

## Caractérisation post conflits armés des perturbations dans la forêt classée du Haut-Sassandra en Côte d'Ivoire

Yao Sadaïou Sabas BARIMA<sup>1\*</sup>, Adjo Annie Yvette ASSALE<sup>1</sup>, Mathieu WIGNAL<sup>2</sup>, Julien ANDRIEU<sup>2</sup> et Michel GODRON<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université Jean Lorougnon Guédé, Unité de Formation et de Recherche en Environnement, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire

<sup>2</sup> Université Nice Sophia Antipolis, UMR Espace, 98 Bd Edouard Herriot, BP 3209 06204 Nice cedex 3, France

<sup>3</sup> La Graineterie, 18410 Brinon, France

\* Correspondance, courriel : [byssabas@gmail.com](mailto:byssabas@gmail.com)

### Résumé

Les conflits armés en Côte d'Ivoire ont exacerbé les pressions sur les ressources foncières en général et sur les aires protégées en particulier, dont la forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS). Cette forêt domaniale était, avant les conflits, l'une des forêts les mieux protégées. L'objectif de cet article est d'améliorer les connaissances sur les effets des perturbations dues aux conflits sur la FCHS. La question qui justifie la recherche sur la FCHS est celle de la pertinence d'un scénario de retour à une vocation de foresterie et de conservation par rapport à un scénario de déclassement en faveur de l'agriculture. Pour y répondre, cet article décrit l'artificialisation de la forêt pour en estimer la capacité de résilience. Ainsi, un recensement des marques de perturbation a été réalisé selon un échantillonnage systématique de 392 segments linéaires contigus de 25 m de long chacun. Une analyse fréquentielle a été effectuée sur ces données à partir du diagramme des dipôles et de l'algorithme de l'archipel. Elle a révélé l'existence de trois modes d'artificialisation largement dominés par les activités de mise en place des plantations de cacaoyers. Ces perturbations ont transformé la FCHS en un paysage micro-hétérogène à 75 %. Les installations de cultures ont lieu préférentiellement à l'intérieur de la forêt pour qu'elles ne soient pas visibles par les autorités en charge de la surveillance de la forêt. Les résultats ont aussi révélé que la cinématique de l'artificialisation est complexe et que la végétation des segments où des cultures ont été installées n'a pas franchi le seuil de résilience qui rendrait impossible le retour à la forêt. Cette cinématique peut être modélisée par le modèle conceptuel des « montagnes russes ».

**Mots-clés :** *algorithme de l'archipel, artificialisation, conflits armés, culture de cacaoyer, forêt classée, diagramme des dipôles, hétérogénéité.*

### Abstract

**Characterization of disturbances in the classified forest of Haut-Sassandra after conflict in Côte d'Ivoire**

Armed conflict in Côte d'Ivoire exacerbated pressures on land resources in general and protected areas in particular whose the classified forest of Haut-Sassandra (CFHS). This forest was before the conflict, one of the

best protected forests of Côte d'Ivoire. The objective of this article is to improve knowledge on the effects of perturbations due to conflicts on CFHS. The question that justifies research on CFHS is that of the relevance of a return scenario in a forestry vocation and conservation compared to a decommissioning scenario in favor of agriculture. To answer them, this article describes the forest artificialisation to estimate its resilience. Thus, a survey of disturbance marks was conducted according to a systematic sampling of 392 contiguous line segments 25 meters long each. A frequency analysis was performed on these data from diagram dipoles and archipelago algorithm. It revealed the existence of three modes of artificial largely dominated by the implementation of cocoa plantations activities. These disturbances have transformed CFHS in a micro-heterogeneous landscape at 75 %. Facilities crops occur preferentially within the forest for not to be visible to the authorities in charge of the forest monitoring. The results also revealed that the kinematics of the artificial is complex and vegetation of segments where crops have been installed has not crossed the threshold of resilience making it impossible to return to the forest. These kinematics can be modeled by the conceptual model of the "rollercoaster".

**Keywords :** *algorithm of the archipelago, artificialisation, armed conflict, culture cocoa, forest reserve, chart dipoles, heterogeneity.*

## 1. Introduction

La région ouest africaine est un foyer de conflits armés en Afrique depuis plus de deux décennies [1 - 4]. La Côte d'Ivoire est rentrée dans cette spirale de conflits depuis le début des années 2000 jusqu'à la fin de 2011. Ces crises ivoiriennes ont donné lieu à une partition du pays avec, grossièrement, les zones Nord, Centre, et Ouest sous occupation des groupes rebelles et la partie Sud sous administration gouvernementale. La zone intermédiaire, dénommée zone tampon, a été placée sous administration de l'ONU et de l'armée française (*Figure 1*). Ces conflits ont exacerbé les pressions sur les ressources foncières en générale et sur les aires protégées en particulier [5, 6]. Les forêts ont connu la plus forte régression en Côte d'Ivoire [7] ; l'essentiel de la forêt ivoirienne se résumant à des parcs nationaux et des forêts classées. Avant le début des conflits en Côte d'Ivoire, la forêt classée du Haut-Sassandra (FCHS) était l'une des forêts pilotes du pays. Elle disposait d'une flore assez riche composée d'environ un millier d'espèces réparties sur plusieurs biotopes naturels différents [8]. Pendant les conflits, la partie Nord de la FCHS était dans la zone sous contrôle des groupements rebelles quand les deux-tiers étaient situés dans la zone tampon. La FCHS était donc restée, pendant cette période, sans autorité forestière légale et a donc connu une interruption des activités de conservation.

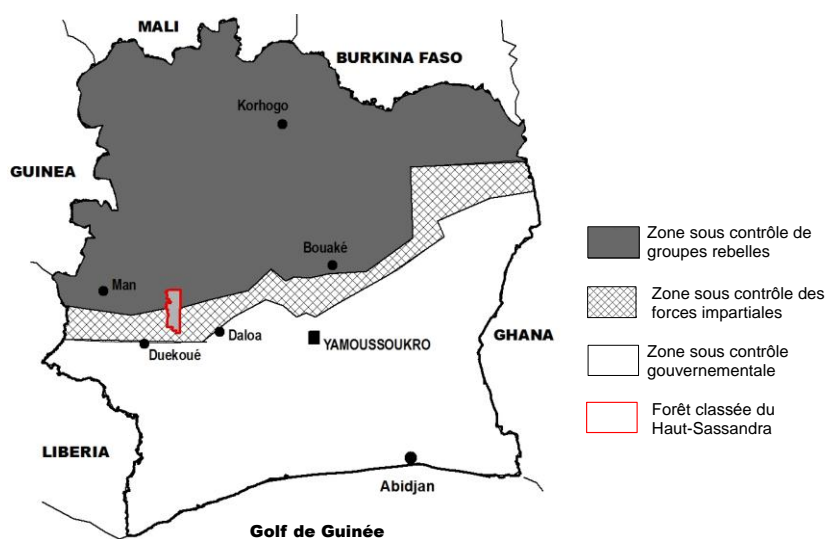
D'importants mouvements de populations fuyant les zones de combat ont été observés dans cette région [9]. Cette période a aussi vu s'accroître l'afflux de populations des pays voisins (principalement de l'hinterland) vers les zones forestières de la Côte d'Ivoire et la FCHS en particulier, en quête de terres propices à la culture de produits d'exportation et principalement du cacao, de l'hévéa, du palmier à huile, etc. [10, 11]. Les modalités des installations illicites qui se sont ainsi produites dans cette forêt sont le principal processus étudié dans cet article. Dans l'hypothèse où l'Etat Ivoirien pourrait redonner à la FCHS une pleine vocation forestière (exploitation forestière et / ou conservation de l'environnement forestier) ou au contraire déclasser la forêt pour officialiser une vocation agricole, il est important de juger de la capacité de la forêt à remplir ses fonctionnalités forestières. Cet article étudie la capacité de l'environnement à reconstruire un écosystème forestier sain à travers les modalités de l'artificialisation de cet espace. Pour estimer la résilience, il s'agit de quantifier le degré d'artificialisation d'une part et de décrire l'agencement spatial de ces éléments d'autre part. Ainsi, la première hypothèse qui sous-tend cette étude stipule que différentes pratiques agroforestières très récentes sont à l'origine d'une dynamique d'artificialisation récente et massive. La deuxième hypothèse,

est que depuis l'installation des agriculteurs, la FCHS présente une forte hétérogénéité sous forme d'un gradient de la périphérie de la forêt vers l'intérieur, en liaison avec la distribution des villages d'agriculteurs autour et les modalités d'infiltrations illégales dans la FCHS. L'objectif de cet article est donc premièrement d'améliorer les connaissances sur les perturbations dues aux conflits d'une forêt protégée en milieu tropical, de sorte à déterminer le mode d'artificialisation de cette aire protégée. Il s'agira deuxièmement de caractériser la temporalité de l'artificialisation. Enfin, sur la base de ces interprétations nous argumenterons sur la pertinence d'une lecture de tel phénomène à la lumière d'un modèle conceptuel dit des « montagnes russes » issu de la thermodynamique.

