique, le développement des plantes comme *Hyptis suaveolens*.

#### 3.2. Dynamique des régimes des feux de brousse et implications

Les résultats de cette étude indiquent une évolution du nombre des feux de brousse avec une tendance à la baisse au cours de la période 2003-2025. Les variabilités saisonnières de l'occurrence des incendies montrent qu'ils surviennent en majorité pendant les mois de janvier et de février. Ces résultats confirment ceux de nombreux travaux effectués sur les régimes des feux de brousse qui ont montré des tendances à la baisse du nombre de feux au cours des dernières décennies en Afrique de l'Ouest (J. L. Kouassi, 2019, p. 149). La baisse du nombre des feux dans la zone d'étude est consécutive au développement des activités agropastorales, notamment la culture de l'anacarde et de l'élevage bovin.

Les résultats montrent aussi que sur la période 2003-2025, les régimes des feux de brousse ont changé. Les incendies sont devenus moins intenses avec des brûlages inefficaces. Les conclusions de cette recherche concordent avec ceux d'autres auteurs dont T. J. Bassett et Z. Koli Bi (1999, p. 151) et M. Koné et al. (2008, p. 2) qui soulignent la tendance à la baisse de l'intensité de la combustion et de l'efficacité de la combustion au cours du temps.

Concernant la fréquence des feux, les résultats concordent avec ceux de P. Laris et A. Bakkoury (2008, p.12) qui révèlent que si une parcelle brûle en début ou en milieu de saison sèche, elle ne peut plus brûler, parce que la quantité de biomasse a diminué. Par contre, pour S. R. Maïga (2016, p. 55), un espace déjà brûlé peut encore brûler au cours de la même saison sèche parce que la fréquence des incendies est liée à l'intensité du feu et de l'efficacité du brûlage.

Les implications qui découlent du changement intervenu dans les régimes des feux de brousse au nord de la Côte d'Ivoire sont (1) une diminution de la quantité des gaz à effet de serre et des gaz chimiquement actifs dans l'atmosphère (R. Vernooij et al., 2021, p. 1381) qui doit avoir un impact positif sur le réchauffement climatique et (2) la recrudescence des espèces ligneuses dans le paysage qui séquestre beaucoup plus de CO<sub>2</sub> qu'espéré (M. Koné et al., 2008, p. 4).

### Conclusion

L'étude longitudinale des impacts de l'évolution de la qualité et de la quantité de biomasse susceptible de brûler sur les régimes des feux de brousse et les émissions de gaz dans la savane soudanaise révèle que la quantité de biomasse a drastiquement diminué dans la zone de recherche. De plus, elle montre que plusieurs espèces herbacées ont disparu au détriment de nouvelles, notamment l'*Hyptis suaveolens*. La biomasse qui était majoritairement constituée d'herbes est beaucoup plus constituée des feuilles actuellement. Cette évolution de la quantité et de la qualité de la biomasse susceptible de brûler conduit à des feux de brousse

moins intenses, inefficaces et moins fréquents qui glissent de plus en plus des mois de novembre et décembre vers ceux de janvier et février.

La diminution de la quantité de biomasse associée à celle des incendies dans les paysages de savane soudanaise a des implications importantes pour les changements environnementaux. En effet, les nouveaux régimes d'incendies émettent dans l'atmosphère beaucoup plus de produits gazeux issus d'une combustion incomplète de la biomasse tel que le monoxyde de carbone, tandis que la phase de combustion complète génère du dioxyde de carbone. Cependant, les émissions de gaz issues des feux de brousse actuels sont moins alarmantes car les espaces brûlés ont drastiquement diminué. La diminution des incendies conduit à la recrudescence de beaucoup d'espèces ligneuses dans les milieux de savane. Ce qui augmente plus de potentiel de séquestration du dioxyde de carbone de la savane soudanaise qu'on ne le pense.

## Références bibliographiques

AWUAH Joana, STUART W. Smith, James D. M. Speed, Bente J. Graae. 2022. "Can Seasonal Fire Management Reduce the Risk of Carbon Loss from Wildfires in a Protected Guinea Savanna?" *Ecosphere* 13(11): e4283. <https://doi.org/10.1002/ecs2.4283>

BASSETT Thomas Joseph, KOLI BI Zuéli 1999, Fulbe livestock raising and Environmental change in northern Cote d'Ivoire, pp. 139-159

DEMBELE Fadiala 1996, *Influence du feu et du pâturage sur la végétation et la biodiversité dans les jachères en zone soudanaise-nord du Mali*, thèse de doctorat, Marseille, France, 189 p.

DOAMBA Sabine W. M. F., SAVADOGO Patrice, NACRO Hassan Bismarck, 2014, Rôle des feux de savane sur les caractéristiques biogéochimiques des sols en zone soudanaise du Burkina Faso, *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(2): pp. 777-793

FAIRHEAD James et MELISSA Leach, 1995. Reading forest history backwards : Guinea's forest-savanna mosaic, 1893-1993, *Environment and History* 1, n° 1, February 1995, pp. 55-91 <http://www.environmentandsociety.org/node/2821>

JAIN Atul K. et YANG Xiaojuan, 2005. Modeling the effects of two different land cover change data sets on the carbon stocks of plants and soils in concert with CO<sub>2</sub> and climate change, *Global Biogeochemical Cycles*, VOL. 19, GB2015, 20 p., doi:10.1029/2004GB002349.

Hoffmann, Odile, 1985, *Pratiques pastorales et dynamique du couvert végétal en pays Lobi (Nord-Est de la Côte d'Ivoire)*, ORSTOM, Paris. 355p.

