



# Carte de végétation des forêts d'Afrique centrale intégrant la phénologie foliaire

Lou Monteil

En collaboration avec Valéry Gond et le groupe de chercheurs et de  
partenaires des projets CoForChange et CoForTips



## Contexte

L'Observatoire des forêts d'Afrique Centrale (OFAC) a pour mission de fournir des systèmes opérationnels de suivi des forêts d'Afrique centrale. L'OFAC s'inscrit dans le contexte de la mise en œuvre du Plan de convergence de la COMIFAC pour une gestion plus efficiente et durable des ressources forestières. La lutte contre les changements globaux et la mise en place de politiques de gestion du territoire nécessitent la caractérisation et un suivi régulier des écosystèmes forestiers ainsi que des impacts anthropiques sur ces écosystèmes. Dans ce cadre, la cartographie des écosystèmes forestiers constitue un enjeu de taille.

Les forêts d'Afrique centrale cartographiées par télédétection spatiale sont généralement regroupées dans une grande classe verte à l'échelle de la région. Pourtant, les études basées sur les inventaires détaillés identifient des patrons spatiaux de diversité d'espèce, de trait fonctionnels et de biomasse, suggérant l'existence de plusieurs types forestiers. Ces types forestiers aux structures et aux compositions contrastées sont décrits localement mais peu ou pas cartographiés, en particulier à l'échelle de la région. Une carte de végétation détaillée à l'échelle régionale est nécessaire afin de procurer une vision cohérente et suffisamment détaillée de la végétation aux aménagistes et aux décideurs.

D'un autre côté, la plupart des cartes disponibles, même aux échelles nationales, intègrent des informations sur la structure de la végétation et/ou sa composition floristique mais ne font pas appel aux traits fonctionnels des espèces et au fonctionnement de la végétation. Hors, des données sur le fonctionnement phénologique en relation avec le climat sont disponibles. Les types de forêts de terre ferme montrent d'importantes variations spatiales en termes de déciduité et de structure de part et d'autre d'un gradient latitudinal marquant le passage périodique de la zone de convergence intertropicale (ZCIT) au-dessus du massif congolais. Ces résultats sont importants pour décrire les variations de stock et de flux de biomasse car les forêts sempervirentes et semi-décidues ont des dynamiques d'activité photosynthétique contrastées.

L'expertise proposée ici concerne la validation d'une carte de végétation sur bases de données multi-temporelles MODIS à partir de données issues d'inventaires de terrain. Dans une région du monde peu documentée (peu de station météorologiques, de parcelles de suivi forestier, de tour à flux), les inventaires forestiers et les inventaires écologiques réalisés dans le cadre de diverses études représentent une opportunité unique pour documenter et valider les investigations satellitaires. La carte de végétation a été préparée par le CIRAD en collaboration avec divers partenaires. La production de cette carte de végétation régionale répond aux résultats attendus du projet CEOFAC d'appui à l'OFAC. Cette classification doit toutefois être validée plus en profondeur à partir de données terrain supplémentaires et sa pertinence par rapport aux cartes existantes aux échelles nationales doit être précisée.

## Matériels et méthodes

La carte des forêts de terre ferme (Figure 1) réalisée par le CIRAD a été construite à partir de données d'indice d'activité photosynthétique (Enhanced Vegetation Index - EVI) issues du capteur MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer) entre janvier 2000 et décembre 2012 (<http://reverb.echo.nasa.gov>). Ces données (MOD13Q1 c5) présentent une résolution spatiale de 250 m et une fréquence temporelle de 16 jours (synthèse sur 16 jours des acquisitions quotidiennes afin de minimiser les problèmes d'enneumagement). Afin de réduire les perturbations atmosphériques résiduelles, un test sur la qualité des données a été réalisé (Quality Assessment test). La construction de mosaïques temporelles a permis d'obtenir des profils saisonniers d'intensité d'activité photosynthétique en calculant la moyenne arithmétique des valeurs d'EVI pour chaque période de 16 jours et pour toutes les années d'acquisition. Les profils d'indice d'activité photosynthétique tout au long d'une année synthétique ont été obtenus (23 périodes de 16-jours). Une classification non-supervisées de type ISODATA (iterative self-organizing data analysis techniques) a été appliquée sur ce jeu de données. L'avantage de cette technique est la stabilisation semi-automatique du nombre de classe lorsque le centre de gravité de chaque classe est stabilisé. Après plusieurs tests, une classification à 10 classes (obtenues avec 50 itérations du modèle) a été retenue. Cette classification était le meilleur compromis entre trop ou pas assez de classes décrivant les forêts du bassin du Congo.

La zone étudiée ne comprend que les forêts de terre ferme (plus de 60% du couvert par de la forêt mature). Pour cela deux masques sont appliqués :

- Hansen *et al.* (2008) qui enlève les plans d'eau, les zones anthropisées et les couverts avec moins de 60% de forêt mature ;
- Betbeder *et al.* (2014) qui enlève la zone marécageuse au centre de la cuvette congolaise.

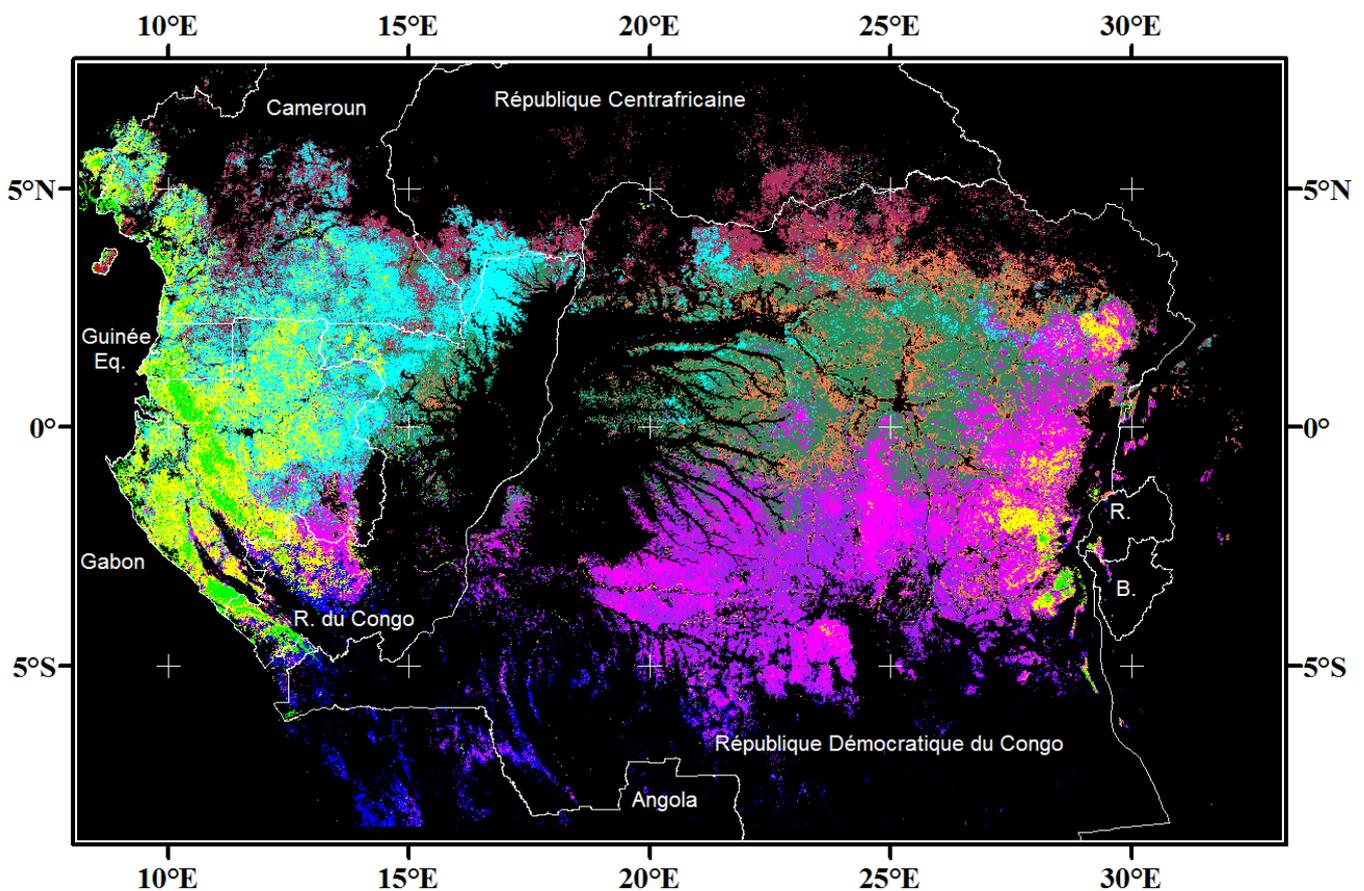


Figure 1 Carte de végétation à partir de la classification des données d'EVI

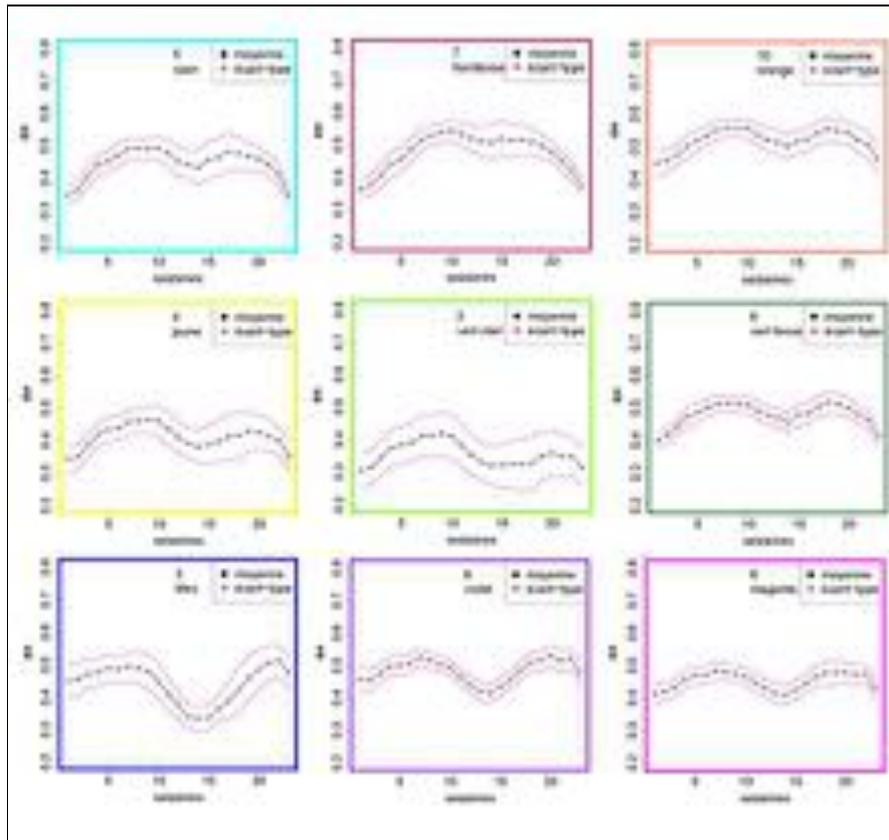


Figure 1-bis. Légende de la classification. Seules les 9 classes principales ont été représentées. Le cadre de chaque graphe reprend les couleurs de la classe considérée. L'abscisse représente les semaines de l'année synthétique, les ordonnées l'intensité du signal EVI. Les tirés et points représentent la dynamique des moyennes du signal EVI, les trait rose les écarts types.

Un certain nombre de données ont été utilisés afin de confronter la classification EVI à des variables physiques ou biologiques.

- SRTM à 90 m (NASA)

La Shuttle Radar Topography Mission permet d'obtenir le relief sur la zone étudiée avec une résolution de 90 m (Figure 2).

Pour chaque classe d'EVI le minimum, le maximum, la moyenne et l'écart-type du SRTM sont calculés sous ArcMap 10.2

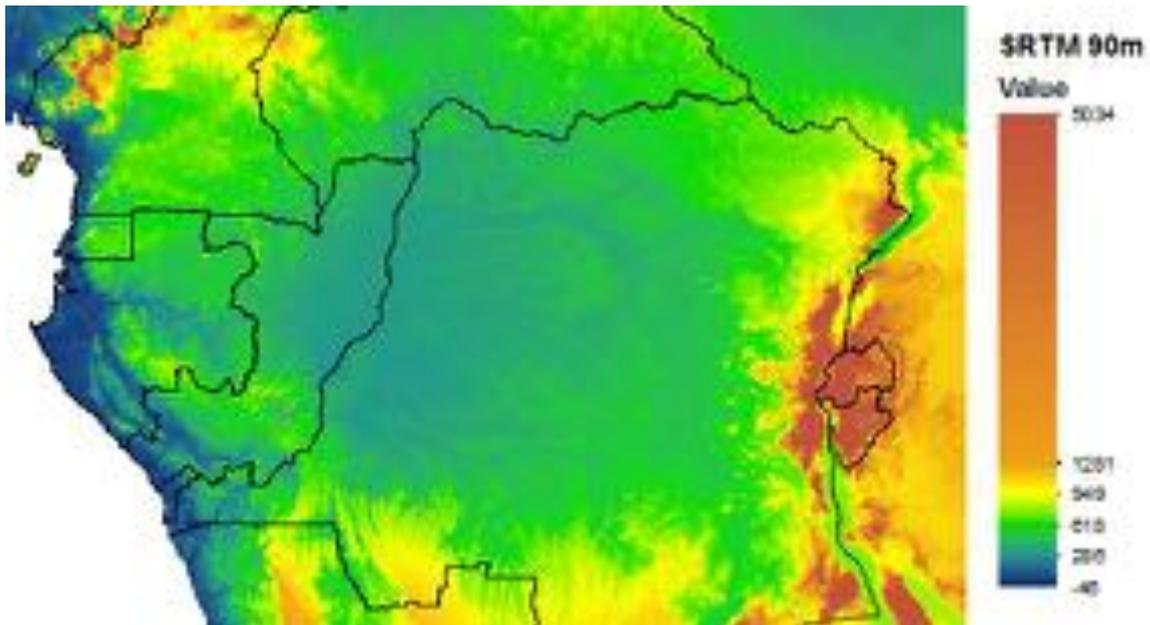


Figure 2 Relief de la zone étudiée

- Carte pédologique (Dewitte *et al*, 2013)

Cette carte (Figure 3) est une mise à jour de la carte Harmonized World Soil Database (HWSD) développée par l'IIASA et la FAO. Elle permet notamment de corriger la position des dunes, la continuité au niveau des frontières, la distribution des sols, les zones qui étaient sans information, le réseau de drainage, les plans d'eau et les lignes de côte. Ces modifications sont faites à partir de Google Earth et de cartes de sols existantes.

Les couches vecteurs de la carte pédologique et de la classification des données d'EVI sont superposées et croisées sous ArcMap 10.2 pour obtenir l'aire de chaque polygone de croisement. A partir de ces aires, le pourcentage de chaque type de sol est calculé par classe d'EVI.