## 2. Méthodologie

### 2-1. Zone d'étude

Située au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire (**Figure 1**), la FCHS appartient, depuis 1974, au domaine forestier permanent de l'Etat ivoirien. Elle est située entre 6°52' et 7°24' de Latitude Nord et entre 6°59' et 7°10' de Longitude Ouest. Elle s'étendait, à sa création, sur une superficie de 102 400 Ha. Le climat y est de type guinéen forestier bimodal. La moyenne mensuelle des minima de température entre 2002 et 2013 est de 22 °C, les températures maximales oscillant entre 28 °C et 35 °C. La pluviométrie moyenne annuelle est de 68,81 mm avec un minima de 6,73 mm et un maxima de 103,58 mm.

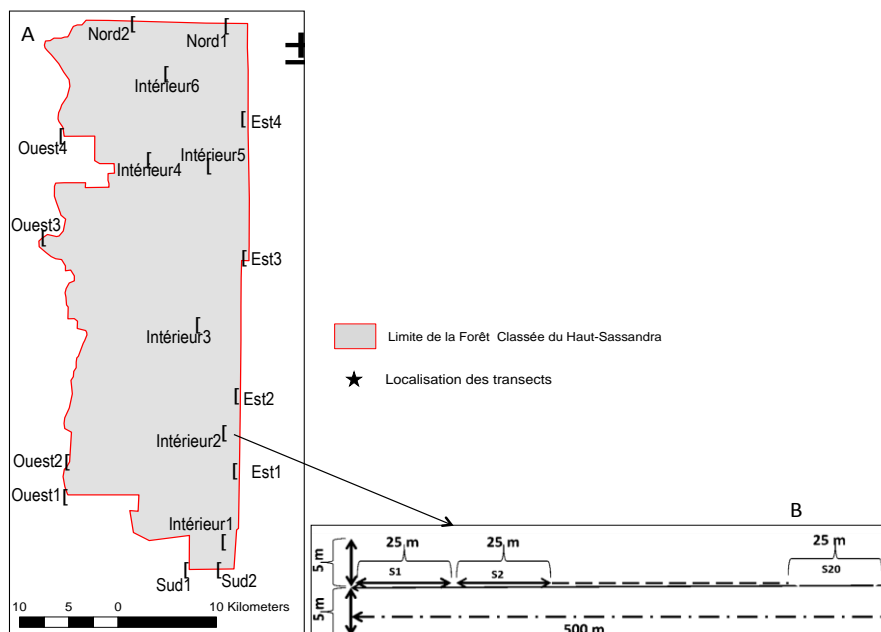


**Figure 1 :** Situation de la forêt classée du Haut-Sassandra pendant la période de conflits en Côte d'Ivoire

La FCHS appartenait, dans sa majeure partie, à la zone de forêt dense humide semi-décidue à *Celtis spp.* et *Triplochiton scleroxylon* du secteur mésophile [12]. Elle se caractérise également par la chute quasi-simultanée des feuilles des grands arbres durant la saison sèche. La partie Nord de la FCHS était une zone de transition entre la forêt dense humide citée précédemment et la forêt dense humide semi-décidue à *Aubrevillea kerstingii* et *Khaya grandifoliola* [13]. La périphérie de la FCHS est occupée par des exploitations agricoles, des villages et des campements d'autochtones mais surtout d'allochtones et d'immigrés de la sous-région ouest africaine. A ce jour, aucune statistique fiable n'est disponible sur le nombre, la taille et la qualité de ces habitats.

## 2-2. Échantillonnage et relevé

Un schéma répétitif régulier a été utilisé, en réalisant un échantillonnage systématique le long de transects linéaires. Dix-huit transects ont été installés dans la FCHS dont quatre à sa limite occidentale de la forêt, quatre à sa limite orientale, deux à sa limite nord, deux à sa limite sud et six transects à l'intérieur de la forêt (**Figure 2**). Chacun des transects a une longueur de 600 m ou 500 m. Pour respecter le caractère aléatoire que doit présenter cet échantillonnage, le point de départ de chaque transect n'a pas été choisi subjectivement mais déterminé par une grille géométrique. Chaque transect a été divisé en segments contigus d'égale longueur, de 25 m soit un total de 392 segments. Dans chaque segment, les perturbations et certains traits écologiques ont été observés, relevés et enregistrés sous la forme d'une matrice dans laquelle la présence de chaque «trait» est indiquée par le chiffre 1 et l'absence par le chiffre 0.



**Figure 2 :** Répartition spatiale des sites échantillonnés dans la forêt classée du Haut-Sassandra. Chaque site représente le point de départ d'un transect

## 2-3. Traitement statistique des observations

### 2-3-1. Liaisons entre les traits d'artificialisation

Pour décrire le niveau d'artificialisation de la FCHS, les modes d'artificialisation ont été regroupés entre eux en fonction de leurs fréquences de co-occurrence dans un même segment. Ce regroupement permet de distinguer dans cette matrice de 392 lignes et 46 colonnes, un petit nombre de modes d'artificialisation qui pourront correspondre à ce qui est généralement décrit comme les différentes « séries » des dynamiques progressives et régressives en écologie. Pour traiter ce genre de données, des méthodes multivariées et en particulier l'analyse factorielle des correspondances sont très souvent utilisées [14, 15]. Ces méthodes permettent de voir que certains traits se retrouvent souvent ensemble mais elles ne comprennent pas de tests permettant de calculer le degré de signification de ces proximités contrairement à l'analyse fréquentielle [16 - 18]. Deux algorithmes issus de ces tests d'analyse fréquentielle ont donc été ici utilisés pour traiter l'information des traits d'artificialisation de la FCHS : les probabilités des coexistences et l'hétérogénéité des segments. L'information donnée par les probabilités des coexistences entre les traits a été obtenue à partir de la **Formule** de Brillouin :

$$I = \log_2(1/P) \tag{1}$$

où  $I$  est la quantité d'information mesurée en binons (ou unité internationale d'information donnée par l'hétérogénéité) et  $P$  est la probabilité de l'événement observé.

Les évènements sont ici la co-occurrence de deux traits dans un même transect. Cette information sera affectée du signe (+) quand le nombre de co-occurrences est très élevé ; elle sera négative et affectée du signe (-) quand il y a peu de co-occurrences. Une présentation détaillée des informations positives et négatives calculées pour chaque paire de traits a été réalisée à partir d'un premier algorithme appelé «diagramme des dipôles». Ce diagramme permet d'identifier les traits dont la liaison négative est très forte et donc de distinguer les deux modes de gestion agroforestiers les moins souvent présents en un même lieu. Ensuite, pour résumer l'information donnée par l'ensemble des liaisons entre tous les traits sous forme d'un petit nombre de modes d'artificialisation, l'algorithme de «l'archipel» a été appliqué. Il permet de regrouper les traits les plus liés positivement, en opérant une diagonalisation de la matrice des informations probabilistes entre les traits. L'algorithme de l'archipel a ainsi donné les groupes de traits les plus liés entre eux qu'avec les autres traits.