KONE Moussa, 2021, « Activités et sources d'émissions de gaz de la filière karité dans la région du Poro au nord de la Côte d'Ivoire dans le contexte du changement climatique », *Revue du Laboratoire Africain de Démographie et des Dynamiques Spatiales (GéoVision)*, N° 006, Vol. 2, Décembre 2021, pp. 52-66,

KONE Moussa. 2021, « *Vitellaria paradoxa*: aires de distribution, paysages et services écosystémiques dans la région du Poro, Côte d'Ivoire », *Revue de Géographie, d'Aménagement Régional et de Développement des Suds (RegardSuds)*, Deuxième numéro, septembre 2021, pp. 5-19,

KONE Moussa et MAIGA Saly Ramata, 2020, « Dynamique spatio-temporelle des feux de brousse dans les milieux de savanes de la Côte d'Ivoire de 2001 à 2019 », *Revue GEOVISION*, N° 003, Vol. 2, Décembre 2020, pp. 200-214.

KONÉ Moussa, 2012, *Up in smoke: Biomass burning and atmospheric emissions in sudanian savana of Côte d'Ivoire*, University of Illinois at Urbana-Champaign, Philosophy Doctorate, 285p

KONÉ Moussa, BASSETT Thomas Joseph, JOHNSON N'Kem. 2008, *Up in smoke: Biomass burning, land cover change, and atmospheric emissions in the sudanian savannas of Côte d'Ivoire*. Norman Borlaug LEAP Research Brief S07-08-05-LEAP.

KOUASSI Kouakou Jean-Luc, 2019, *Variabilité climatique, dynamique des feux de végétation et perceptions locales dans le bassin versant du N'zi (centre de la Côte d'Ivoire)*, Thèse de Doctorat de L'Institut Nationale polytechnique Félix Houphouët-Boigny. 228 p.

LARIS Paul, BAKKOURY Aziz. 2008, « Nouvelles leçons d'une vieille pratique: Mosaïque du feu dans la savane du Mali », *BOIS ET FORÊTS DES TROPIQUES*, N° 296 (2), pp. 5-16, <http://bft.cirad.fr/pdf/res296.pdf>

LARIS Paul, KONE Moussa, DEMBELE Fadiala, RODRIGUE Christine M., YANG Lilian, JACOBS Rebecca, LARIS Quincy, CAMARA Facourou, 2023, « The Pyrogeography of Methane Emissions from Seasonal Mosaic Burning Regimes in a West African Landscape », *Fire*, 6, 52. <https://doi.org/10.3390/fire6020052>

LOUPPE Dominique, OUATTARA N'klo, ALASSANE Coulibaly, 1995, « Effet des feux de brousse sur la végétation », *Bois et Forêts Des Tropiques*, N° 245, 3<sup>e</sup> Trimestre, 11 p.

MAÏGA Saly Ramata, 2016, *Feux de brousse et émissions des Gaz dans une savane du Sud Mali : Cas de Tabou*, Mémoire de Master de Géographie physique et environnement, Institut de Géographie tropicale, Université Félix Houphouët-Boigny Abidjan-Cocody, 87 p

RIOU Gérard, 1995, *Savanes. L'herbe, l'arbre et l'homme en terres tropicales*, Masson, Paris. 270 p.

OUOBA Awa Pounyala, 2013, *Changements climatiques, dynamique de la végétation et perception paysanne dans le Sahel burkinabè*, Thèse de doctorat unique de Géographie. Ecole doctorale lettres, sciences humaines et communication. 305 p.

SORO Nambégué, 2006, *Paysages et évolution du couvert végétal dans le nord de la Côte d'Ivoire Cas du terroir de Katiali (Nord-ouest de la zone dense de Korhogo)*, Thèse de doctorat unique, Université d'Abidjan-Cocody, UFR SHS, 256 p.

SOULAMA Soungalo, KADEBA Abel, NACOULMA Blandine, TRAORE Salifou, BACHMANN Yvonne, THIOMBIANO Adjima, 2015, « Impact des activités anthropiques sur la dynamique de la végétation de la réserve partielle de faune de Pama et de ses périphéries (sud-est du Burkina Faso) dans un contexte de variabilité climatique », *Journal of Applied Biosciences* 87:8047– 8064, <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v87i1.6>

VALEA Françoise et BALLOUCHE Aziz, 2012, « Les feux de brousse en Afrique de l'Ouest : contraintes environnementales ou outil de gestion environnementale ? L'exemple du Burkina Faso », *Territoires d'Afrique*, Vol. n° 3, pp. 36-47

VERNOOLJ Roland, GIONGO Marcos, BORGES Marco Assis, COSTA Máximo Menezes, ANA CAROLINA Sena Barradas et GUIDO R. van der Werf, 2021, « Intra-seasonal variability of greenhouse gas emission factors from biomass burning in the Brazilian Cerrado », *Biogeosciences*, 18, pp. 1375–1393, <https://doi.org/10.5194/bg-18-1375-2021>

YAMÉOGO German, KIEMA André, YELEMOU Barthélémy, OUÉDRAOGO Lucien, 2013, « Caractéristiques des ressources fourragères herbacées des pâturages naturels du terroir de Vipalogo (Burkina Faso) », *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 7(5): 2078-2091. ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print), pp. 2078- 2091

YEO Nahoua, DIARRASSOUBA Bazoumana, KONAN Kouakou Attien Jean-Michel, 2022, « Activités anthropiques et dégradation du couvert végétal dans la Sous-préfecture de Korhogo », *DaloGéo*, numéro spécial n° 002, septembre 2022, pp. 193-210.