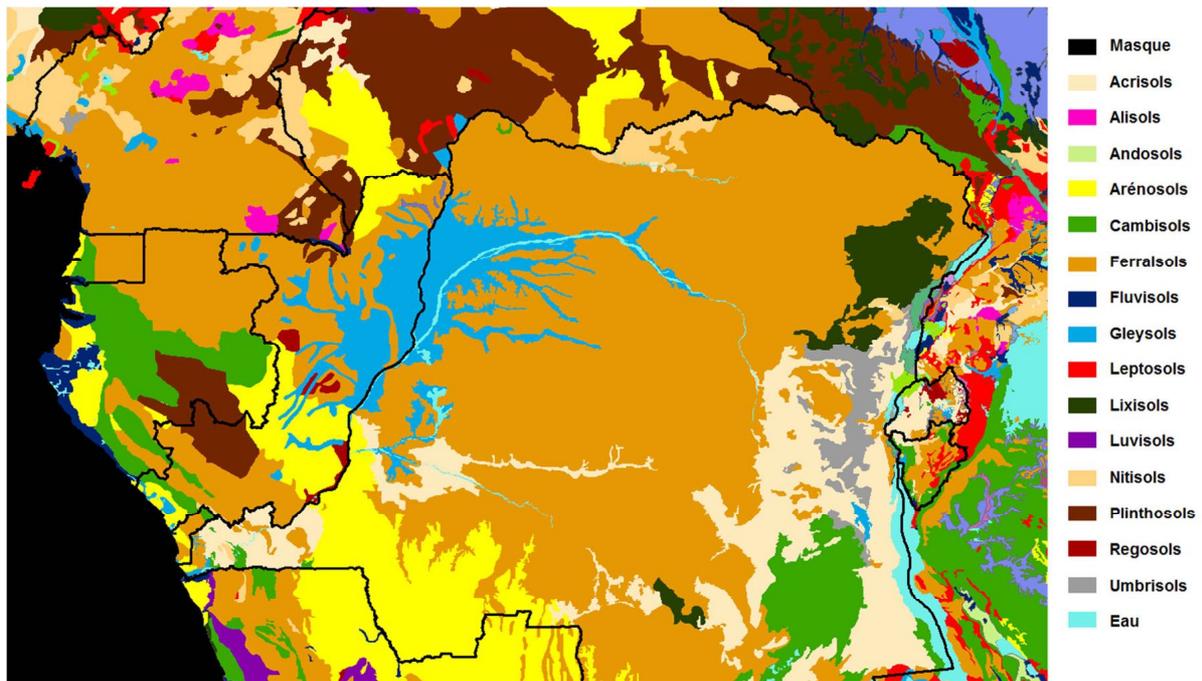


Figure 3 Répartition des sols (Dewitte et al., 2013)

- Données d'inventaires

Les données d'inventaires utilisées sont issues de concessions forestières d'Afrique Centrale. Chaque parcelle d'inventaire fait 0,5 ha et fait partie d'un layon de 2 à 69 km de long avec un espacement entre les layons de 2 à 3 km. Dans ces parcelles les arbres avec un DBH supérieur ou égale à 40 cm sont identifiés. De là pour chaque parcelle sont disponibles la surface terrière, le pourcentage de déciduité, le pourcentage de pionniers et le pourcentage de pionniers à courte durée de vie. Ces données ont été fournies par le programme CoForTips (Figure 4).

Pour chaque variable les classes sont comparées en utilisant un test de Wilcoxon (`pairwise.wilcoxon.test` dans R) et un ajustement de Bonferroni pour les comparaisons multiples.

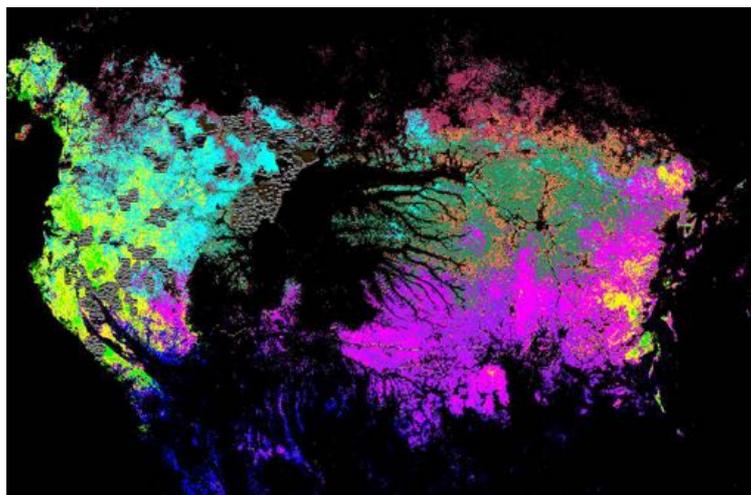


Figure 4 Répartition des placettes d'inventaires sur la zone d'étude

- Cartes de végétation

Les couches vecteurs de chaque carte de végétation et de la classification des données d'EVI sont superposées et croisées sous ArcMap 10.2 pour obtenir l'aire de chaque polygone de croisement. A partir de ces aires, des matrices de contingence sont créées montrant le pourcentage de chaque classe d'EVI compris dans la classe de végétation de la carte. Un premier croisement est fait avec la carte de Fayolle *et al.* (2014) qui est moins précise mais uniforme sur l'Afrique Centrale. Des précisions sont apportées en utilisant des cartes par pays.

o Fayolle *et al.* (2014) sur l'Afrique centrale

Cette carte (Figure 5) est une stratification forestière à l'échelle du bassin du Congo. Elle identifie les grands types forestiers et donne leur répartition. Cette étude a été faite à partir de cartes de végétation issues d'études floristiques, d'analyses spatiales de données d'inventaires forestiers, de cartes de végétation et d'occupation des terres issues de la télédétection et de cartes de données environnementales issues de la télédétection (Fayolle *et al.*, 2014).

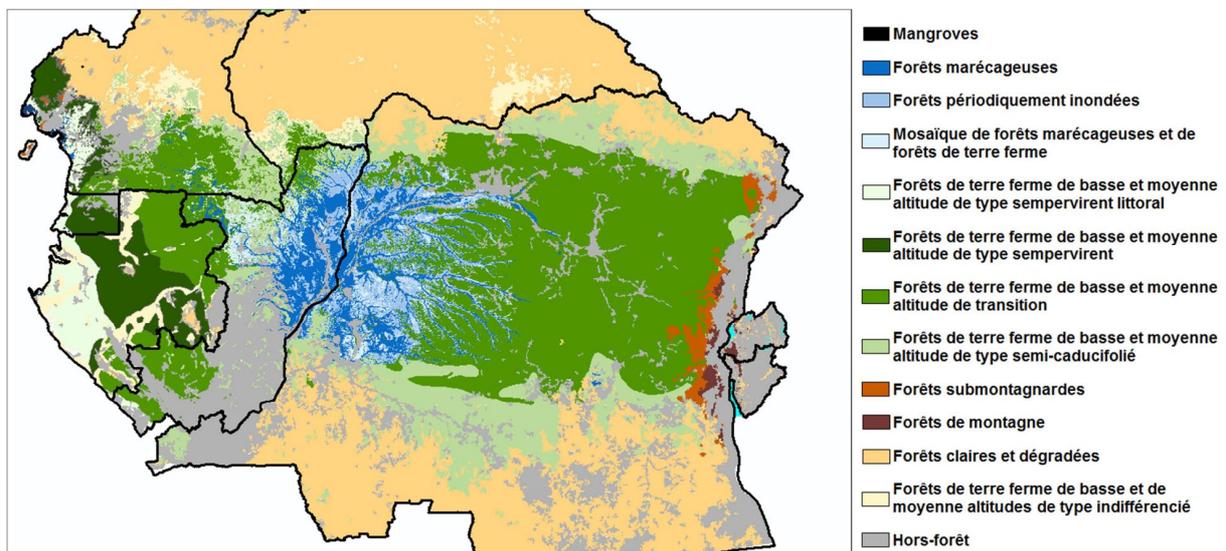


Figure 5 Carte de végétation de Fayolle *et al.* (2014)

o Boulvert (1986) sur la République Centrafricaine

Cette carte (Figure 6) est issue de la combinaison d'une étude bibliographique sur la localisation des espèces et de relevés de terrain sommaires réalisés par des pédologues mais couvrant une grande partie du territoire (Boulvert, 1986).

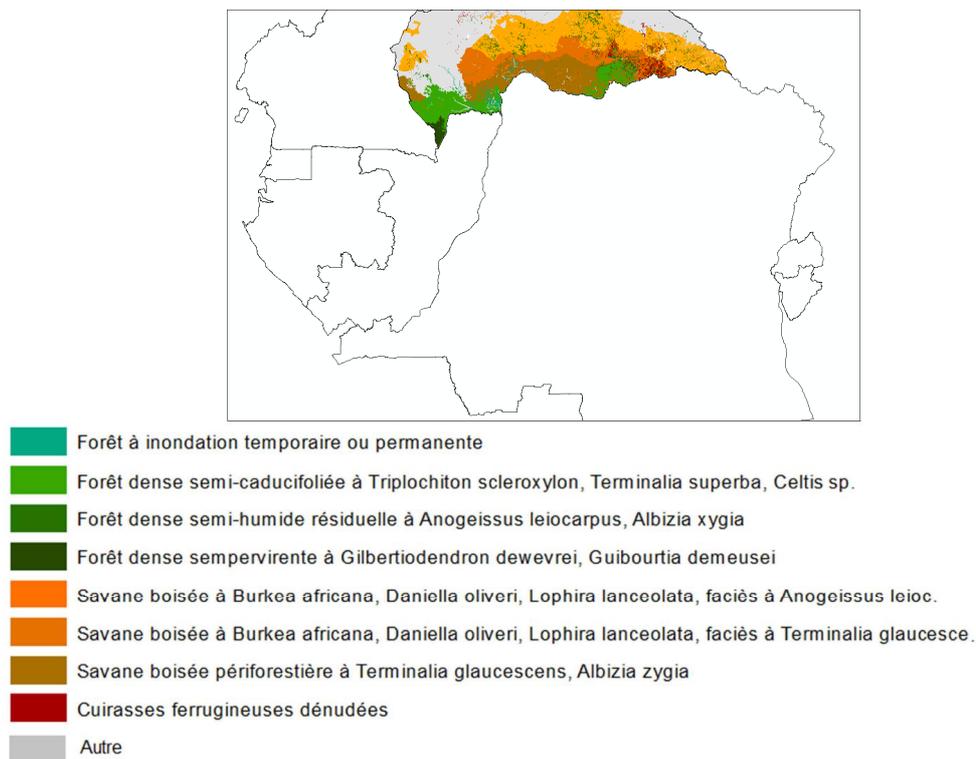


Figure 6 Classe de la carte de végétation de Boulvert (1986) croisant la carte de végétation de la classification des données d'EVI

o Doumenge (2001) sur le Gabon

Cette carte (Figure 7) donne les grandes zones d'affinités écologiques et floristiques du Gabon (Doumenge, 1998). Elle s'appuie sur les travaux de Caballé (1978), White (1981, 1986) et Doumenge (1996).

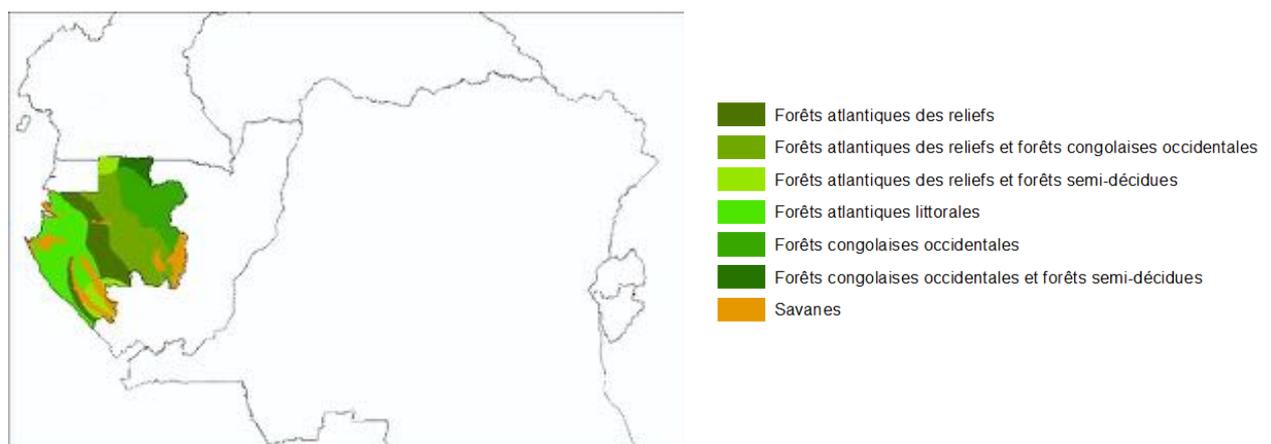


Figure 7 Classes de la carte de végétation de Doumenge (2001) croisant la carte de végétation de la classification des données d'EVI

o Laidet (1968) sur la République du Congo

Cette carte (Figure 8) s'appuie sur divers travaux de Koechlin pour le sud du Congo, Descoings pour le centre et Rollet pour le nord.

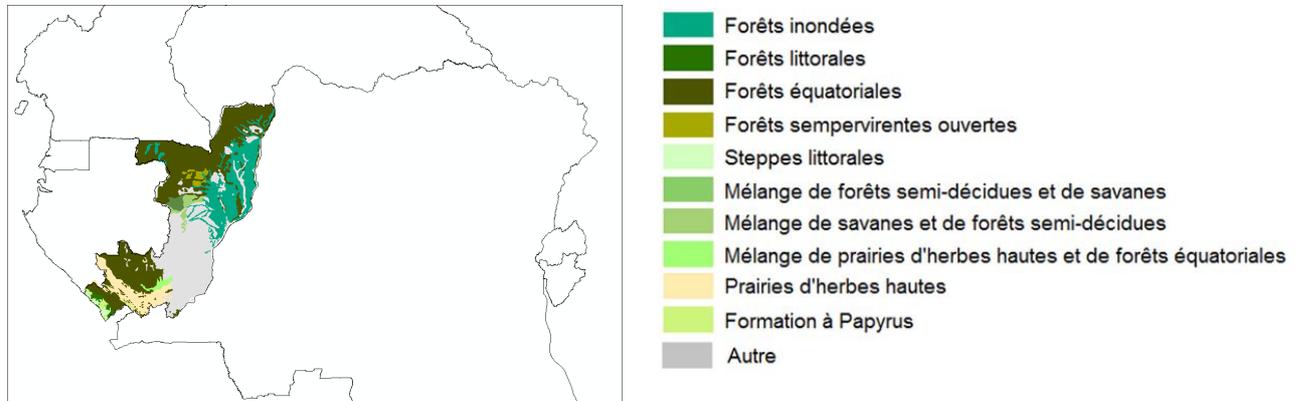
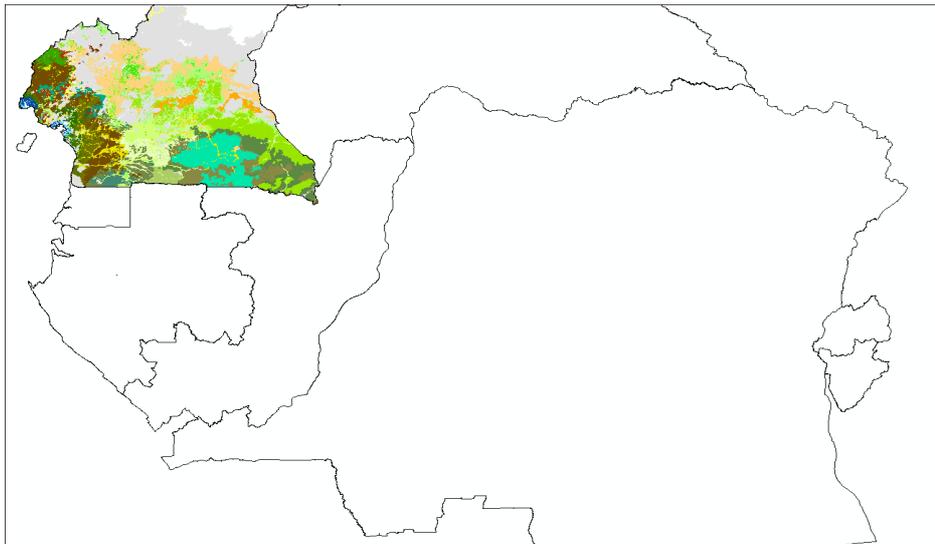


Figure 8 Classes de la carte de végétation de Laidet (1968) croisant la carte de végétation de la classification des données d'EVI

o Letouzey (1985) sur le Cameroun

Cette carte (Figure 9) fait suite à l'Etude phytogéographique du Cameroun (Letouzey, 1968) qui décrit le milieu camerounais (oro-hydrographie, géologie, pédologie, climatologie, facteurs biodynamiques, documents floristiques, vues d'ensemble phytogéographiques). Des publications postérieures à 1968 ont également été utilisées pour compléter la première étude.