### **2-3-2. Hétérogénéité**

Les types d'hétérogénéité des paysages sont analysés afin de voir comment l'artificialisation structure spatialement les paysages étudiés. Les transects se prêtent bien à l'étude de cette hétérogénéité en distinguant la macro-hétérogénéité et la micro-hétérogénéité [19, 20]. L'hétérogénéité d'un ensemble de deux lieux où un caractère peut être présent ou absent est nulle quand les deux lieux sont identiques et elle est égale à un binon quand ils sont différents. Par exemple, considérons une ligne de 4 segments où un élément A est présent deux fois. Si les deux présences sont dans les deux premiers segments en donnant le schéma (AA—), une fenêtre coulissante de deux segments de longueur calculerait les hétérogénéités de trois paires de segments voisins :

- homogène pour les deux premiers segments (AA), et son degré d'hétérogénéité serait = 0 ;
- hétérogène pour le second et le troisième segment (A —), et son degré d'hétérogénéité serait  $\log_2 C_1^2 = \log_2 2 = 1$  ;
- à nouveau homogène pour les deux derniers segments (AA), et son degré d'hétérogénéité serait à nouveau = 0.

La moyenne des degrés d'hétérogénéité des trois navettes serait donc :  $(0 + 1 + 0) / 3 = 0,33$ . Si l'on rééchantillonne le transect en regroupant les segments deux par deux, le résultat aurait été (A —), un seul calcul de l'hétérogénéité aurait été effectué et serait égale à 1. Le ré-échantillonnage à plus faible résolution aurait fait augmenter l'hétérogénéité moyenne de 0,33 à 1, démontrant statistiquement la macro-hétérogénéité. Si leur répartition est (A — A —), une fenêtre coulissante de deux segments de longueur calculerait les hétérogénéités de trois paires de segments voisins :

- hétérogène pour les deux premiers segments (A —), et son degré d'hétérogénéité serait = 1 ;
- hétérogène pour le second et le troisième segment (— A), et son degré d'hétérogénéité serait encore 1 ;
- encore hétérogène pour les deux derniers segments (A —), et son degré d'hétérogénéité serait encore 1.

La moyenne des degrés d'hétérogénéité des trois navettes serait :  $(1 + 1 + 1) / 3 = 1$ . Si l'on rééchantillonne le transect en regroupant les segments deux par deux, les deux paires de segments deviennent identiques entre elles et le calcul de l'hétérogénéité donne 0. Le ré-échantillonnage à plus faible résolution fait diminuer l'hétérogénéité moyenne de 1 à 0, démontrant statistiquement la micro-hétérogénéité. En conclusion, un

transect est macro-hétérogène si la mesure de son hétérogénéité augmente quand on diminue la résolution ; un transect est micro-hétérogène si la mesure de son hétérogénéité diminue quand on diminue la résolution. Pour synthétiser ce calcul, l'indice le plus satisfaisant est la somme des pentes des droites de régression de la mesure de l'hétérogénéité de chaque trait, pondérée par la fréquence

### 3. Résultats

#### 3-1. Traits caractérisant les actions humaines

La campagne a donné la liste des 46 traits présents dans chaque segment (*Tableau 1*). Ces informations serviront à caractériser les perturbations en mettant l'accent sur les actions humaines qui ont produit l'évolution de la végétation et des paysages. Pour donner une vue d'ensemble des observations, la fréquence des traits d'artificialisation observés au moins 10 fois est présentée dans le *Tableau 2*. On observe que la fréquence la plus importante serait celle des plantations de cacao dont les différents âges de plantations cumulent en 234 segments. Les observations des conséquences de cette culture sur le couvert arboré suivent dans l'ordre d'importance des segments avec 222 chutes d'arbres observés et 205 brulis au pied des arbres. La culture de cacao n'est pas l'unique culture puisque 163 associations de cultures ont été observées. Seules 22 segments ont permis l'observation d'exploitation forestière et 44 l'observation de jachères.

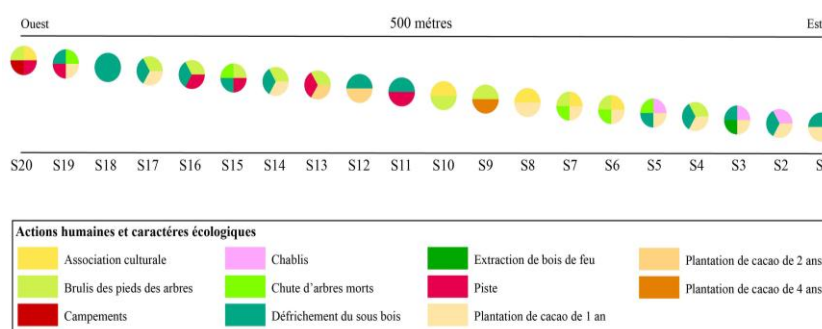
**Tableau 1** : Liste des observations effectuées dans la forêt classée du Haut-Sassandra

N°	Trait	N°	Trait
01	Association de cultures	24	Mosaïque de café-cacao de + 20 ans
02	Brulis des pieds des arbres	25	Mosaïque de café-cacao de + 30 ans
03	Campement	26	Piste
04	Chablis	27	Plantation d'anacarde de + 30 ans
05	Champ d'igname	28	Plantation d'anacarde de 2 ans
06	Champ de manioc	29	Plantation de cacao de + 20 ans
07	Champ de maïs	30	Plantation de cacao de + 5 ans
08	Champ de riz	31	Plantation de cacao de 1 an
09	Chute d'arbres morts	32	Plantation de cacao de 2 ans
10	Défrichement du sous-bois	33	Plantation de cacao de 3 ans
11	Extraction de bois de feu	34	Plantation de cacao de 4 ans
12	Forêt en reconstitution	35	Plantation de cacao de 5 ans
13	Forêt ripicole	36	Plantation de caféier de + 10 ans
14	Forêt ripicole assez conservée	37	Présence de grosses lianes
15	Forêt ripicole dégradée	38	Puits
16	Forêt ripicole intacte	39	Pépinière de cacao
17	Forêt secondaire assez conservée	40	Sol nu
18	Forêt secondaire dégradée	41	Tapis graminéen
19	Forêt secondaire peu dégradée	42	Trace d'exploitation forestière
20	Jachère	43	Trace de feu de brousse
21	Lieu de concassage	44	Traitement herbicide
22	Lisière peu intacte	45	Zone inondée
23	Mosaïque de café-cacao de + 15 ans	46	Zone relativement humide

**Tableau 2 : Occurrences des traits d'artificialisation observées au moins 10 fois dans la forêt classée du Haut-Sassandra**

Traits d'artificialisation	Occurrences
Chute d'arbres morts	222
Brulis des pieds des arbres	205
Association culturale	163
Plantation de cacao de 2 ans	74
Plantation de cacao de 3 ans	69
Plantation de cacao de 1 an	65
Chablis	45
Jachère	44
Défrichement du sous-bois	35
Piste	33
Trace d'exploitation forestière	22
Plantation de cacao de 4 ans	15
Plantation de cacao de plus de 5 ans	11
Champ de maïs	10
Extraction de bois de feu	10

Pour donner un aperçu plus précis des données récoltées sur le terrain, nous décrirons, pour exemple, le transect Intérieur 3 (*Figure 3*).



**Figure 3 : Illustration des observations de traits d'artificialisation de long du transect « Intérieur3 »**

Ce transect présente au moins un trait d'artificialisation pour chaque segment. Il présente par ailleurs un nombre important de pistes et un défrichement important du sous-bois. On observe en effet, dans les cinq premiers segments, un défrichement du sous-bois qui est associé avec de jeunes plantations de cacao d'une année qui, lui s'observe jusqu'au segment neuf. Ces plantations sont accompagnées de brulis des pieds des arbres ou de chutes d'arbres morts. Le segment dix composé d'association culturale et de brulis des pieds des arbres marque une zone de transition vers un espace plus morcelé où l'on observe toujours un défrichement du sous-bois du segment onze au segment dix-neuf. Celui-ci est accompagnée par du brulis des pieds des arbres notamment du segment treize au dix-sept. On retrouve quelques plantations de cacao âgées d'un ou deux ans notamment. Ce transect présente donc deux espaces différents. A l'est, de jeunes plantations de cacao d'un an qui s'étendent sur 200 m accompagnées de défrichements du sous-bois sur 125 m. Par la suite, plus à l'ouest, on rentre dans un espace différent où l'empreinte de l'homme est plus importante avec un total de six pistes et un campement à l'extrême ouest du transect. Cet espace présente un défrichement du sous-bois important qui s'étend sur 200 m associé à du brulis des pieds des arbres. Il semble donc que cet espace soit en préparation pour l'implantation de nouvelle plantation de cacao bien que des plantations de 25 - 50 m soit déjà présentes mais réparties de manière diffuse.



### 3-2. Liaison entre les traits d'artificialisation

Le diagramme des dipôles présente dans le détail les informations positives et négatives calculées pour chaque paire de traits. Les deux traits qui sont les moins souvent présents ensemble (liaison négative -33) sont brulis des pieds des arbres et forêt secondaire assez conservée (**Tableau 3**).

**Tableau 3 : Liaison négative entre les traits d'artificialisation**

Fréquence	Trait	Liaison
189	Brulis des pieds des arbres	-33
32	Forêt secondaire assez conservée	

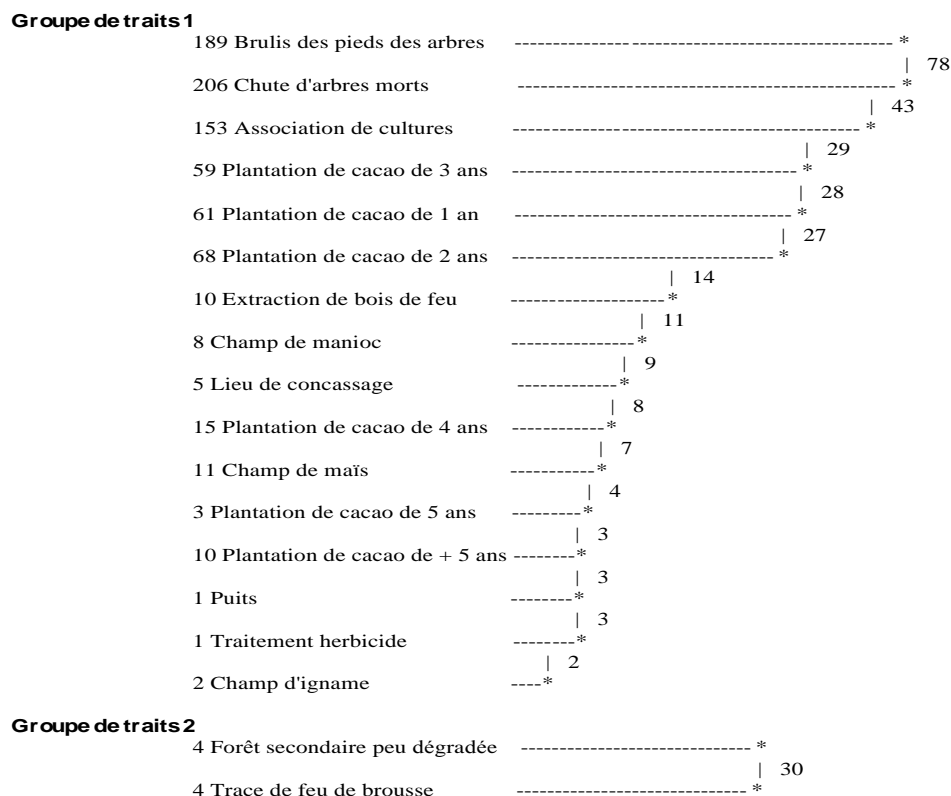
Les traits qui sont liés positivement avec respectivement brulis des pieds des arbres et forêt secondaire assez conservée sont présentés dans le **Tableau 4**. Concernant le brulis des pieds des arbres, les premières liaisons positives sont avec la chute d'arbres morts (+ 78). Le trait association de cultures est fortement lié aux deux précédents. Il comprend des cultures vivrières associées à de jeunes plantations de cacao. Le brulis des arbres a été effectué dans les segments où les jeunes cacaoyers sont présents. Concernant la forêt secondaire assez conservée, les indices de liaison sont beaucoup plus faibles, et ils correspondent cependant à la présence simultanée des Chablis, de la forêt secondaire peu conservée, de la Présence de grosses lianes et de celle de Trace d'exploitation forestière confirmant l'ensemble cohérent de traits strictement forestiers opposés aux traits agricoles du premier pôle.

**Tableau 4 : Principales liaisons positives entre d'une part, le brulis des pieds des arbres et d'autre part, la forêt secondaire assez conservée et les traits d'artificialisation**

	Fréquence	Trait	Liaison
<b>Brulis des pieds des arbres</b>			
	206	Chute d'arbres morts	+ 7
	153	Association de cultures	+ 33
	61	Plantation de cacao de 1 an	+ 28
	68	Plantation de cacao de 2 an	+ 12
	8	Champ de manioc	+ 8
	59	Plantation de cacao de 3 an	+ 7
	11	Champ de maïs	+ 6
	15	Plantation de cacao de 4 ans	+ 5
	34	Piste	+ 3
	12	Forêt en reconstitution	+ 2
	2	Champ d'igname	+ 2
	5	Lieu de concassage	+ 2
<b>Forêt secondaire assez conservée</b>			
	46	Chablis	+ 4
	1	Forêt secondaire peu conservée	+ 4
	1	Présence de grosses lianes	+ 4
	22	Trace d'exploitation forestière	+ 3



Pour résumer l'information donnée par l'ensemble des liaisons entre tous les traits, l'algorithme de l'archipel regroupe les traits les plus liés positivement, en opérant une diagonalisation de la matrice des informations probabilistes entre les traits et donne les groupes de traits plus liés entre eux qu'avec les autres traits. Pour le groupe de traits 1 (*Figure 4*), le brulis des pieds des arbres, la chute d'arbres morts et l'association de cultures sont les traits les plus fréquents dans ces transects. Ils coexistent aussi très souvent dans plus de 100 segments. Ces trois traits caractérisent donc le type d'artificialisation le plus important, qui sera nommé "mode N°1". Il a effectivement été vu sur le terrain que le brulis des pieds des arbres et la chute d'arbres morts suffisent pour que les agriculteurs installent des cultures associées (dans 153 segments), et des plantations de cacao de 1, 2 ou 3 ans (dans plus de 50 segments).

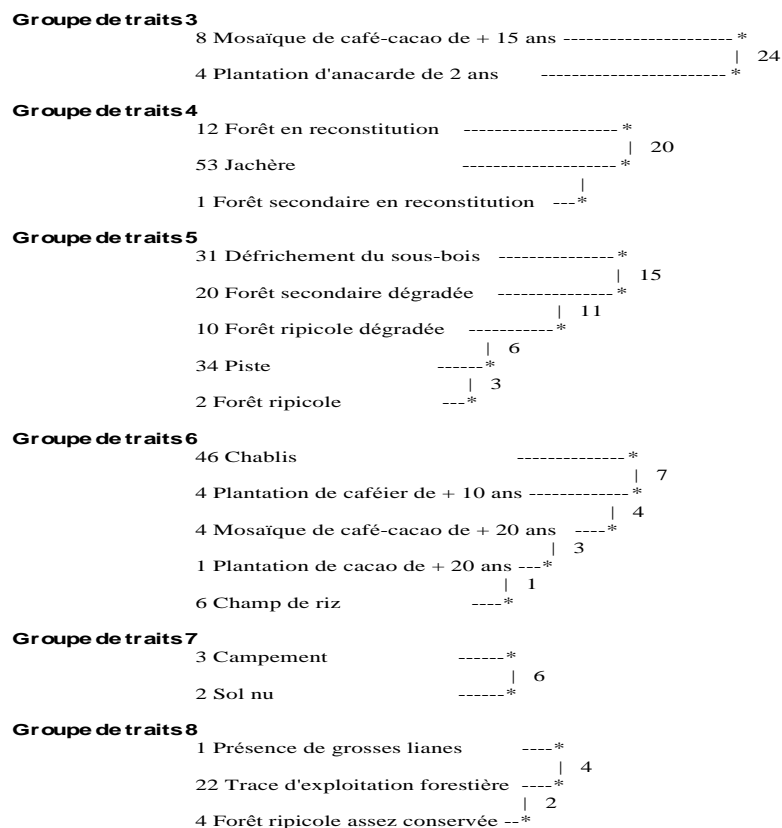


**Figure 4 :** Matrices des informations probabilistes entre les traits d'artificialisation pour les groupes de traits 1 et 2. Les chiffres à gauche représentent les fréquences et ceux à droite les liaisons entre les traits