- Mangroves hautes externes à grands *Rhizophora racemosa* et *Pandanus candelabrum*, en bordure d'estuaires
- Mangroves basses internes à petits *Rhizophora racemosa* et *Pandanus satubiei*
- Taillis arbustifs d'altitude à *Hypericum revolutum*, *Gnidia glauca* et *Ericaceae* entre 2000 et 3000 m, voire 3500 m
- Forêts montagnardes (1800-2000 à 3000 m)
- Forêts submontagnardes (800-1200 à 1800-2200 m)
- Colonisation sur coulées de laves récentes en basse altitude (< 2000 m) au Mont Cameroun
- Recrus forestiers sur coulées de lave du Mont Cameroun (Versants Nord-Ouest et Sud-Ouest, 200 à 2000 m)
- "Brousses à éléphants", avec éléments de forêts submontagnardes, du Mont Cameroun (Versant Nord-Ouest et Ouest, 500 à 1800 m)
- Forêts atlantiques à *Caesalpinia* rares, de type nord-occidental
- Forêts atlantiques à *Caesalpinia* rares, de type nord-occidental, avec éléments de forêts semi-caducifoliées
- Forêts atlantiques à *Caesalpinia* rares, de type nord-occidental, avec indices littoraux (Bassin de la Cross River, en aval de Mamfe)
- Forêts atlantiques à *Caesalpinia* rares, de type oriental et central
- Forêts atlantiques biafréennes à *Caesalpinia*
- Forêts atlantiques biafréennes à *Caesalpinia* encore abondantes, avec *Saccoglottis gabonensis* et autres indices littoraux
- Forêts atlantiques littorales à *Caesalpinia* relativement rares, avec *Saccoglottis gabonensis*
- Forêts atlantiques littorales à *Lophira alata* et *Saccoglottis gabonensis*
- Forêts mixtes, semi-caducifoliées et forêts toujours vertes atlantiques, avec prédominance d'éléments de forêts semi-caducifoliées
- Forêts mixtes, semi-caducifoliées et forêts toujours vertes du Dja, avec prédominance d'éléments de forêts semi-caducifoliées
- Forêts mixtes, toujours vertes atlantiques et semi-caducifoliées, avec prédominance d'éléments de forêts toujours vertes atlantiques
- Forêts mixtes, toujours vertes du Dja et forêts semi-caducifoliées, avec prédominance d'éléments de forêts du Dja
- Forêts du Dja sur sol mouilleux (avec vallées à *Uapaca paludosa*) et sur sol sec
- Forêts semi-caducifoliées à *Sterculiaceae* et *Ulmaceae*
- Forêts semi-caducifoliées de type septentrional à *Sterculiaceae* et *Ulmaceae*
- Recrus forestiers de type semi-caducifolié sur zones forestières cultivées, savanes herbeuses et arbustives, cultivées ou non, avec éventuellement îlots forestiers relictuels plus ou moins remaniés
- Faciès de dégradation prononcée des forêts submontagnardes ; très dégradées sur le plateau de l'Adamaoua entre 1200 et 1800 m ; parfois colonisées, sur les montagnes du Nord du plateau, par des épineux
- Faciès de dégradation prononcée des forêts toujours vertes
- Faciès de dégradation prononcée de divers types de forêts mixtes, semi-caducifoliées et toujours vertes
- Faciès de dégradation prononcée des forêts semi-caducifoliées
- Savanes périforestières arbustives à *Terminalia glaucescens*
- Savanes intra- et périforestières chétivement arbustives à *Annona senegalensis* et *Bridelia ferruginea*
- Autre

**Figure 9 Classes de la carte de végétation de Letouzey (1985) croisant la carte de végétation de la classification des données d'EVI**

- o Vancutsem *et al.* (2006) sur la République Démocratique du Congo

Cette carte (Figure 10) est issue de la classification d'observations satellites SPOT VEGETATION et de son interprétation à partir d'images LANDSAT orthorectifiées, du SRTM, de cartes de végétation et de documents de référence (Vancutsem *et al.* 2006).

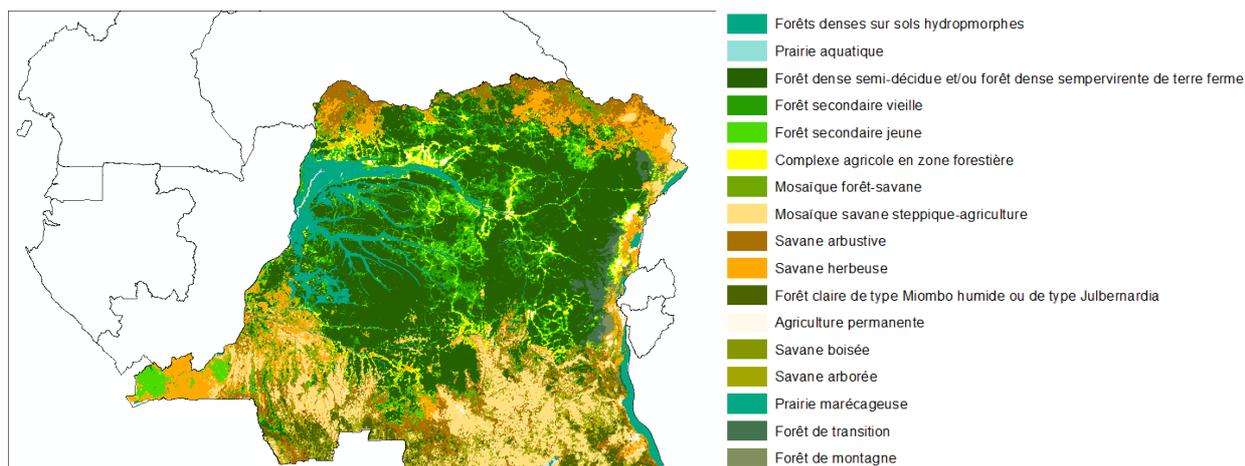


Figure 10 Classes de la carte de végétation de Vancutsem *et al.* (2006) croisant la carte de végétation de la classification des données d'EVI

## Résultats

- SRTM à 90 m

Les données d'altitude pour chaque classe sont données dans le Tableau 1.

Tableau 1 Valeurs minimums, maximums, moyennes et écart-type pour chaque classe de la classification des données d'EVI

	Classe d'EVI	Minimum (m)	Maximum (m)	Moyenne (m)	Ecart-type (m)
	Classe 1	-2	4546	778	605
	Classe 2	-24	4853	425	477
	Classe 3	-4	4113	551	303
	Classe 4	-30	4483	499	384
	Classe 5	-13	4196	511	179
	Classe 6	-3	4392	625	279
	Classe 7	-3	4260	561	151
	Classe 8	-2	4325	514	157
	Classe 9	0	4349	542	224
	Classe 10	1	4235	586	283

- Croisement de la classification des données d'EVI et de la carte pédologique

La classe 1 est présente à 46% sur des leptosols (Figure 11). C'est la seule classe où ce type de sol sort majoritaire. La forte proportion de leptosols montre que cette classe se situe sur des sols pauvres et d'altitude.

Les autres classes (de 2 à 10) sont classées du nord (classe 7), à l'ouest (classes 5, 4 et 2) au sud (classe 3) puis à l'est (classes 6, 9, 8 et 10).

A l'ouest de la zone marécageuse de la cuvette congolaise il y a une diminution du nord-est vers le sud-ouest du pourcentage de ferralsols (63% dans la classe 5 à 19% dans la classe 2) et au contraire

une augmentation des cambisols (8% dans la classe 5 à 40% dans la classe 2). La présence de zones de plinthosols et d'arénosols au nord et au sud fait apparaître ces deux types de sols dans les classes de l'ouest respectivement entre 5 et 10% pour les plinthosols et entre 8 et 9% pour les arénosols. Cependant la répartition des classes de végétation à l'ouest ne semble pas suivre ces classes de sols. Le pourcentage plus élevé de fluvisols dans la classe 2 est dû au fait que cette classe se retrouve le long de la côte atlantique.

A l'est le pourcentage de ferralsols est plus élevé qu'à l'ouest avec aussi un gradient nord-sud (87% pour la classe 8 à 61% pour la classe 6). Cette classe de sol couvre une grande partie de la cuvette congolaise. Sur les bords de la cuvette, au sud, la présence de zones d'acrisols se retrouve dans les classes 6 et 9. La présence d'une zone de lixisols au nord-est de la cuvette congolais près du piémont du rift Albert ressort dans la classe 6 qui même si elle est plutôt au sud, remonte le long du rift.

Au nord, la classe 7 est présente majoritairement sur des ferralsols mais aussi des plinthosols, des arénosols et des nitisols.

Au sud, la classe 3 est principalement sur des ferralsols. La présence d'arénosols plus au sud apparaît aussi dans les pourcentages de la classe 3 mais ces sols sont surtout sous le masque de non-forêt.

En conclusion, même si nous avons noté quelques différences pédologiques entre les classes, à cette échelle, le sol ne semble pas influencer directement la répartition des forêts de terre ferme.

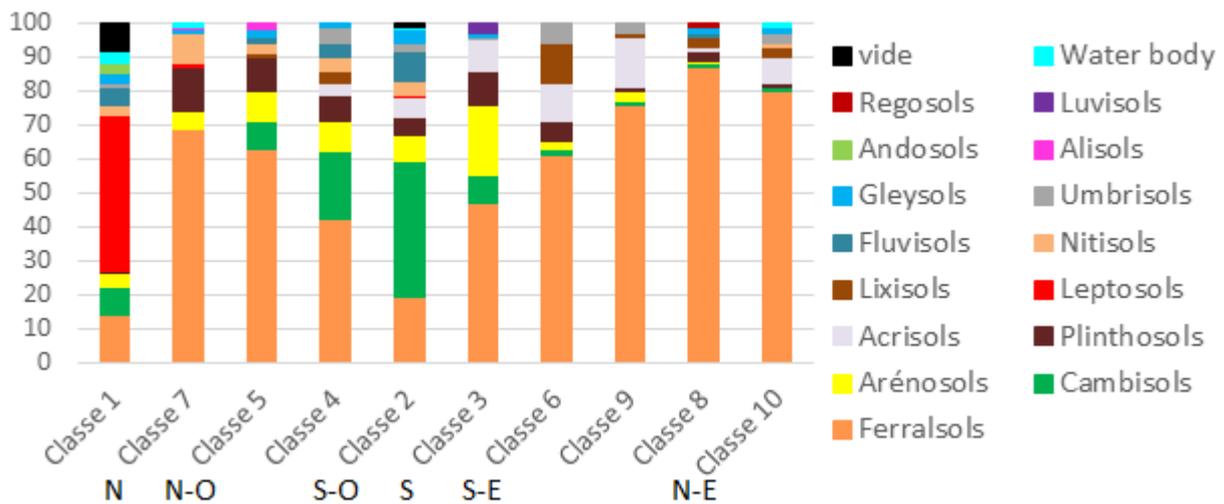


Figure 11 Histogramme du pourcentage de croisement des classes de sols et des classes de la classification des données d'EVI

- Données d'inventaire

Les placettes d'inventaires permettent de décrire chaque classe de végétation à partir de la surface terrière, le pourcentage de déciduité, le pourcentage de pionniers et le pourcentage de pionniers à courte durée de vie.

La classe 1 ressort comme une classe sempervirente avec un pourcentage de pionniers parmi les plus faibles et pas de pionniers à courte durée de vie (Figure 12). Cependant la dispersion de la surface terrière et de la densité montre qu'il existe des différences entre les placettes représentant la classe 1. Cette classe étant aussi peu représentée dans la zone étudiée, le nombre de placettes est faible.

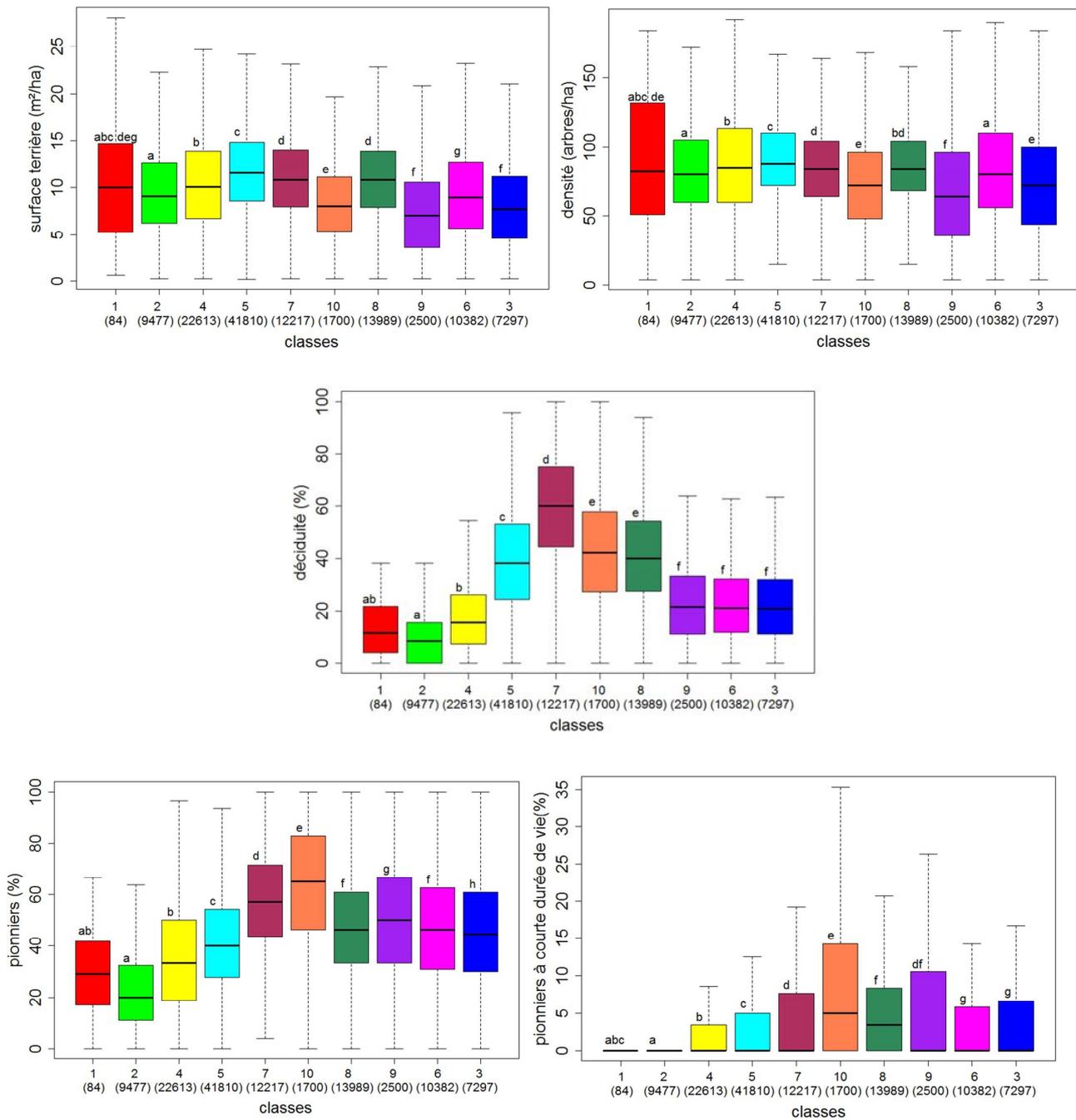
Les classes 2, 4 et 5, toutes les trois situées plutôt à l'ouest de la cuvette congolaise forment une sorte de gradient pour la plupart des variables. La surface terrière, le pourcentage de déciduité et le pourcentage de pionniers augmentent de la classe 2 à la classe 5. La classe 2 est plutôt au sud et sur la côte tandis que la classe 5 est plutôt au nord et dans les terres. En partant de la côte au sud et en remontant vers le nord-est, les forêts deviennent plus décidues, avec plus de pionniers et de pionniers à courte durée de vie, la densité reste assez proche, les forêts au nord-est semblent plus secondaires et plus perturbées que les forêts du sud-ouest.

La classe 7, au nord de la classe 5 continue ce gradient pour la déciduité et le pourcentage de pionniers. C'est la classe avec plus fort taux de déciduité. Ce sont des forêts dégradées comme en témoignent la baisse de la surface terrière et de la densité par rapport à la classe 5, à l'inverse du gradient décrit précédemment.