L'algorithme de l'archipel montre quelques caractères annexes de ce mode N°1 :

- Association de cultures est très fortement opposée à Jachère (- 17), à défrichement du sous-bois (-13) et à Trace d'exploitation forestière (- 12) ;
- Plantation de cacao de + 5 ans est opposé à Brulis des pieds des arbres, champ de maïs est opposé à jachère ;
- Extraction de bois de feu est opposé à brulis des pieds des arbres ;
- Chute d'arbres morts est opposé à tapis graminéen, zone inondée et zone relativement humide ;
- Traitement herbicide est opposé à chute d'arbres morts et ceci montre que l'artificialisation, dans le mode N°1, reste modérée quand elle est seulement indiquée par la chute d'arbres morts, (elle sera alors dite mode N°1 - 1) mais qu'elle peut être poussée à l'extrême par le traitement herbicide jusqu'au mode N°1-2 ;
- Puits est opposé à brulis des pieds des arbres et le trait puits appartient aussi au mode N°1 - 2.

Le groupe de traits 2 (**Figure 4**) indique typiquement des lieux où le défrichage est seulement amorcé, et il est présent dans les segments 5, 6, 7 et 8 du transect "Est3". Ces deux caractères correspondent à l'amorce du mode N°1, qui sera nommée mode N°1 - 0, puisque les traits forêt secondaire assez conservée et forêt secondaire peu dégradée indiquent que l'artificialisation est seulement amorcée. Les dipôles du groupe de traits 3 (**Figure 5**) montrent que mosaïque de café-cacao de + 15 ans est fortement opposée à chute d'arbres morts, ce qui confirme que les chutes d'arbres morts ont cessé dans les vieilles plantations. Le groupe 4 (**Figure 5**) montre que les jachères permettent une reconstitution de la forêt. Cette réaction à l'artificialisation est caractéristique d'une séquence de végétation "progressive". Les dipôles montrent que jachère est fortement opposée à association de cultures et à piste, forêt en reconstitution est fortement opposée à association de cultures et forêt en reconstitution est opposée à chute d'arbres morts. Dans le groupe de traits 5 (**Figure 5**), le défrichage du sous-bois est donc la première amorce de l'artificialisation et il appartient au mode N°1 - 0. Les dipôles montrent que forêt secondaire dégradée est fortement opposé à plantation de cacao de 2 ans et forêt ripicole est opposée à brulis des pieds des arbres. Le diagramme des dipôles du groupe de traits 6 (**Figure 5**) montre que le trait Chablis est fortement opposé à l'association de cultures. Plantation de caféier de + 10 ans est fortement opposée à chute d'arbres morts confirmant que les chutes d'arbres morts sont présentes seulement dans les jeunes plantations. Dans le groupe de traits 7 (**Figure 5**), campement et sol nu sont opposés à chute d'arbres morts et sont le signe d'une artificialisation intense (mode N°1 - 2). Enfin dans le groupe de traits 8 (**Figure 5**), l'opposition forte entre trace d'exploitation forestière et chute d'arbres morts donnée par le diagramme des dipôles montre qu'il ne s'agit plus du mode d'artificialisation N°1 mais d'un mode N°2 caractérisé par l'exploitation forestière de gros arbres, et qui ne conduit pas toujours à des cultures.



**Figure 5 :** Matrices des informations probabilistes entre les traits d'artificialisation pour les groupes de traits 3, 4, 5, 6, 7 et 8. Les chiffres à gauche représentent les fréquences et ceux à droite les liaisons entre les traits

### 3-3. Les types d'hétérogénéité des paysages

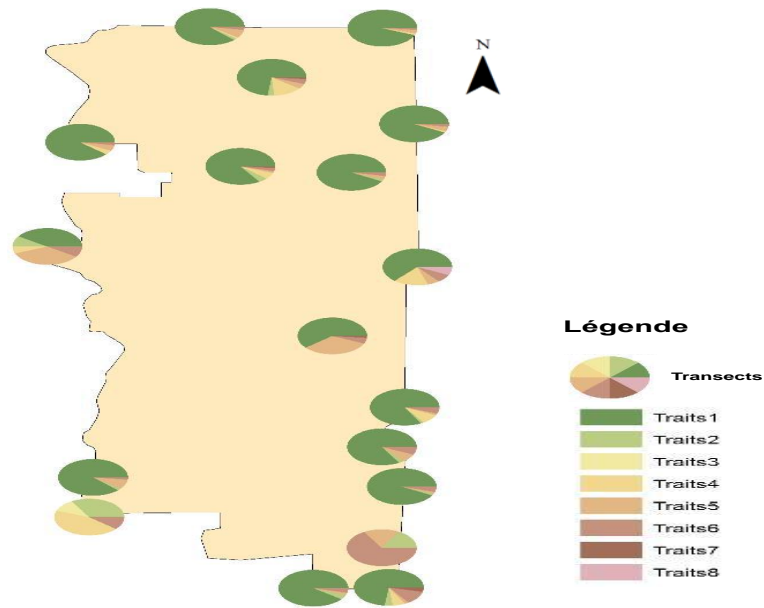
Les caractéristiques des pentes des droites de régression de la mesure de l'hétérogénéité de chaque transect est présentée dans le **Tableau 5**. Puisqu'une pente négative est le signe de la micro-hétérogénéité, les trois quarts des transects sont micro-hétérogènes. C'est en particulier le cas des 5 premiers transects situés à l'intérieur de la forêt (Intérieur1 à Intérieur5) où les cultures sont disséminées dans de petites parcelles alors que le brûlis des pieds des arbres et les chutes d'arbres morts dans la forêt secondaire dégradée y sont présents presque partout. Cinq transects sont macro-hétérogènes ; le transect le plus nettement macro-hétérogène est le transect Sud 1, où le contraste est fort (l'indice est 2,6) entre le début du transect qui est intensivement cultivé et la fin qui est inondée. Viennent ensuite, avec des indices bien plus proches de 0, le transect Est 1 (0,46), dont les quatre premiers segments sont une mosaïque de plantations de café et de cacao de + 15 ans, puis Ouest 4 (0,3), où les quatre premiers segments sont en jachère et piste, en net contraste avec le reste du transect qui est plus forestier. Il existe bien un contraste entre l'intérieur où cinq transects sur six sont micro-hétérogènes contre les bords de la forêt où cinq transects sur douze sont macro-hétérogènes.

**Tableau 5 : Indice d'hétérogénéité des transects**

Transect	Somme des pentes pondérées	Moyenne des pentes pondérées
Est1	0,46	0,05
Est2	- 0,41	- 0,04
Est3	- 0,87	- 0,07
Est4	- 0,40	- 0,04
Intérieur1	- 0,16	- 0,08
Intérieur2	- 1,44	- 0,16
Intérieur3	- 1,87	- 0,23
Intérieur4	- 1,19	- 0,15
Intérieur5	- 0,82	- 0,10
Intérieur6	0,11	0,01
Nord1	- 0,84	- 0,08
Nord2	- 1,25	- 0,14
Ouest1	0,10	0,02
Ouest2	- 0,39	- 0,04
Ouest3	- 0,36	- 0,03
Ouest4	0,31	0,03
Sud1	2,62	0,20
Sud2	- 0,51	- 0,05

### 3-4. Localisation du mode d'artificialisation le plus répandu (mode N°1) comme lecture de l'hétérogénéité à l'échelle de la FCHS

Le mode N°1 est présent dans presque tous les transects (**Figure 6**). Dans ces transects artificialisés, les segments du mode N°1 sont souvent contigus. Les transects peu artificialisés sont presque tous des transects des lisières de la forêt comme les transects Ouest 1, Ouest 2, Ouest 3, Sud 1 et Sud 2 sont très peu artificialisés.