Les classes 10 et 8 sont mêlées géographiquement. La comparaison des deux montre que la classe 10 a une surface terrière et une densité plus faibles alors que son pourcentage de pionniers et de pionniers à courte durée de vie sont plus élevés (les plus élevés de toutes les classes). La classe 10 est donc une classe plus dégradée que la classe 8. La classe 8 est une classe de forêt semi-décidue. La classe 10 est une classe de forêt autour des villes, des rivières, des routes et plus généralement des zones anthropisées.

Les classes 9 et 6 sont aussi mêlées géographiquement. La comparaison de ces deux classes montre que la classe 9 a une surface terrière et une densité plus faibles que la classe 6. Le pourcentage de déciduité est proche mais le pourcentage de pionniers est plus important pour la classe 9. La classe 9 semble être un faciès plus dégradé de la classe 6. Ces classes sont des classes de forêts sempervirentes à majoritairement sempervirente (mais moins sempervirentes que les classes 2 et 4 situées essentiellement plus à l'ouest).

La classe 3 est proche des classes 9 et 6.



**Figure 12** Différences de surface terrière, densité, pourcentage de décaduité, pourcentage de pionniers et pourcentage de pionniers à courte durée de vie entre les classes de la classification des données d'EVI. Les lettres indiquent une différence significative ( $p < 0,05$ ) dans le test de Wilcoxon. Le nombre de placettes pour chaque classe est donné entre parenthèses sous le numéro de la classe. Les couleurs correspondent à la Figure 1

- Cartes de végétation

o Sur l'Afrique Centrale

Le croisement entre les classes d'EVI et la carte de végétation de Fayolle *et al.* (2014) montre un gradient de déciduité à l'ouest : les classes plus au sud et sur le littoral (classes 2 et 4) sont plus sempervirentes que la classe plus au nord et dans les terres (classe 5).

A l'est, dans la cuvette congolaise, les classes au nord (classes 8 et 10) sont moins décidues que les classes au sud (classes 6 et 9). Dans les deux cas, il semble qu'une des classes soit plus dégradée que l'autre (respectivement la classe 10 et la classe 9). Ces deux classes ont un pourcentage de déciduité plus important que la classe qui lui est associée, la classe 10 a même presque 20% de hors-forêt.

Au nord, la classe 7 est décidue (forêts de transition et semi-caducifoliées) et elle est aussi présente sur des zones de forêts claires et dégradées voir de hors-forêt (22%). La classe 3 ressemble avec la classe 7 mais au sud du massif forestier.

La classe 1 est à part, elle combine des forêts submontagnardes, des forêts indifférenciées et 27% de hors-forêt.

**Tableau 2 Matrice de contingence pour la comparaison de la carte de végétation sur l'Afrique Centrale et les classes d'EVI. Les pourcentage correspondent aux pixels de chaque classe considérés dans l'analyse.**

% couvert	classe 2	classe 4	classe 5	classe 8	classe 6	classe 9	classe 10	classe 7	classe 3	classe 1
Forêts marécageuses										
AC1	3									2
AC2	1	1	3	2	1	1	1	1		
AC3				3	1	1	2			
AC4			4	3			1	1		
Forêts sempervirentes										
AC5	17	16	5					1	1	7
AC6	26	26	15	1	4			4		10
Forêts de transition										
AC7	19	33	47	75	65	47	61	21	16	4
Forêts semi-décidues										
AC8	4	2	13	9	20	35	12	33	17	1
Forêts d'altitude										
AC9	3	5		1	3	1	2		1	14
AC10	3	1			1					1
Forêts ouvertes										
AC11	2	1	1		1	4		12	19	1
AC12	8	9	7	2	2			16	1	23
Hors-forêt										
AC13	7	3	3	4	3	7	19	10	16	27

**Tableau 3 Légende des classes de végétation sur l'Afrique Centrale**

Code	Légende
AC1	Mangroves

AC2	Forêts marécageuses
AC3	Forêts périodiquement inondées
AC4	Mosaïque de forêts marécageuses et de forêts de terre ferme
AC5	Forêts de terre ferme de basse et moyenne altitude de type sempervirent littoral
AC6	Forêts de terre ferme de basse et moyenne altitude de type sempervirent
AC7	Forêts de terre ferme de basse et moyenne altitude de transition
AC8	Forêts de terre ferme de basse et moyenne altitude de type semi-caducifolié
AC9	Forêts submontagnardes
AC10	Forêts de montagne
AC11	Forêts claires et dégradées
AC12	Forêts de terre ferme de basse et moyenne altitude de type indifférencié
AC13	Hors-forêt

o Sur la République Centrafricaine

Le croisement entre la carte de végétation de Boulvert (1986) et la carte de végétation issue des données d'EVI renforce le positionnement de la classe 7 comme une classe de forêts semi-décidues (11% sur 21%) avec des savanes (6% sur 21%).

Tableau 4 Matrice de contingence pour la comparaison de la carte de végétation sur la République Centrafricaine et les classes d'EVI

%	classe 7	classe 5	classe 8
Couvert	21%	5%	1%
Forêts marécageuses			
<b>RCA1</b>	1		
Forêts sempervirentes			
<b>RCA2</b>	1	1	
Forêts semi-décidues			
<b>RCA3</b>	11	4	1
Forêts ouvertes			
<b>RCA4</b>	1		
Savanes			
<b>RCA5</b>	1		
<b>RCA6</b>	2		
<b>RCA7</b>	3		
Hors-forêt			
<b>RCA8</b>	1		

Tableau 5 Légende des classes de végétation de la République Centrafricaine

Code	Légende
RCA1	Forêt à inondation temporaire ou permanente
RCA2	Forêt dense sempervirente à <i>Gilbertiodendron dewevrei</i> , <i>Guibourtia demeusei</i>
RCA3	Forêt dense semi-caducifoliée à <i>Triplochiton scleroxylon</i> , <i>Terminalia superba</i> , <i>Celtis sp.</i>
RCA4	Forêt dense semi-humide résiduelle à <i>Anogeissus leiocarpus</i> , <i>Albizia xygia</i>
RCA5	Savane boisée à <i>Burkea africana</i> , <i>Daniella oliveri</i> , <i>Lophira lanceolata</i> , faciès à <i>Anogeissus leiocarpus</i>
RCA6	Savane boisée à <i>Burkea africana</i> , <i>Daniella oliveri</i> , <i>Lophira lanceolata</i> , faciès à <i>Terminalia</i>

	glaucescens
RCA7	Savane boisée périforestière à Terminalia glaucescens, Albizia zygia
RCA8	Cuirasses ferrugineuses dénudée

o Sur le Gabon

Les classes 2, 4 et 5 sont bien représentées au Gabon. Elles sont principalement composées de forêts sempervirentes. Les classes de forêts atlantiques littorales et des reliefs ressortent pour les classes 2 et 4, ce sont les classes les plus sempervirentes du Gabon alors que la classe des forêts congolaises occidentales ressort pour le classe 5. Cette classe contient plus d'intrusion d'éléments semi-décidus notamment à la périphérie du bloc forestier au nord-est du Gabon.

Les autres classes de la classification sont peu représentées au Gabon. Cependant les classes 1, 6 et 8 correspondent plutôt des classes de forêts sempervirentes (littorales pour la classe 1) tandis que les classes 3 et 7 croisent plutôt des classes de forêts semi-décidues voire de savanes pour la classe 3. Cela est cohérent avec les croisements dans d'autres pays.

**Tableau 6 Matrice de contingence pour la comparaison de la carte de végétation sur le Gabon et les classes d'EVI**

% couvert	classe 1	classe 2	classe 4	classe 5	classe 6	classe 8	classe 7	classe 3
	13%	50%	51%	29%	7%	3%	1%	2%
Forêts sempervirentes								
<b>G1</b>	6	<b>24</b>	<b>16</b>	3		1		
<b>G2</b>	3	<b>17</b>	<b>11</b>	3	1			
<b>G3</b>		1	<b>11</b>	9	4	1		
<b>G4</b>			7	<b>10</b>	1	1		
Forêts semi-décidues								
<b>G5</b>		4	2	1			1	1
<b>G6</b>			1	2				
Savanes								
<b>G7</b>	4	4	3	1	1			1

**Tableau 7 Légende des classes de végétation sur le Gabon**

Code	Légende
G1	Forêts atlantiques littorales
G2	Forêts atlantiques des reliefs
G3	Forêts atlantiques des reliefs et forêts congolaises occidentales
G4	Forêts congolaises occidentales
G5	Forêts atlantiques des reliefs et forêts semi-décidues
G6	Forêts congolaises occidentales et forêts semi-décidues
G7	Savanes

o Sur la République du Congo

La carte d'EVI est croisée avec la carte de végétation de la République du Congo de Laidet (1968) et analysée avec l'appui des études de Descoings (1975) et De Namur (1990).

Les classes 6, 4 et 5 se retrouvent dans la région du Chaillu dont les forêts ombrophiles se poursuivent au Gabon. Ce sont des forêts sempervirentes. La classe 5 est aussi présente plus au nord dans la région de la Haute-Sangha.

La classe 2 croise des forêts équatoriales ainsi que les formations à papyrus du littoral. Ces forêts sont plutôt sempervirentes ou sur le littoral.

La classe 8 est un mélange de forêts équatoriales et de zones de forêts semi-décidues avec de la savane. Cette zone se situe sur le rebord de la cuvette congolaise et est composée de collines avec sur le dessus des formations herbeuses et dans les vallées des forêts.

La classe 10 correspond à la zone à Marantaceae en rapprochant la classification d'EVI et la carte de végétation de De Namur. Cela explique que cette zone soit de la forêt sempervirente avec de la forêt sempervirente ouverte.

La classe 3 se situe dans une zone de savanes arbustives ou boisées et au sud du massif forestier de la cuvette congolaise. Les forêts croisant cette classe sont des forêts galeries à l'interface forêt-savane.

**Tableau 8 Matrice de contingence pour la comparaison de la carte de végétation sur la République du Congo et les classes d'EVI**

% couvert	classe 4 9%	classe 5 16%	classe 6 4%	classe 9 1%	classe 7 3%	classe 8 9%	classe 10 3%	classe 2 10%	classe 3 24%	classe 1 13%
Forêts marécageuses										
<b>RC1</b>	1	1								
Forêts sempervirentes										
<b>RC2</b>									1	3
<b>RC3</b>	8	15	4	1	3	7	2	9	17	5
Forêts ouvertes										
<b>RC4</b>							1			
<b>RC5</b>										1
Mélange forêts-savanes										
<b>RC6</b>						1				
<b>RC7</b>						1				
Formations herbacées										
<b>RC8</b>									1	
<b>RC9</b>									4	2
<b>RC10</b>								1	1	2

**Tableau 9 Légende des classes de végétation sur la République du Congo**

Code	Légende
RC1	Forêts inondées
RC2	Forêts littorales
RC3	Forêts équatoriales
RC4	Forêts sempervirentes ouvertes
RC5	Steppes littorales
RC6	Mélange de forêts semi-décidues et de savanes

RC7	Mélange de savanes et de forêts semi-décidues
RC8	Mélange de prairies d'herbes hautes et de forêts équatoriales
RC9	Prairies d'herbes hautes
RC10	Formations à Papyrus

o Sur le Cameroun

Au Cameroun, la classe 1 est une fois encore principalement croisée avec les classes de forêts d'altitude, les classes de forêts sempervirentes atlantiques, les mangroves et les classes de dégradation associées à ces forêts.

Il existe ensuite un gradient entre les classes 2, 4 et 5. La classe 2 semble être sur le littoral (mangroves) et croiser les forêts sempervirentes avec aussi un croisement de 1% sur 10% avec les forêts submontagnardes. Puis la classe 4 croise les forêts sempervirentes et à 3% sur 13% les forêts mixtes et à 1% le faciès de dégradation des forêts sempervirentes. Enfin la classe 5 correspond principalement à des forêts mixtes entre 16% de 30% mais elle est aussi présente sur des forêts sempervirentes (4%), des forêts semi-décidues (5%) et des forêts dégradées ou des recrus (4%).

La classe 7 est plus décidue (forêts mixtes et semi-décidues). Le croisement avec des forêts dégradées et des savanes montre aussi que cette classe est en bordure du massif, à la limite des savanes.

**Tableau 10 Matrice de contingence pour la comparaison de la carte de végétation du Cameroun et les classes d'EVI**

% couvert	classe 1 26%	classe 2 10%	classe 4 13%	classe 5 30%	classe 7 33%	classe 8 4%
<b>Mangroves</b>						
<b>C1</b>	1	1				
<b>C2</b>	1	2				
<b>Forêts d'altitude</b>						
<b>C3</b>	1					
<b>C4</b>	1					
<b>C5</b>	6	1				
<b>C6</b>	1					
<b>C7</b>	1					
<b>C8</b>	5					
<b>Forêts sempervirentes</b>						
<b>C9</b>	1					
<b>C10</b>	2	1	1			
<b>C11</b>			1			
<b>C12</b>			1	1		
<b>C13</b>	3	3	3	3	2	
<b>C14</b>	1	1	1	1	1	
<b>C15</b>			1			
<b>C16</b>		1	1			
<b>Forêts mixtes</b>						
<b>C17</b>				1	1	
<b>C18</b>				4	3	1

<b>C19</b>		1	1	1	
<b>C20</b>		1	4	1	
<b>C21</b>		1	6	1	1
<hr/>					
Forêts semi-décidues					
<b>C22</b>			5	6	1
<b>C23</b>				1	
<hr/>					
Forêts dégradées ou recrus					
<b>C24</b>			1	4	
<b>C25</b>	1				
<b>C26</b>	1	1	1	2	
<b>C27</b>			1	2	
<b>C28</b>			1	4	1
<hr/>					
Savanes					
<b>C29</b>				2	
<b>C30</b>				1	
<hr/>					

Tableau 11 Légende des classes de végétation du Cameroun

Code	Légende
C1	Mangroves hautes externes à grands <i>Rhizophora racemosa</i> et <i>Pandanus candelabrum</i> , en bordure d'estuaires
C2	Mangroves basses internes à petits <i>Rhizophora racemosa</i> et <i>Pandanus satabiei</i>
C3	Taillis arbustifs d'altitude à <i>Hypericum revolutum</i> , <i>Gnidia glauca</i> et <i>Ericaceae</i> entre 2000 et 3000 m, voire 3500 m
C4	Forêts montagnardes (1800-2000 à 3000 m)
C5	Forêts submontagnardes (800-1200 à 1800-2200 m)
C6	Colonisation sur coulées de laves récentes en basse altitude (< 2000 m) au Mont Cameroun
C7	Recrus forestiers sur coulées de lave du Mont Cameroun (Versants Nord-Ouest et Sud-Ouest, 200 à 2000 m)
C8	"Brousses à éléphants", avec éléments de forêts submontagnardes, du Mont Cameroun (Versant Nord-Ouest et Ouest, 500 à 1800 m)
C9	Forêts atlantiques à <i>Caesalpiniaceae</i> rares, de type nord-occidental
C10	Forêts atlantiques à <i>Caesalpiniaceae</i> rares, de type nord-occidental, avec éléments de forêts semi-caducifoliées
C11	Forêts atlantiques à <i>Caesalpiniaceae</i> rares, de type nord-occidental, avec indices littoraux (Bassin de la Cross River, en aval de Mamfe)
C12	Forêts atlantiques à <i>Caesalpiniaceae</i> rares, de type oriental et central
C13	Forêts atlantiques biafréennes à <i>Caesalpiniaceae</i>
C14	Forêts atlantiques biafréennes à <i>Caesalpiniaceae</i> encore abondantes, avec <i>Saccoglottis gabonensis</i> et autres indices littoraux
C15	Forêts atlantiques littorales à <i>Caesalpiniaceae</i> relativement rares, avec <i>Saccoglottis gabonensis</i>
C16	Forêts atlantiques littorales à <i>Lophira alata</i> et <i>Saccoglottis gabonensis</i>
C17	Forêts mixtes, semi-caducifoliées et forêts toujours vertes atlantiques, avec prédominance d'éléments de forêts semi-caducifoliées
C18	Forêts mixtes, semi-caducifoliées et forêts toujours vertes du Dja, avec prédominance d'éléments de forêts semi-caducifoliées
C19	Forêts mixtes, toujours vertes atlantiques et semi-caducifoliées, avec prédominance d'éléments de forêts toujours vertes atlantiques