**Figure 6 :** Localisation du mode d'artificialisation N°1 dans la forêt classée du Haut-Sassandra

## 4. Discussion

### 4-1. Modes d'artificialisation de la FCHS

Les analyses du diagramme des dipôles et de l'algorithme de l'archipel permettent de conclure que l'installation de cultures dans la FCHS s'opère selon trois modes.

#### 4-1-1. Mode N°1 : le mode le plus répandu

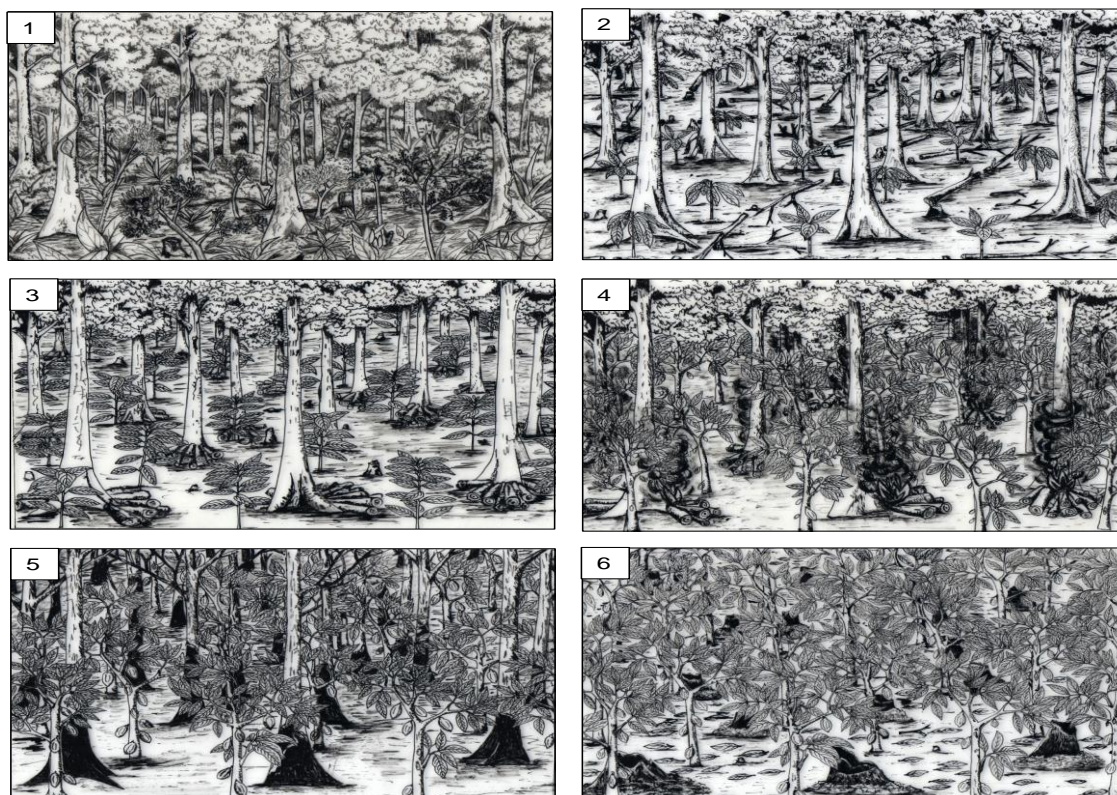
Ce mode est caractérisé par les traits brulis des pieds des arbres, chute d'arbres morts et association de cultures qui comprend des plantations de cacao de 1 à 3 ans. Dans la pratique, ce mode opératoire commence par le brulis et la chute d'arbres morts, qui ne sont presque jamais présents dans les forêts secondaires assez conservées. Ces deux actions sont caractéristiques du mode d'artificialisation N°1 le plus typique, que nous nommerons "mode N°1 - 1". Il a effectivement été vu sur le terrain que le brulis des pieds des arbres suffit pour les faire mourir et pour que les agriculteurs installent des cultures associées (environ 40 % de l'ensemble des segments), et des plantations de cacao de 1, 2 ou 3 ans tel que illustrée à la **Figure 7**. Le trait extraction de bois de feu est lié à défrichage du sous-bois, forêt secondaire dégradée, forêt ripicole dégradée, et les pistes y sont fréquentes. Ces traits participent au mode N°1 - 1. Les traits forêt secondaire peu dégradée et trace de feu de brousse sont présents ensembles dans les segments 5, 6, 7, 8 du transect Est 3, où le trait forêt secondaire assez conservée est aussi présent. Ils caractérisent le début du défrichage et sont caractéristiques du "mode N°1 - 0". Dans le transect ouest 3, la forêt ripicole est défrichée à certains endroits pour la culture du riz mais surtout pour la culture du cacao. Ce fut une surprise pour nous de voir que le cacao pouvait être cultivé en bordure d'un cours d'eau. Mais ce constat explique l'ampleur de la pression des populations sur la ressource foncière mais aussi la non maîtrise des techniques culturales par les populations [21, 22]. En effet, ces populations proviennent essentiellement de pays non forestiers limitrophes à la Côte d'Ivoire et en majorité du Burkina Faso [5] où le cacao culture n'est pas dans les pratiques agricoles courantes [23]. Dans ce mode, plantation de caféier de plus de 10 ans et mosaïque de café-cacao de + 15 ans sont fortement opposés à chute d'arbres morts, parce que les chutes d'arbres morts ont cessé dans les vieilles plantations.

**4-1-2. Mode N° 2 : le mode le moins fréquent**

L'opposition forte entre trace d'exploitation forestière et chute d'arbres morts donnée par le diagramme des dipôles montre qu'il ne s'agit plus du mode d'artificialisation N°1 mais d'un mode N°2, repéré dans le groupe de traits 7. Ce mode n'est pas fréquent dans cette forêt, et il est lié à la présence de grosses lianes et à forêt ripicole assez conservée, qui est opposée à association de cultures. Les traits forêt ripicole intacte dans le transect Ouest 1, Zone inondée dans Sud 1 et tapis graminéen dans Ouest 1 sont aussi opposés à chute d'arbres morts.

**4-1-3. Mode N° 3 : une séquence de végétation progressive**

Le quatrième groupe de traits montre que le trait jachère est très souvent présent en même temps que forêt en reconstitution. Cette information est intéressante parce qu'elle démontre qu'après une séquence d'artificialisation qui se termine par une mise en jachère, il peut se développer une séquence "progressive" de retour à la forêt, grâce aux diaspores des arbres disparus qui apportent l'information bionomique nécessaire pour reconstituer la forêt. Les Jachères sont présentes à l'intérieur de la forêt dans 10 transects (et en particulier dans 6 segments du transect "Intérieur6"), ce qui permet de penser que l'installation de plantations de cacao dans cette forêt classée est déjà ancienne [13]. Cependant l'analyse d'images anciennes de télédétection a permis de démontrer qu'en 2002, la FCHS était dominée à plus de 93 % par la forêt dense alors que les cultures et les jachères n'occupaient que 4,71 % du paysage [6, 24]. L'installation de plantations de cacao a donc eu lieu pendant la période de conflits en Côte d'Ivoire (2002 à 2012).



**Figure 7 :** *Processus de mise en place de la cacaoyère au sein de la forêt classée du Haut-Sassandra. Forêt à l'état initial présentant de gros arbres, un houppier jointif et de nombreuses lianes. (2) Elimination du sous-bois et semis du cacaoyer. (3) Regroupement des bois morts autour des gros arbres. (4) Brûlis des amas de bois et feuilles autour des gros arbres. (5) Plantation de cacaoyers avec des arbres morts sur pied. (6) Chute des arbres morts sur pied. Plantation de cacaoyers avec peu ou sans arbres [21]*



#### 4-2. Liaison entre les traits d'artificialisation

Brulis des pieds des arbres et forêt secondaire assez conservée sont les deux traits sont les moins souvent présents ensembles. Cette liaison négative n'est pas surprenante, puisque le brulis au pied des arbres est une étape déjà avancée d'artificialisation qui suit le défrichement du sous-bois et la plantation de cacao. Le descriptif de forêt secondaire assez conservée n'a pas été ici donné aux forêts attaquées par le brulis des pieds des arbres. De façon plus synthétique, les groupes 8 et 2 représentent un mode d'exploitation forestière différent des six autres groupes. Les groupes 5, 1, 6, 3 et 7 pourrait être considérés, dans cet ordre, comme une unique trajectoire de la mise en culture depuis le premier défrichement du sous-bois à l'installation du campement. Le groupe 4 représente la trajectoire inverse, celle de la reconstitution de la forêt. Ce troisième mode est une séquence de végétation progressive. Il montre que le trait jachère est très souvent présent en même temps que forêt en reconstitution. Cette information est intéressante parce qu'elle démontre qu'après une séquence d'artificialisation qui se termine par une mise en jachère, il peut se développer une séquence progressive de retour à la forêt, grâce aux diaspores des arbres disparus et à la dissémination des graines des arbres les plus proches. Les jachères sont présentes à l'intérieur de la forêt dans 10 transects confirmant que l'installation de plantations de cacao dans cette forêt classée est relativement ancienne. En somme, la présence de jachères, de forêts en reconstitution et de forêts secondaires en bon état de conservation montre que l'écosystème n'a pas atteint de seuil de non réversibilité de la couverture forestière, les pratiques cultures permettent apparemment un retour à la forêt.

#### 4-3. Localisation du mode d'artificialisation n°1

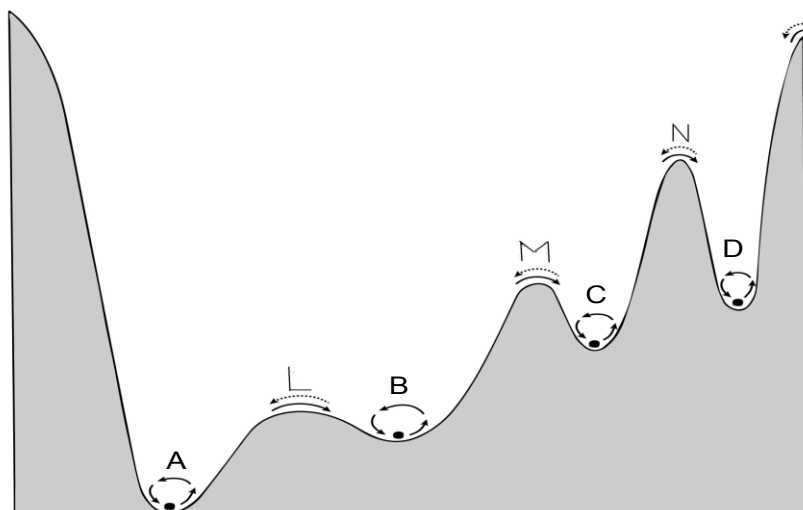
Les transects peu artificialisés (Ouest 1, Ouest 2, Ouest 3, Sud 1 et Sud 2) sont presque tous des transects des lisières de la forêt. Les installations de cultures ont donc eu lieu préférentiellement à l'intérieur de la forêt pour qu'elles ne soient pas visibles par les autorités administratives ou militaires en charge de la surveillance de la FCHS. Cette assertion est soutenue par la forte artificialisation des transects situés à l'intérieur de la forêt. La quasi absence de village à la lisière occidentale de la FCHS, du fait à la présence du fleuve Sassandra pourrait expliquer la faible artificialisation de cette partie.

#### 4-4. Temporalité de l'artificialisation

Nos travaux renseignent sur la temporalité de l'artificialisation puisque les plantations de cacao ont pu être datées. 61 et 68 segments étaient occupés respectivement par des plantations de 1 an et de 2 ans, soit 129 segments au total occupés par des plantations de deux ans au maximum. Les missions sur le terrain ayant été effectuées en 2014 soit deux après la fin des conflits, l'on peut conclure que la fin des conflits n'a pas été suivi par la fin des exploitations agricoles dans la FCHS. Au contraire, le rythme régulier et élevé d'installations de nouvelles cultures depuis 2012 s'est poursuivi comme l'avaient déjà remarqués [5]. Plus tôt en 2011, le taux chute brutalement à 15 segments et à 3 segments en 2010. La grande hétérogénéité, dominée par la micro-hétérogénéité, constitue aujourd'hui une très grande fragmentation de la matrice forestière défavorable aux espèces strictement forestières [25 - 27].

#### 4-5. Proposition d'un modèle conceptuel : les «montagnes russes»

Le bilan positif ou négatif des actions humaines peut être évalué en regardant l'équilibre des systèmes écologiques. Un système écologique est dans un état dynamique stable si des mécanismes de régulation le conduisent à rester dans un «puits de stabilité» où il oscille autour d'une situation centrale [20]. Quand les mécanismes de régulation ne sont plus suffisants pour qu'il revienne vers cette situation centrale, le système entre en crise jusqu'au moment où de nouvelles régulations le feront osciller autour d'une nouvelle situation centrale. Ce modèle en forme de montagne russe a longuement été élucidé par [20] (*Figure 8*).



**Figure 8 :** *Modèle en forme de montagnes russes. Ce modèle montre comment les systèmes biologiques restent durablement dans des états assez stables (A, B, C, D) séparés par des moments de crise (L, M, N). La figure montre seulement 4 états stables alors que la réalité en comprend un très grand nombre et que plusieurs chemins sont possibles pour passer d'un état stable à un autre. (Adapté suivant [20]).*

Quand les mécanismes de régulation ne sont plus suffisants pour qu'il revienne vers cette situation centrale, le système entre en crise jusqu'au moment où de nouvelles régulations le feront osciller autour d'une nouvelle situation centrale comme l'illustre la **Figure 8**. Ce modèle aide à comprendre l'évolution des forêts de Côte d'Ivoire et leur artificialisation. Ainsi, les forêts « primaires » naturelles sont dans le creux D, qui est très profond, puisque ces forêts sont presque immuables pendant plusieurs siècles. En Côte d'Ivoire, la plupart des forêts ont subi une déstabilisation forte lors de la récolte des bois de valeur et elles ont atterri dans le creux C des forêts « secondaires », où elles ont perdu seulement les espèces typiques des forêts primaires, (ou dryades). Lorsque des cultures sont installées en forêt, la destruction de la strate arborée envoie la végétation dans le creux B où règnent les cycles de vie des espèces cultivées ligneuses (cacao, café, anacarde, teck, etc.) ou dans le creux A des espèces cultivées annuelles (maïs, igname, manioc, etc.). La dynamique de l'artificialisation est évidemment plus complexe que le schéma linéaire présenté à la **Figure 8** puisque les combinaisons des 46 traits produisent des dizaines d'itinéraires techniques possibles.

Cela montre effectivement que l'artificialisation est un phénomène très complexe. Les puits A, B, C, et D devraient être complétés par des puits A', A'', A''', etc. B', B'', B''', B'''' , etc. Ce modèle serait alors parfaitement explicatif parce que les itinéraires techniques relierait les causes et les effets dans le fonctionnement du système. Ce prolongement des résultats obtenus pour la FCHS sera sans doute possible quand d'autres territoires auront été observés avec les mêmes méthodes. Le modèle des montagnes russes met en évidence la métastabilité forte de la FCHS, dont le temps de révolution est de l'ordre de 100 ans, alors que les cultures de cacao ont une métastabilité moyenne (temps de révolution = 10 ans) et les cultures de maïs une métastabilité faible (temps de révolution = 1 an). Il montre aussi que la végétation des segments où des cultures ont été installées n'a pas franchi le seuil de résilience qui rendrait impossible le retour à la forêt, puisque les seuils du modèle des montagnes russes appartiennent encore au régime de la résistance élastique. Dans ce modèle, la résistance élastique correspond à l'ensemble des forces qui maintiennent le système dans un des puits A, B, C ou D.