---

C20	Forêts mixtes, toujours vertes du Dja et forêts semi-caducifoliées, avec prédominance d'éléments de forêts du Dja
C21	Forêts du Dja sur sol mouilleux (avec vallées à <i>Uapaca paludosa</i> ) et sur sol sec
C22	Forêts semi-caducifoliées à Sterculiaceae et Ulmaceae
C23	Forêts semi-caducifoliées de type septentrional à Sterculiaceae et Ulmaceae
C24	Recrus forestiers de type semi-caducifolié sur zones forestières cultivées, savanes herbeuses et arbustives, cultivées ou non, avec éventuellement îlots forestiers relictuels plus ou moins remaniés
C25	Faciès de dégradations prononcée des forêts submontagnardes ; très dégradées sur le plateau de l'Adamaoua entre 1200 et 1800 m ; parfois colonisées, sur les montagnes du Nord du plateau, par des épineux
C26	Faciès de dégradation prononcée des forêts toujours vertes
C27	Faciès de dégradation prononcée de divers types de forêts mixtes, semi-caducifoliées et toujours vertes
C28	Faciès de dégradation prononcée des forêts semi-caducifoliées
C29	Savanes périforestières arbustives à <i>Terminalia glaucescens</i>
C30	Savanes intra- et périforestières chétivement arbustives à <i>Annona senegalensis</i> et <i>Bridelia ferruginea</i>

---

o Sur la République Démocratique du Congo

Cette carte de la République Démocratique du Congo ne différencie pas les forêts denses semi-décidues de terre ferme des forêts sempervirentes de terre ferme, ces deux classes se retrouvent dans la classe RDC4. Cependant en comparant les classes 6, 9, 8 et 10, il ressort que les classes 6 et 8 sont moins dégradées, avec des forêts plus anciennes que respectivement les classes 9 et 10 auxquelles elles sont liées géographiquement. La classe 9 peut être une classe de dégradation de la classe 6 et la classe 10 une classe de dégradation de la classe 8. Cela est conforme avec le positionnement de la classe 10 autour des villes et le long des routes et des rivières. Ces classes de dégradation peuvent être dues à la présence ancienne ou actuelle de l'homme et représenter des zones de perte de forêt (10% de la classe 10 est croisé avec la classe agriculture) ou de recru de la forêt (forêts secondaires) mais en tout cas des forêts plus jeunes et plus perturbées. La classe 5 est aussi liée aux classes 8 et 10, elle apparaît plutôt au nord de la zone couverte par ces deux classes et au milieu de la classe 8. Elle ressemble beaucoup dans ses correspondances à la classe 8.

Les classes 2 et 4 sont les deux classes qui ont le plus grand pourcentage de forêts d'altitude par rapport au pourcentage de la classe croisé avec la carte de végétation, respectivement 5% sur 15% et 6% sur 16%. La différence entre les deux classes est que pour la classe 4 le reste de la classe est de la forêt dense alors que pour la classe 2 il y a des forêts denses mais aussi des forêts dégradées et des savanes. Le croisement entre les savanes et la classe 2 est en fait sur les zones les plus élevées le long du rift.

Les classes 3 et 7 croisent les classes de forêts denses de terre ferme, de forêts dégradées et de savanes. Ces deux classes sont à la limite du massif forestier mais la frontière au nord entre la forêt et les zones hors forêt est plus nette qu'au sud où la classe forme des corridors de forêts dans une végétation ouverte. La classe 3 a une proportion de croisement avec les zones de savane de la carte de végétation plus élevée : 17% sur 43% contre 8% sur 38% pour la classe 7.

**Tableau 12 Matrice de contingence pour la comparaison de la carte de végétation de la République Démocratique du Congo et les classes d'EVI**

% couvert	classe 1 3%	classe 5 11%	classe 4 16%	classe 8 79%	classe 6 85%	classe 2 15%	classe 9 94%	classe 10 92%	classe 3 43%	classe 7 38%
Forêts marécageuses										
<b>RDC1</b>	1	1		1	1	1	1	1		
Forêts d'altitude										
<b>RDC2</b>	1		1		1	2				
<b>RDC3</b>			5	1	3	3	1	2	1	
Forêts de terre ferme										
<b>RDC4</b>	1	9	10	54	74	4	64	27	13	21
<b>RDC5</b>									1	
Forêts dégradées										
<b>RDC6</b>		1		17	3	1	11	28		6
<b>RDC7</b>				5	2	1	7	22	10	2
Savanes										
<b>RDC8</b>									1	
<b>RDC9</b>					1	1	3	1	5	4
<b>RDC10</b>							1		2	
<b>RDC11</b>						1	2		7	2
<b>RDC12</b>						1	1	1	2	2
Agriculture										
<b>RDC13</b>				1			3	9	1	1
<b>RDC14</b>								1		

**Tableau 13 Légende des classes de végétation de la République Démocratique du Congo**

Code	Légende
RDC1	Forêts denses sur sols hydromorphes
RDC2	Forêt de montagne
RDC3	Forêt de transition
RDC4	Forêt dense semi-décidue et/ou forêt dense sempervirente de terre ferme
RDC5	Forêt claire de type Miombo humide ou de type Julbernardia
RDC6	Forêt secondaire vieille
RDC7	Forêt secondaire jeune
RDC8	Savane arborée
RDC9	Mosaïque forêt-savane
RDC10	Mosaïque savane steppique-agriculture
RDC11	Savane arbustive
RDC12	Savane herbeuse
RDC13	Complexe agricole en zone forestière
RDC14	Agriculture permanente

## Limites de validité des résultats

Cette étude donne une première description des classes de végétation séparées à partir du profil d'EVI moyen. Cependant la distribution des parcelles ne permet pas d'avoir une bonne représentativité pour les classes de l'est. Une étude plus poussée avec l'utilisation de placettes en République Démocratique du Congo est nécessaire pour approfondir ce travail et valider les caractéristiques de plusieurs classes de végétation surtout représentées dans la cuvette congolaise et sa périphérie.

Dans cette étude, seuls les arbres avec un diamètre (DBH) supérieur ou égal à 40 cm sont pris en compte pour garantir l'homogénéité sur les placettes. La prise en compte de la classe 30-40 cm pour les placettes où la donnée est disponible permettrait de disposer de données plus fines permettant notamment de mieux évaluer la contribution des pionniers à courte durée de vie au sein des peuplements ; ces pionniers n'atteignant que rarement de gros diamètres sont sous-représentés au dessus de 40 cm de DBH.

De plus l'utilisation des données brutes sur les placettes avec notamment l'accès aux noms d'espèces permettrait d'aller plus loin dans l'analyse des classes, en particulier d'un point de vue floristique et de caractérisation des peuplements. Cela pourrait être fait ultérieurement.

Les données supplémentaires mentionnées ci-dessus permettraient aussi de disposer d'informations plus complètes qui seraient utiles aux fins de comparaisons avec les nomenclatures internationales comme la nomenclature LCCS de la FAO. Actuellement, les données sur les classes ne sont pas assez précises pour obtenir une bonne nomenclature des classes avec la version 1.0 du LCCS. L'utilisation de données plus précises ou d'une version plus récente du LCCS devraient permettre de décrire les classes de la classification EVI proposée ici en cohérence avec la nomenclature internationale du LCCS.

## Fiches descriptives par classe d'EVI

### **Classe 1 : Forêts denses humides sempervirentes d'altitude**

La classe 1 représente moins de 1% de la zone étudiée. Elle est figurée en rouge sur la carte.

Cette classe est un peu à part, elle regroupe principalement des forêts d'altitude sempervirentes (altitude moyenne la plus haute avec 778 m). C'est la seule classe pour laquelle un type de sol (leptosol) ressort et est différents des autres classes.

### **Classe 2 : Forêts denses humides sempervirentes de type équatorial 1**

La classe 2 représente 3% de la zone étudiée. Elle est figurée en vert clair sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,35 avec un minimum de 0,31 début janvier (seizaine 1) et un maximum de 0,42 au milieu du mois de mai (seizaine 9). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît deux minima pendant les saisons sèches de décembre-janvier et de juillet et deux maxima en réponse aux saisons humides de mars-avril et d'octobre. Le deuxième pic d'activité photosynthétique est plus faible que le premier. La distinction, à travers

l'activité photosynthétique, de quatre saisons place cette classe dans un type équatorial en référence au climat équatorial typique à 4 saisons.

La classe 2 est très liée géographiquement à la classe 4. Cependant la répartition de la classe 2 semble suivre le littoral (pour partie, surtout au Cameroun dans des zones à très forte précipitation) et les reliefs de la zone où se mélangent ces deux classes. En regardant les résultats donnés par le SRTM, l'altitude moyenne de la classe 2 est plus basse que l'altitude moyenne de la classe 4 (respectivement 425 m et 499 m) et la moyenne plus basse peut être due à une plus grande présence de la classe 2 sur le littoral qui abaisse la moyenne par rapport à la classe 4 présente plus loin dans les terres, sur des plateaux comme ceux de l'intérieur du Gabon. La classe 2 se répartie donc sur un fort gradient altitudinal (écart-type de 477 m) mais toujours dans des zones de fortes précipitations : littoral et reliefs.

Cette classe, avec moins de 10% de déciduité en moyenne sur les placettes échantillonnées, est la plus sempervirente de la zone. Elle possède aussi un faible pourcentage de pionniers. Sa surface terrière (environ 9 m<sup>2</sup>/ha) et sa densité (environ 80 arbres/ha) font de cette classe de forêt une classe dense.

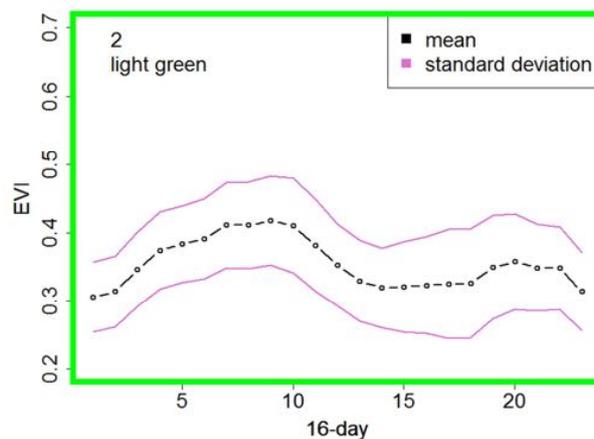


Figure 13 Profil d'EVI moyen pour la classe 2

### Classe 3 : Forêts denses sub-humides semi-décidues de type sud

La classe 3 représente 3% de la zone étudiée. Elle est figurée en bleu sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,44 avec un minimum de 0,33 au début du mois d'août (seizaine 14) et un maximum de 0,51 au milieu du mois de décembre (seizaine 22). L'activité photosynthétique connaît un minimum très marqué pendant la saison sèche de juillet-août (saison sèche principale en climat d'hémisphère sud) : cela place cette classe dans un type sud.

La classe 3 est située à la limite sud du massif forestier. Elle marque la limite entre la zone de forêts et la zone de savanes. Avec une altitude moyenne de 551 m et un écart-type de 303 m, elle se situe en basse et moyenne altitude.

Cette classe a une surface terrière (environ 7 m<sup>2</sup>/ha) et une densité (environ 75 arbres/ha) plus faibles que la plupart des autres classes. Ces forêts, malgré le filtre de forêts denses, sont moins denses que les autres. La déciduité est d'environ 20 % sur les placettes échantillonnées avec plus de

40 % de pionniers et des pionniers à courte durée de vie. Cela montre une classe semi-décidue avec une forêt perturbée ou en extension sur la savane alentour.

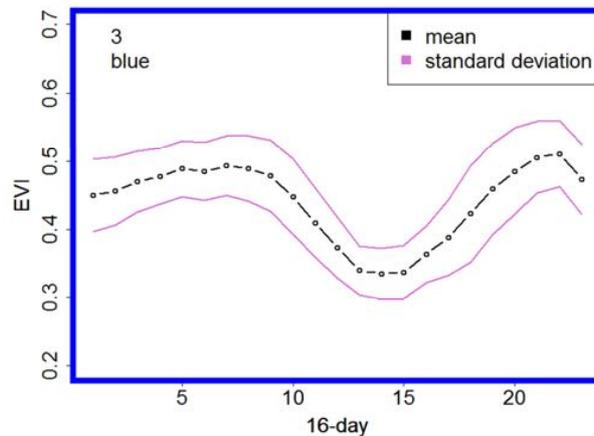


Figure 14 Profil d'EVI moyen pour la classe 3

#### Classe 4 : Forêts denses humides sempervirentes de type équatorial 2

La classe 4 représente 12% de la zone étudiée. Elle est figurée en jaune sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,41 avec un minimum de 0,34 début janvier (seizaine 1) et un maximum de 0,46 fin mai-début juin (seizaine 10). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît deux minima pendant les saisons sèches de décembre-janvier et de juillet et deux maxima en réponse aux saisons humides de mars-avril et d'octobre. Le deuxième pic d'activité photosynthétique est plus faible que le premier. La distinction, à travers l'activité photosynthétique, de quatre saisons place cette classe dans un type équatorial.

La classe 4 est très liée géographiquement à la classe 2. Cependant la répartition de la classe 4 semble suivre les zones de basse altitude de la zone où se mélangent ces deux classes : 499 m en moyenne. Cependant la classe 4 est moins présente sur certains littoraux, en particulier au Cameroun, que la classe 2. La classe 4 se répartie donc dans les zones de basse altitude de la zone ouest mais aussi sur les piémonts de certains reliefs ou sur des plateaux (comme ceux du centre et nord-est du Gabon). Toutes ces zones reçoivent des précipitations relativement importantes.

Cette classe, avec environ 15% de déciduité en moyenne sur les placettes échantillonnées, est sempervirente. Elle possède un pourcentage de pionniers d'environ 35% et quelques pionniers à courte durée de vie. Cette classe de forêts subit donc plus de perturbations que la classe 2 et présente un caractère un tout petit peu plus décidu. Sa surface terrière (environ 10 m<sup>2</sup>/ha) et sa densité (environ 85 arbres/ha) font de cette classe de forêt une classe dense.

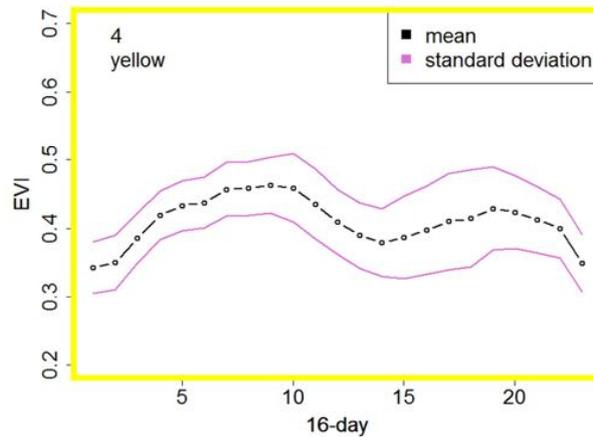


Figure 15 Profil d'EVI moyen pour la classe 4

### Classe 5 : Forêts denses humides semi-décidues de type nord

La classe 5 représente 17% de la zone étudiée. Elle est figurée en cyan sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,45 avec un minimum de 0,35 début janvier (seizaine 1) et un maximum de 0,49 au milieu du mois de mai (seizaine 9). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît un minimum pendant la saison sèche de décembre-janvier. Le reste de l'année, l'EVI reste haut avec seulement une petite inflexion pendant la saison sèche de juillet-août. Cela place cette classe dans un type nord (en référence à la saison sèche principale durant les mois de décembre-février en climat d'hémisphère nord).