## 5. Conclusion

Les effets des perturbations dues aux conflits sur la forêt classée du Haut Sassandra se traduisent par des types d'artificialisation divers, essentiellement d'origine anthropique. Un total de 46 traits d'artificialisation a été recensé dans cette forêt protégée. Trois modes d'artificialisation ont été décelés. Le premier mode, dominant, et localisé dans presque tous les transects est caractérisé par la culture du cacaoyer. Le deuxième mode, moins représentatif correspond à l'exploitation forestière et le troisième mode fait allusion à une séquence de végétation progressive de retour vers la forêt. Ces trois modes ont fortement modifié le paysage rendant les trois quarts de cette forêt micro-hétérogènes. Ainsi, la forêt classée du Haut-Sassandra, qui était avant les années 2000 l'une des aires protégées les mieux conservées de la Côte d'Ivoire a subi, à la faveur des conflits politico-militaires, une modification profonde de son paysage. Fort heureusement, dans certaines zones de cette forêt domaniale, l'artificialisation n'est pas irréversible et une possibilité de retour vers la forêt est possible. Mais pour ce faire, les autorités administratives et politiques devront prendre, maintenant, des mesures vigoureuses et courageuses comme l'évacuation des populations clandestinement installées dans la forêt classée du Haut-Sassandra pour la culture du cacaoyer.

### Remerciements

*Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet Dynamiques paysagères en période de crises politico-militaires en Côte d'Ivoire : influences sur la gestion et la disponibilité des terres agricoles et la sécurité alimentaire (D2PCPCI). Ce projet a été réalisé avec le soutien du Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique de Côte d'Ivoire dans le cadre de la mise en œuvre du Contrat de Désendettement et de Développement (C2D) par l'Institut de Recherche et de Développement (IRD).*

### Références

- [1] - N. ANNAN, Violent Conflicts and Civil Strife in West Africa : Causes, Challenges and prospects, *stability : Int. J. Sec. Dev.*, 3 (1) (2014) 1 - 16.
- [2] - C. CASTILLEJO, West Africa : Continental engine or brake?, *FRIDE*, 176 (2014) 1 - 6.
- [3] - J. HALL, Africa's perpetual troublemakers and hot spots : Africa-wide - continental overview, *Afr. Conflict Monitor*, Feb, (2015) 4 - 9.
- [4] - B.-V. IKEJUAKU, The Relationship between Poverty, Conflict and Development, *J. Sust. Dev.*, 2(1) (2009) 15 - 28.
- [5] - A. A. Y. ASSALE, Y. S. S. BARIMA, K. A. KOUAKOU, A. T. M. KOUAKOU and J. BOGAERT, Agents de dégradation d'une aire protégée après une décennie de conflits en Côte d'Ivoire : cas de la forêt classée du Haut-Sassandra, *Int. J. Innov. Sci. Res.*, 22 (1) (2016) 123 - 133.
- [6] - A. T. M. KOUAKOU, Y. S. S. BARIMA, K. A. KOUAKOU, N. F. KOUAME, J. BOGAERT and J. Y. KOUADIO, Forest dynamics in the North of the Classified Forest of Haut-Sassandra during the period of armed conflicts in Ivory Coast, *Am. J. Life Sci.*, 3 (5) (2015) 375 - 382.
- [7] - M. KONE, Y. L. KOUADIO, D. F. R. NEUBA, D. F. MALAN and L. COULIBALY, Evolution of the forest cover in Cote d'Ivoire since 1960 to the beginning of the 21st century, *Int. J. Innov. Appl. Stud.*, 7(2) (2014) 782 - 794.
- [8] - F. N. KOUAME, " *Influence de l'exploitation forestière sur la végétation et la flore de la forêt classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire)*", Thèse Doctorat, Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, (1998).

- [9] - UNHCR, " Côte d'Ivoire", (2014).
- [10] - J.-P. CHAUVEAU and S. K. BOBO, Crise foncière, crise de la ruralité et relations entre autochtones et migrants sahéliens en Côte d'Ivoire forestière, *Outre-Terre*, 2(11) (2005) 247 - 264.
- [11] - A. GYAU, K. SMOOT, C. KOUAME, L. DIBY, J. KAHIA and D. OFORI, Farmer attitudes and intentions towards trees in cocoa (*Theobroma cacao* L.) farms in Côte d'Ivoire, *Agroforest. Syst.*, (2014).
- [12] - J.-L. GUILLAUMET and E. ADJANOHOUN, "La végétation de la Côte d'Ivoire," in "Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire", Ed. collection Mémoires de l'Orstom Paris, France, Vol. 50, (1971) 157 - 263 p.
- [13] - J. OSZWALD, "Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (des années 1980 aux années 2000) - Suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique", Thèse de doctorat, Université des Sciences et Technologies de Lille, Lille, France, (2005).
- [14] - D. J. LEBRETON, D. CHESSEL and M. RICARLOT-COULET, L'analyse des relations espèces-milieu par l'analyse canonique des correspondances, *Acta Oecol*, 9(2) (1988) 137 - 151.
- [15] - D. A. AHMED, M. FAWZY, N. M. SAEED, and M. A. AWAD, Effect of the recent land use on the plant diversity and community structure of Omayed Biosphere Reserve, Egypt, *Global Ecol. Conserv.*, 4 (2015) 26 - 37.
- [16] - D. XIAOBING and E. VAN DER MAAREL, Transect-based patch size frequency analysis, *J. Veg. Sci*, 8 (1997) 865 - 872.
- [17] - P. DAGET and M. GODRON, "Analyse fréquentielle de l'écologie des espèces dans les Communautés. Paris, (1982).
- [18] - S. DOLÉDEC, D. CHESSEL and J. M. OLIVIER, L'analyse des correspondances décentrée : application aux peuplements ichtyologiques du Haut-Rhône, *Bull. Fr. Pêche Piscicult.*, 336 (1995) 29 - 40.
- [19] - P. LECOMTE, "Place et intégration de l'arbre dans l'exploitation agricole ivoirien du Centre-Ouest : cas de la Région d'Oumé (Côte d'Ivoire)", Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Techniques Agricoles du C.N.E.A.R.C., (1990).
- [20] - M. GODRON, "Écologie et évolution du monde vivant 3". Paris : Harmattan, (2012).
- [21] - Y. S. S. BARIMA, A. T. M. KOUAKOU, I. BAMBA, Y. C. SANGNE, M. GODRON, J. ANDRIEU and J. BOGAERT, Cocoa crops are destroying the forest reserves of the classified forest of Haut-Sassandra (Ivory Coast). *Global Ecol. Conserv.*, 8 (2016) 85 - 98.
- [22] - K. A. KOUAKOU, Y. S. S. BARIMA, A. T. M. KOUAKOU, Y. C. SANGNE, I. BAMBA and N. F. KOUAMÉ, Diversité végétale post-conflits armés de la Forêt Classée du Haut-Sassandra (Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire), *J. Ani. Plant Sci.*, 26 (2) (2015) 4058 - 4071.
- [23] - K. B. KOMENA, Recompositions de l'espace Tai et gouvernance du parc national dans un contexte de crise (Sud-Ouest de la Côte d'Ivoire), *Ethics Econ.*, 11 (1) (2014) 126 - 144.
- [24] - Y. C. SANGNE, Y. S. S. BARIMA, I. BAMBA and C.-T. A. N'DOUME, Dynamique forestière post-conflits armés de la Forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire), *VertigO*, 15(3) (2015) 1 - 18.
- [25] - J. BENITEZ-MALVIDO, Impact of forest fragmentation on seedling abundance in a tropical rain forest, *Conserv. Biol.*, 12 (2) (1998) 380 - 389.
- [26] - Y. S. S. BARIMA, N. BARBIER, B. OUATTARA and J. BOGAERT, Relation entre la composition floristique et des indicateurs de la fragmentation du paysage dans une région de transition forêt-savane ivoirienne, *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 14(4) (2010) 617 - 625.
- [27] - R. T. T. FORMAN, "Land mosaics : the ecology of landscapes and regions. Cambridge, UK : Cambridge University Press, (1995).