La classe 5 s'interpénètre avec l'ensemble classe 2-classe 4 et leur succède vers le nord-est. Cette classe est présente au nord des forêts denses, zone principalement à l'ouest du bloc des forêts marécageuses de la cuvette congolaise, y compris dans la région de l'intervalle de la Sangha. La classe 5 se répartit donc dans les zones de basse altitude (511 m en moyenne) de la zone ouest mais aussi au nord de la zone est.

Cette classe, avec moins de 40% de déciduité en moyenne sur les placettes échantillonnées, est semi-décidue. Elle possède un pourcentage de pionniers d'environ 40% et un peu de pionniers à courte durée de vie. Cette classe de forêts est donc plus décidue et subit plus de perturbations que la classe 4. Sa surface terrière (environ 12 m<sup>2</sup>/ha) et sa densité (environ 90 arbres/ha) font de cette classe de forêt une classe dense.

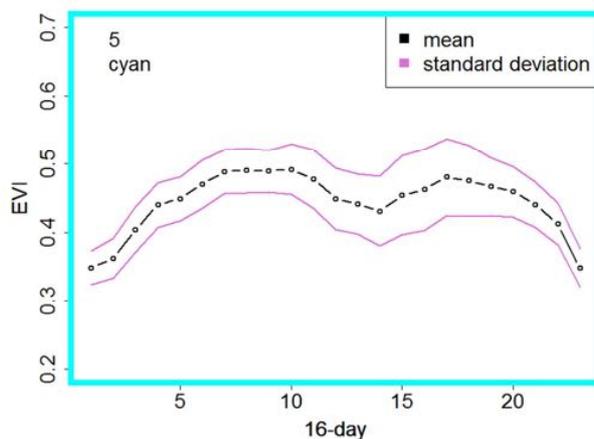


Figure 16 Profil d'EVI moyen pour la classe 5

### Classe 6 : Forêts denses humides semi-décidues de type équatorial sud 1

La classe 6 représente 15% de la zone étudiée. Elle est figurée en magenta sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,45 avec un minimum de 0,41 début août (seizaine 14) et un maximum de 0,48 au milieu du mois d'avril (seizaine 7). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît deux minima pendant les saisons sèches de décembre-janvier et de juillet et deux maxima pendant les saisons humides de mars-avril et d'octobre-novembre. Le deuxième pic d'activité photosynthétique est plus faible que le premier. La distinction, à travers l'activité photosynthétique, de quatre saisons place cette classe dans un type équatorial avec une tendance sud (EVI le plus faible au cours de la saison sèche d'hémisphère sud).

La classe 6 est très liée géographiquement à la classe 9. En regardant les résultats donnés par le SRTM, l'altitude moyenne de la classe 6 est plus élevée que l'altitude moyenne de la classe 9 (respectivement 625 m et 542 m) mais reste dans les basses et moyennes altitudes.

Avec une surface terrière d'environ 9 m<sup>2</sup>/ha et une densité d'environ 80 arbres/ha, cette classe est une classe de forêt dense. Ces valeurs sont plus élevées que celle de la classe 9, cette classe est donc plus dense que cette dernière. Le pourcentage de déciduité de la classe 6 est légèrement supérieur à 20 %, cela classe donc cette zone en forêt semi-décidue. Ce choix est appuyé par le fait que cette classe croise des classes de forêts semi-décidues sur les cartes de végétation plus anciennes et que la zone représentée par les placettes est placée sur la zone la plus sempervirente de la classe et non représentative de toute la classe. Le pourcentage légèrement inférieur à 50 % de pionniers montre une classe soumise à des perturbations.

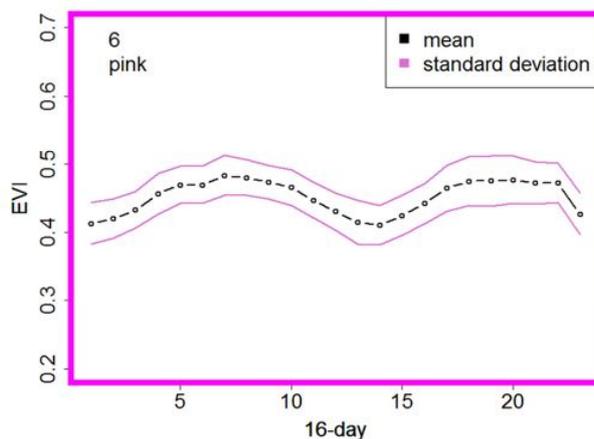


Figure 17 Profil d'EVI moyen pour la classe 6

### Classe 7 : Forêts denses sub-humides décidues de type nord

La classe 7 représente 10% de la zone étudiée. Elle est figurée en bordeaux sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,48 avec un minimum de 0,36 début janvier (seizaine 1) et un maximum de 0,54 fin mai-début juin (seizaine 10). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît un minimum pendant la saison sèche de décembre-janvier (profil de type climat tropical à un maximum et un minimum de précipitations). Le reste de l'année, l'EVI reste haut avec seulement une légère inflexion pendant la saison sèche de juillet-août. Cela place cette classe dans un type nord.

La classe 7 est située à la limite nord du massif forestier. Elle marque la limite entre la zone de forêts et la zone de savanes. Elle pénètre aussi à l'intérieur du massif le long de routes par exemple. Avec une altitude moyenne de 561 m et un écart-type de 151 m, elle se situe en basse altitude.

Cette classe a une surface terrière (environ 11 m<sup>2</sup>/ha) et une densité (environ 85 arbres/ha) assez fortes. Ces forêts, bien qu'à la limite du massif forestier, sont denses. La déciduité est d'environ 60 % sur les placettes échantillonnées avec plus de 55 % de pionniers et des pionniers à courte durée de vie. Cela montre une classe décidue avec une forêt perturbée ou en extension sur la savane alentour. Cette classe reste proche de la classe 5 avec cependant une surface terrière et une densité plus faibles et des pourcentages de déciduité et de pionniers plus élevés. La classe 7 pourrait être le faciès de dégradation ou d'extension de la classe 5.

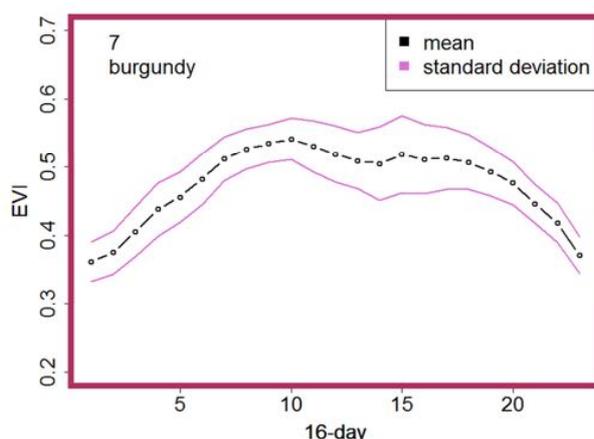


Figure 18 Profil d'EVI moyen pour la classe 7

### Classe 8 : Forêts denses humides semi-décidues de type équatorial nord

La classe 8 représente 19% de la zone étudiée. Elle est figurée en vert foncé sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,48 avec un minimum de 0,40 début janvier (seizaine 1) et un maximum de 0,52 début octobre (seizaine 18). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît un minimum pendant la saison sèche de décembre-janvier et un second moins important pendant la saison sèche de juillet-août. Cela place cette classe dans un climat équatorial (voire sub-équatorial) de type nord (avec une tendance vers un climat d'hémisphère nord).

La classe 8 est très liée géographiquement à la classe 10. En regardant les résultats donnés par le SRTM, l'altitude moyenne de la classe 8 est plus basse que l'altitude moyenne de la classe 10 (respectivement 514 m et 586 m) mais reste dans les basses et moyennes altitudes.

Avec une surface terrière d'environ 11 m<sup>2</sup>/ha et une densité d'environ 85 arbres/ha, cette classe est une classe de forêt dense. Ces valeurs sont plus élevées que celle de la classe 10, cette classe est donc plus dense. Le pourcentage de déciduité de la classe 8 est d'environ 40 %, cela classe donc cette zone en forêt semi-décidue. Le pourcentage légèrement inférieur à 50 % de pionniers montre une classe soumise à des perturbations.

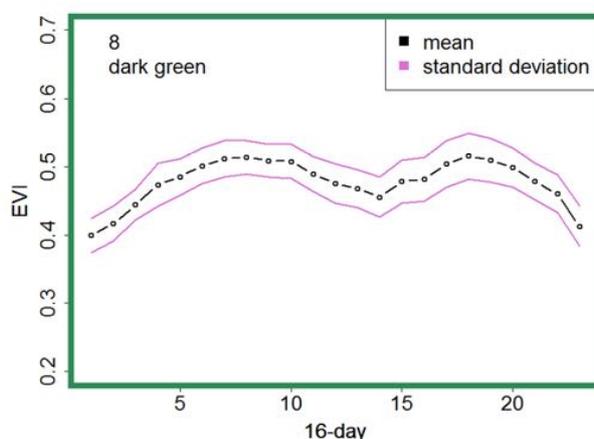


Figure 19 Profil d'EVI moyen pour la classe 8

### Classe 9 : Forêts denses humides semi-décidues de type équatorial sud 2

La classe 9 représente 13% de la zone étudiée. Elle est figurée en violet sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,48 avec un minimum de 0,41 début août (seizaine 14) et un maximum de 0,53 début novembre (seizaine 20). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît deux minima pendant les saisons sèches de décembre-janvier et de juillet et deux maxima pendant les saisons humides de mars-avril et d'octobre-novembre. Le deuxième pic d'activité photosynthétique est plus élevé que le premier. La distinction, à travers l'activité photosynthétique, de quatre saisons place cette classe dans un type équatorial avec une tendance vers un climat d'hémisphère sud.

La classe 9 est très liée géographiquement à la classe 6. En regardant les résultats donnés par le SRTM, l'altitude moyenne de la classe 9 est moins élevée que l'altitude moyenne de la classe 6 (respectivement 542 m et 625 m) mais reste dans les basses et moyennes altitudes.

Avec une surface terrière d'environ 7 m<sup>2</sup>/ha et une densité d'environ 65 arbres/ha, cette classe est la classe de plus faible densité mais reste une classe de forêts denses. Le pourcentage de déciduité de la classe 9 est légèrement supérieur à 20 %, cela permet de positionner cette classe parmi les forêts semi-décidues. Ce choix est appuyé par le fait que cette classe correspond bien à des classes de forêts semi-décidues sur les cartes de végétation plus anciennes ; la zone représentée par les placettes étant placée sur la zone la plus sempervirente de la classe et non représentative de toute la classe. Le pourcentage légèrement inférieur à 50 % de pionniers montre une classe soumise à des perturbations. Cette classe semble être un faciès de dégradation de la classe 6.

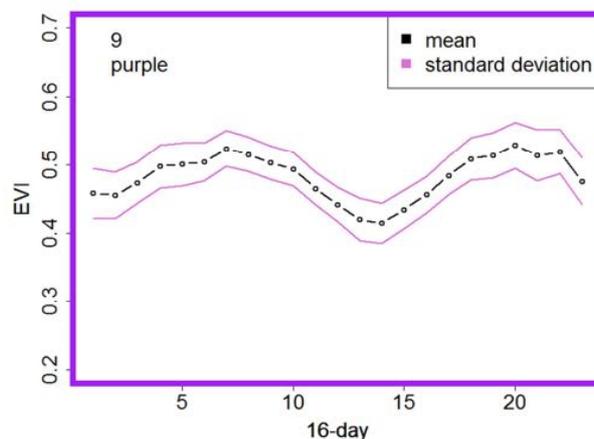


Figure 20 Profil d'EVI moyen pour la classe 9

### Classe 10 : Forêts humides semi-décidues de type équatorial nord très secondarisée

La classe 10 représente 8% de la zone étudiée. Elle est figurée en orange sur la carte.

Pour cette classe, l'EVI moyen au cours de l'année est de 0,52 avec un minimum de 0,45 début janvier (seizaine 1) et un maximum de 0,56 fin avril-début mai (seizaine 8). L'activité photosynthétique au cours de l'année connaît un minimum pendant la saison sèche de décembre-janvier. Le reste de l'année, l'EVI reste haut avec un second minimum moins important que le premier pendant la saison sèche de juillet-août. Cela place cette classe dans un climat équatorial

mais de type nord, la saison sèche de l'hémisphère nord se faisant plus ressentir que celle de l'hémisphère sud.

La classe 10 est très liée géographiquement à la classe 8. En regardant les résultats donnés par le SRTM, l'altitude moyenne de la classe 10 est plus élevée que l'altitude moyenne de la classe 8 (respectivement 586 m et 514 m) mais reste dans les basses et moyennes altitudes.

Avec une surface terrière d'environ 8 m<sup>2</sup>/ha et une densité d'environ 75 arbres/ha, cette classe est une classe de forêts denses mais avec une densité plus faible que la classe 8. Le pourcentage de déciduité de la classe 10 est légèrement supérieur à 40 %, cela classe donc cette zone en forêt semi-décidue. Le pourcentage d'environ 65 % de pionniers montre une classe soumise à de fortes perturbations. Cette classe semble être un faciès de dégradation très secondarisé de la classe 6 causé par la présence de l'homme. Cette classe est présente autour des villes, le long des routes et des rivières, elle correspond aussi avec les zones de forêt clairsemée à Marantaceae à l'ouest de la zone marécageuse en République du Congo.

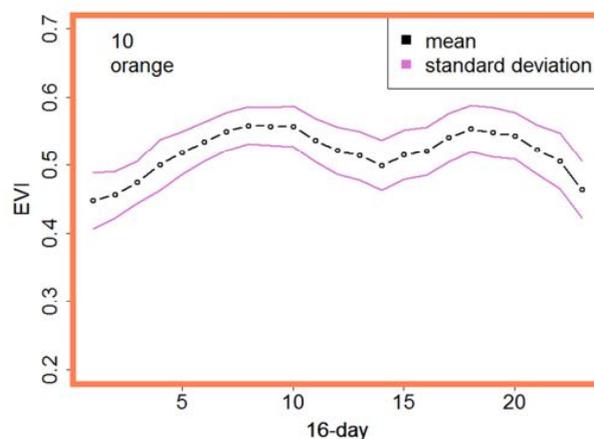


Figure 21 Profil d'EVI moyen pour la classe 10

## Etude de cas sur la végétation de quelques aires protégées en Afrique Centrale

La création d'une carte de végétation homogène à l'échelle de l'Afrique Centrale permettra une meilleure connaissance des habitats et donc une préservation mieux planifiée de tous ces habitats à l'échelle de l'Afrique centrale mais aussi à celle des pays. Cela permettra aussi de réaliser des évaluations plus pertinentes de l'efficacité des réseaux d'aires protégées de toute l'Afrique Centrale. Il n'existait en effet jusqu'à présent aucune carte de végétation cohérente sur toute la région, détaillant divers types de forêts en fonction de leurs caractéristiques fonctionnelles mais aussi structurales, qui pourrait permettre une analyse régionale des lacunes du réseau d'aires protégées en termes de protection des écosystèmes.

La présente section détaille la végétation de quelques aires protégées réparties dans des zones écologiques assez différentes, permettant d'analyser l'apport de la carte présentée ici à l'échelle non plus de l'Afrique centrale dans son ensemble mais à l'échelle des aires protégées. Nous avons ainsi

détaillé pour ces sites la répartition des classes de la classification des données d'EVI. De plus, la comparaison des cartes sur la base des données d'EVI avec les cartes disponibles au niveau des aires protégées ou la connaissance des habitats de ces aires protégées par le personnel local, permettront de mieux définir les classes d'EVI. Les aires protégées choisies croisent les dix classes de la classification.

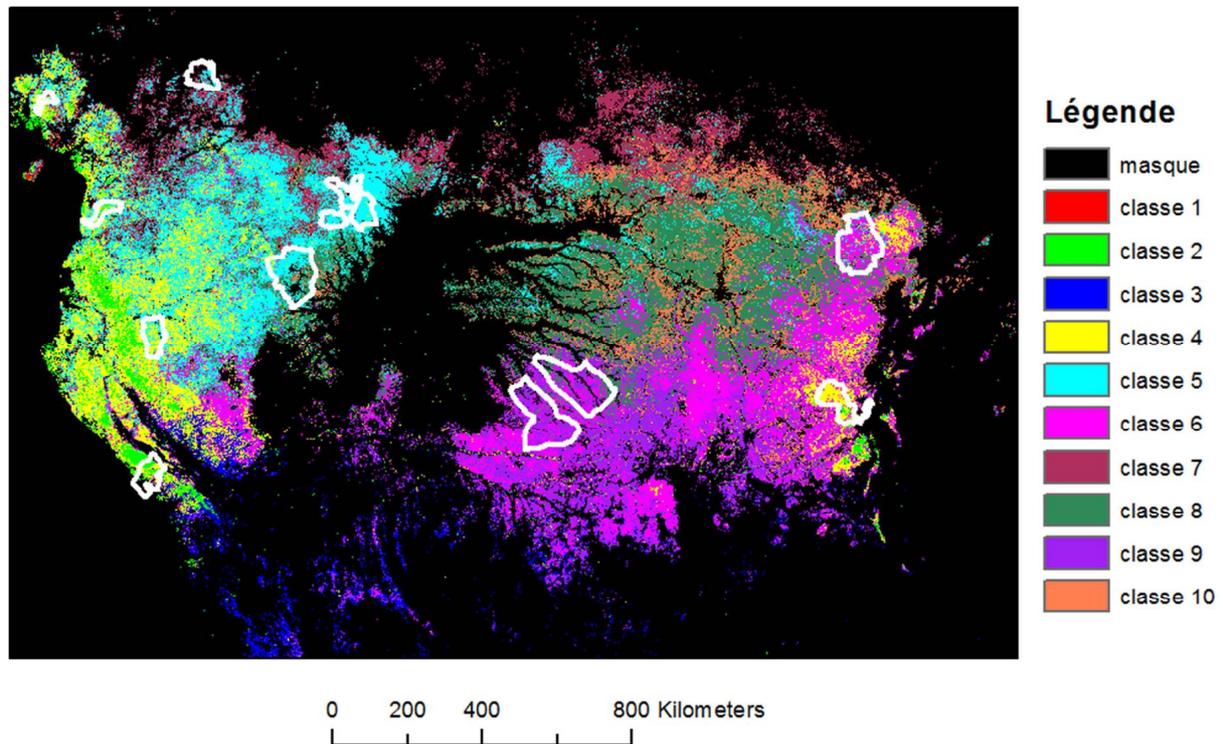


Figure 22 Répartition des aires protégées choisies

Tableau 14 Nom et pays des aires protégées choisies

Aire protégée choisies	Pays
Campo Ma'an	Cameroun
Korup	Cameroun
Mbam et Djérem	Cameroun
Lopé	Gabon
Conkouati - Douli	République du Congo
Odzala - Kokoua	République du Congo
Kahuzi - Biéga	République Démocratique du Congo
Okapis	République Démocratique du Congo
Salonga	République Démocratique du Congo
Trinational de la Sangha	
- Lobéké	Cameroun
- Dzanga	République Centrafricaine
- Nouabalé - Ndoki	République du Congo
Ile de Bioko	Guinée Equatoriale

Parc national de Campo Ma'an (Cameroun) :

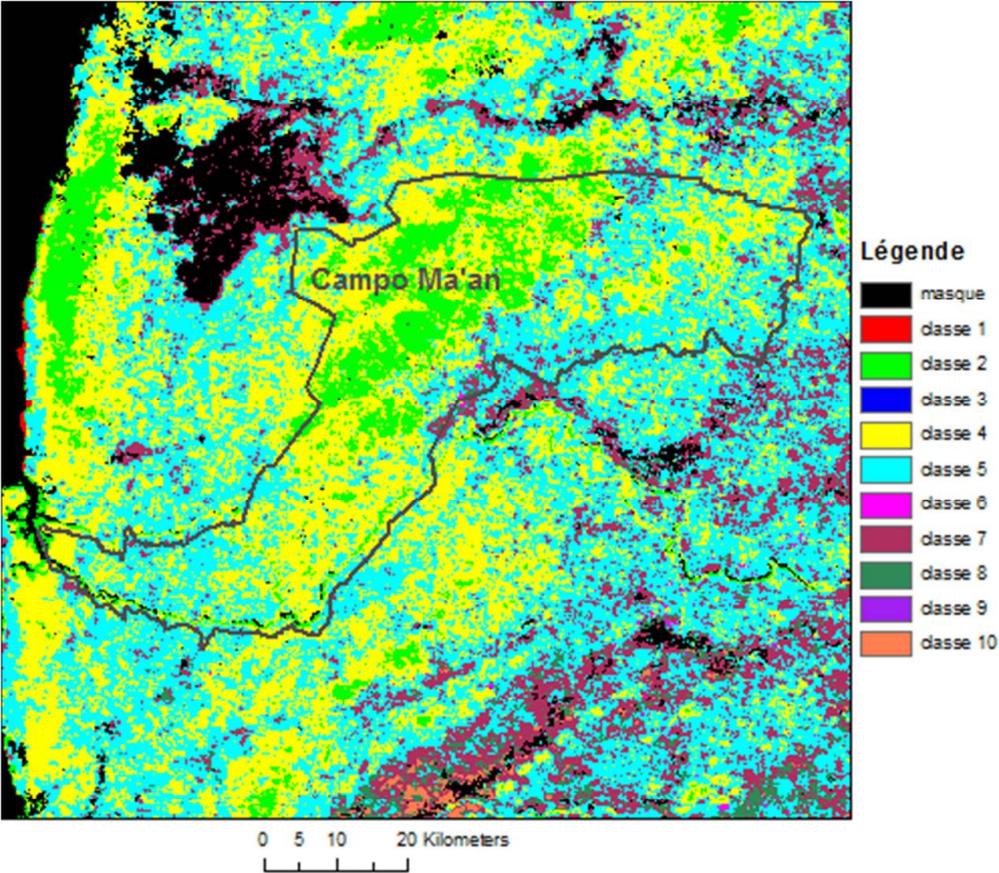


Figure 23 Parc national de Campo Ma'a

Parc national de Korup (Cameroun) :

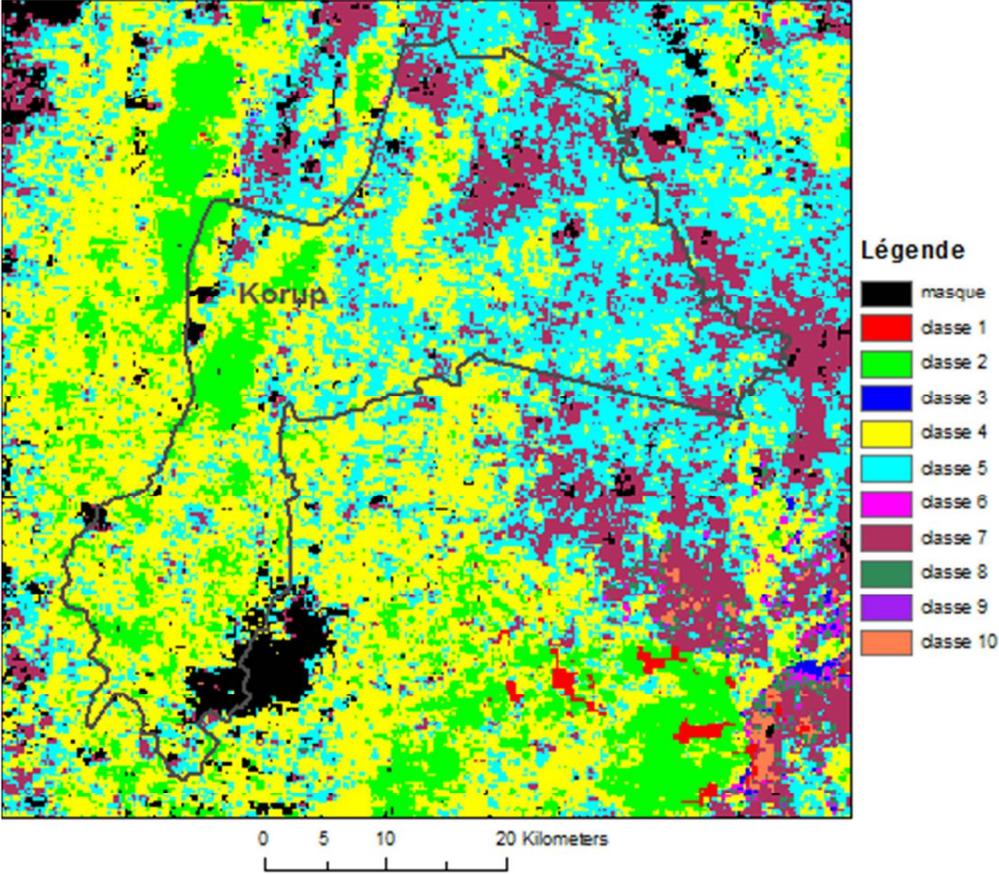


Figure 24 Parc national de Korup

Parc national de Mbam et Djerem (Cameroun) :

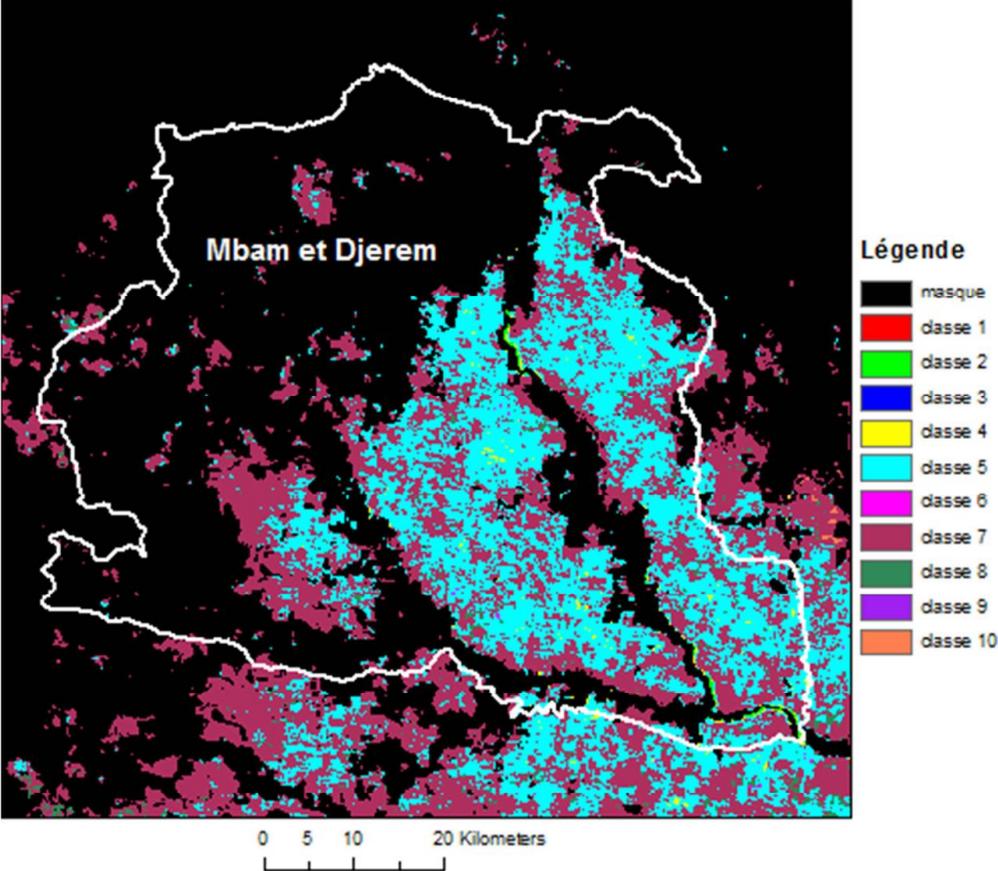


Figure 25 Parc national de Mbam et Djerem

Aire protégée de la Lopé (Gabon) :

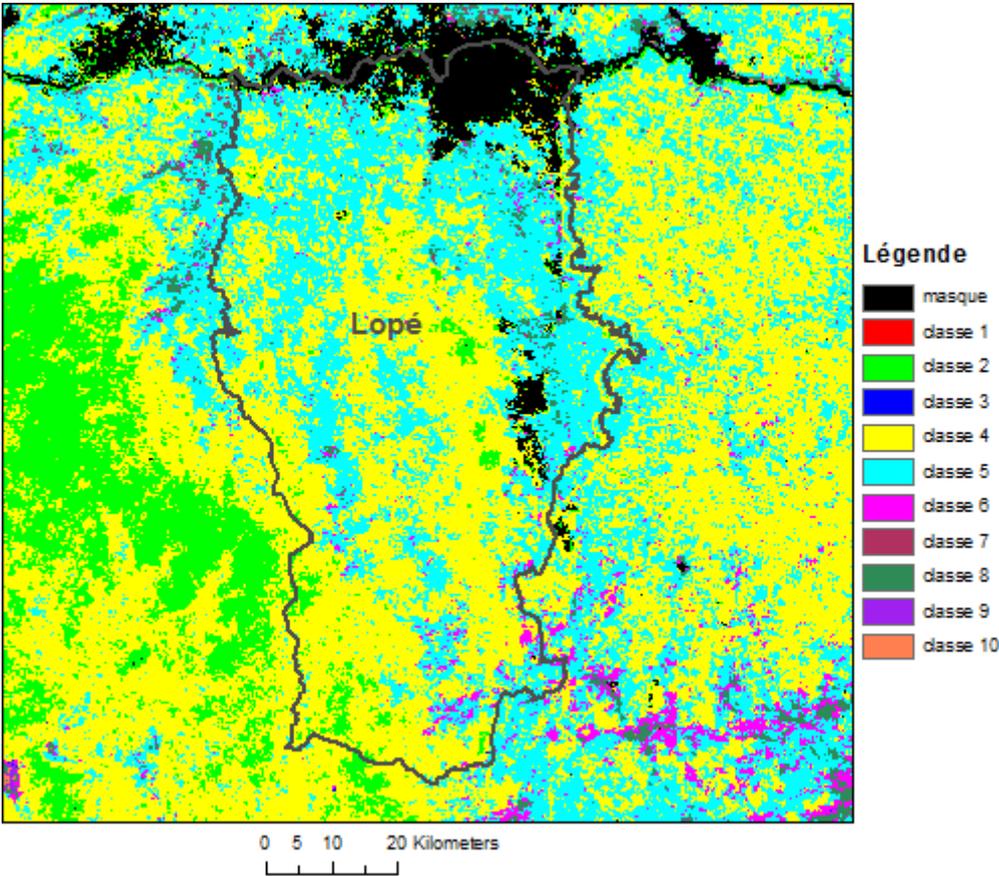


Figure 26 Aire protégée de la Lopé

Parc national de Conkouati - Douli (République du Congo) :

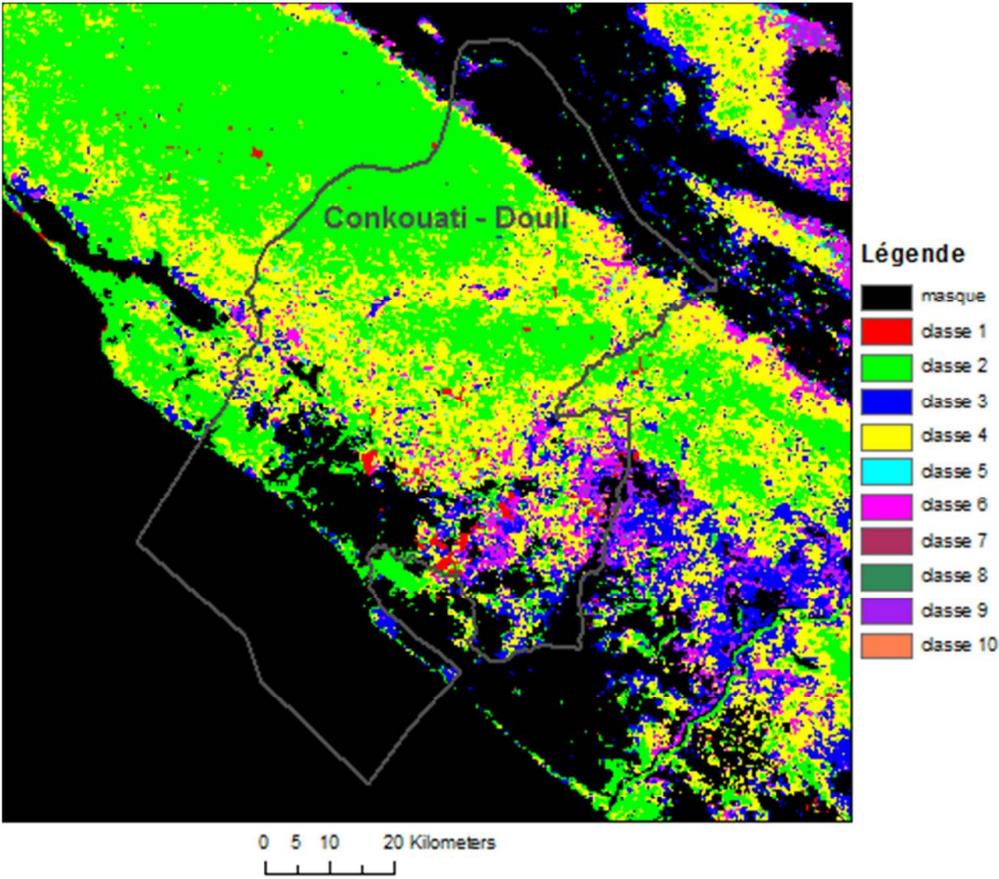


Figure 27 Parc national de Conkouati - Douli

Parc national d'Odzala - Kokoua (République du Congo) :

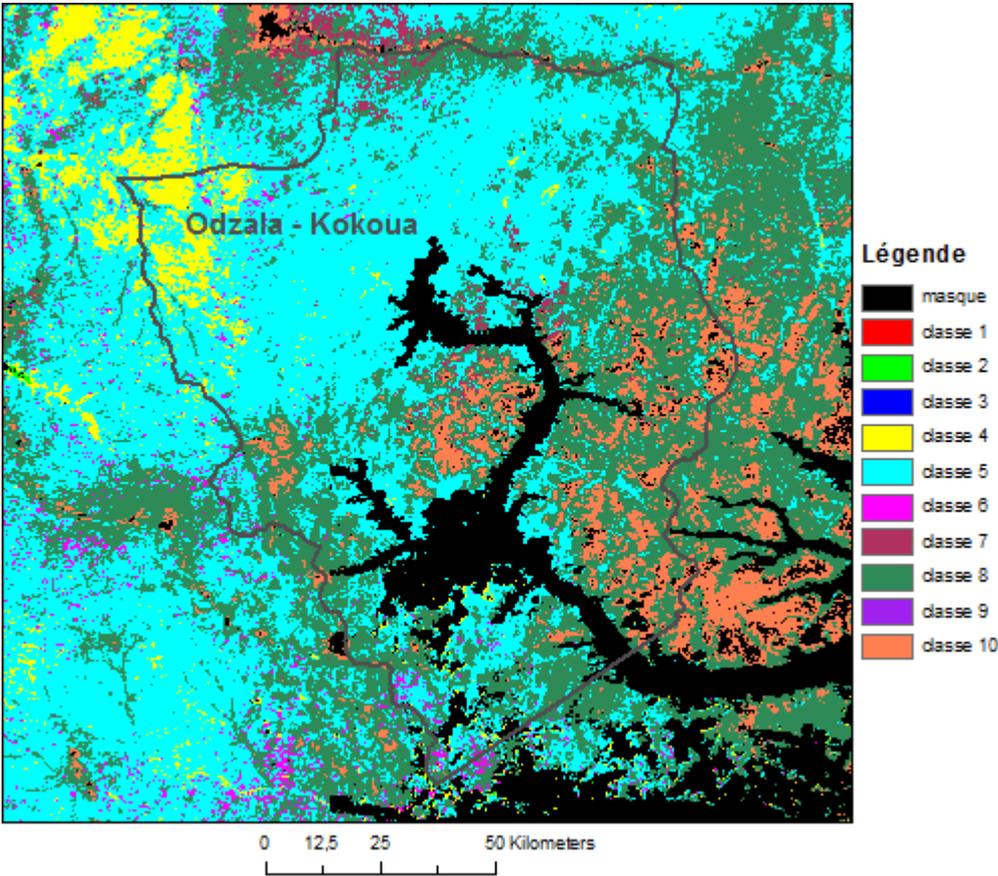


Figure 28 Parc national d'Odzala - Kokoua

Parc national de Kahuzi - Biega (République Démocratique du Congo) :

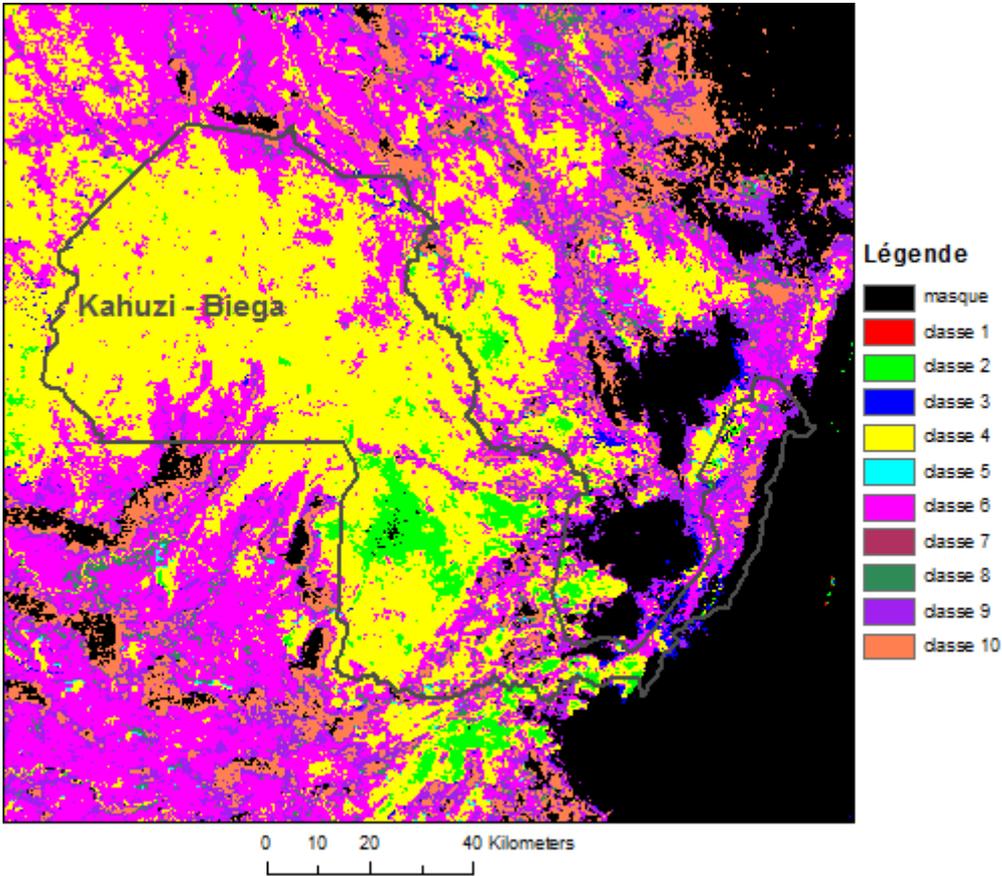


Figure 29 Parc national de Kahuzi - Biega

Réserve naturelle de faune à Okapis (République Démocratique du Congo) :

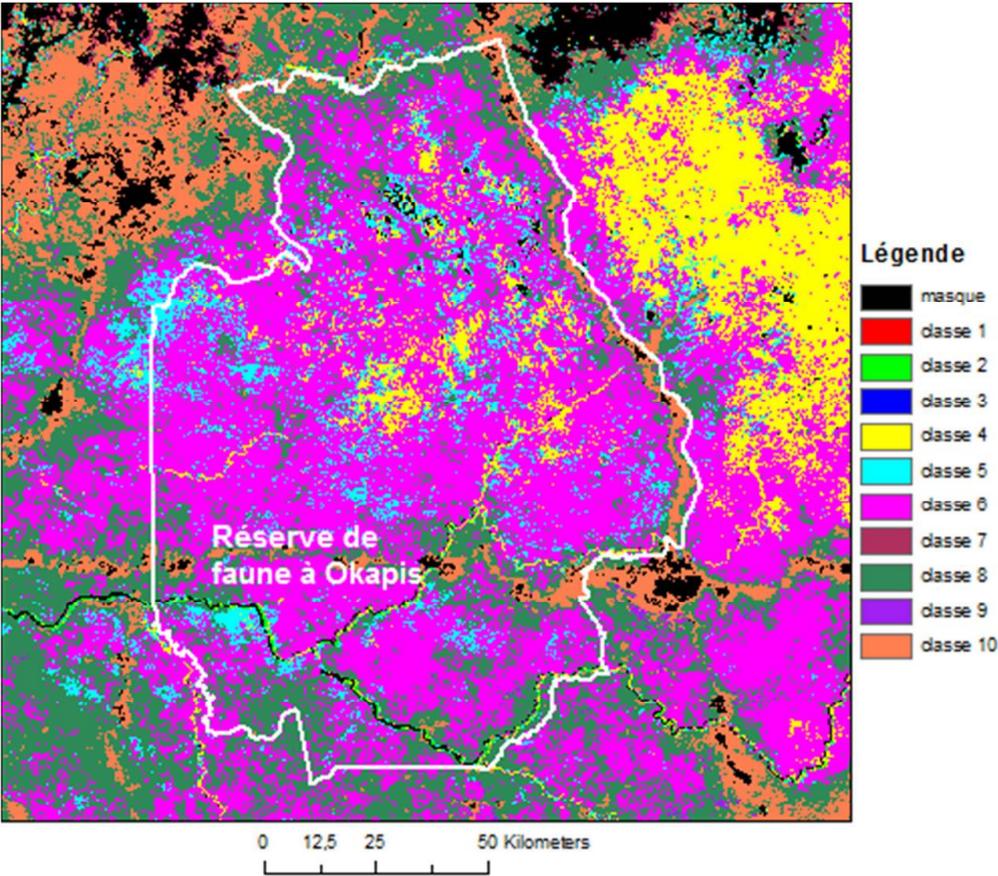


Figure 30 Réserve naturelle de faune à Okapis

Parc national de la Salonga (République Démocratique du Congo) :

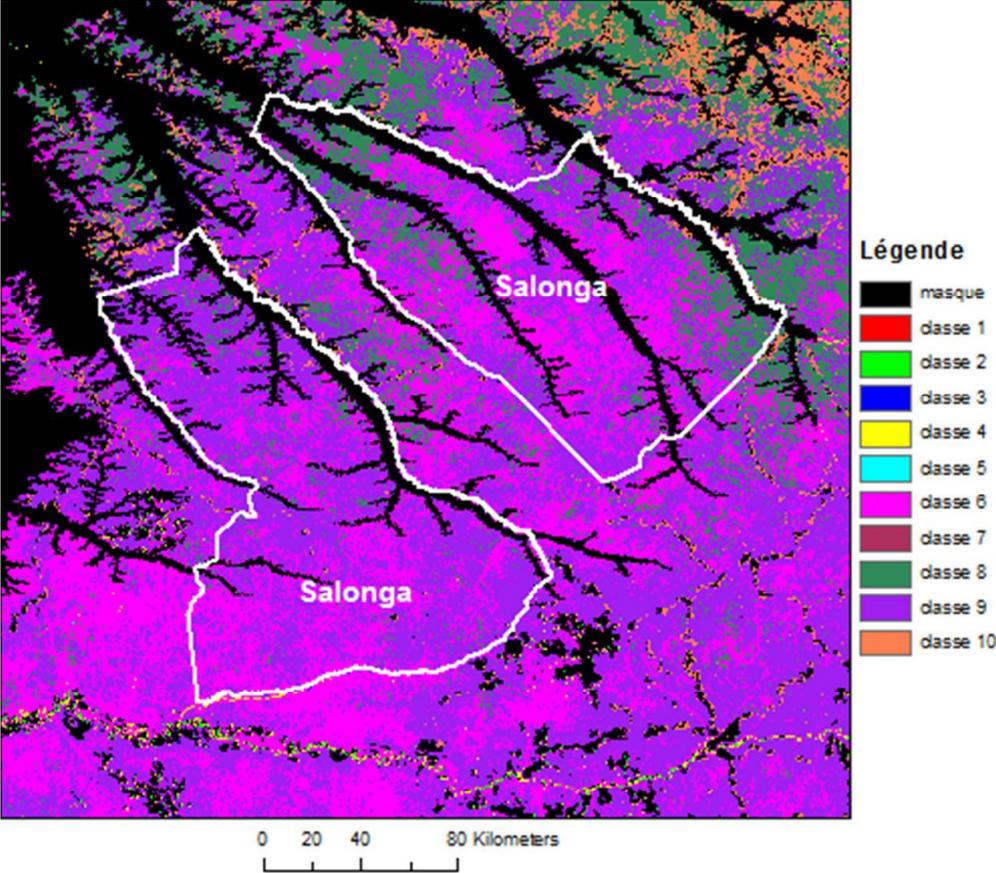


Figure 31 Parc national de la Salonga

Parc trinational de la Sangha (Cameroun, République Centrafricaine, République du Congo) :

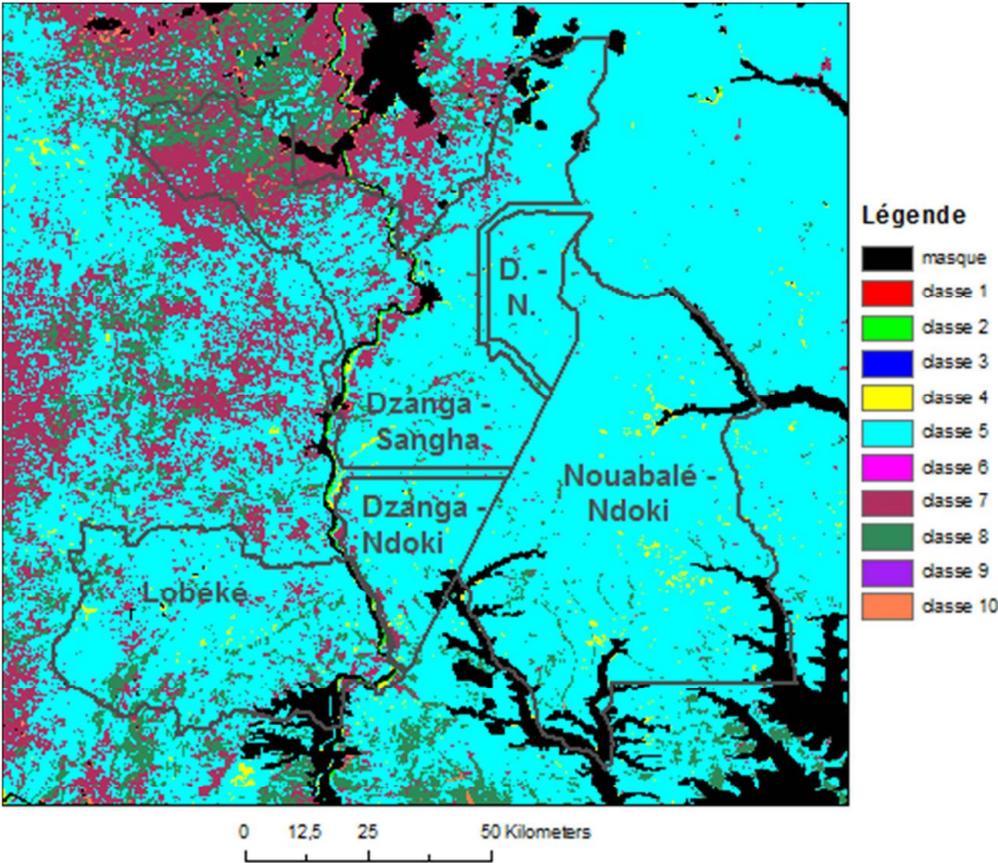


Figure 32 Parc trinational de la Sangha

Ile de Bioko (Guinée Equatoriale) :

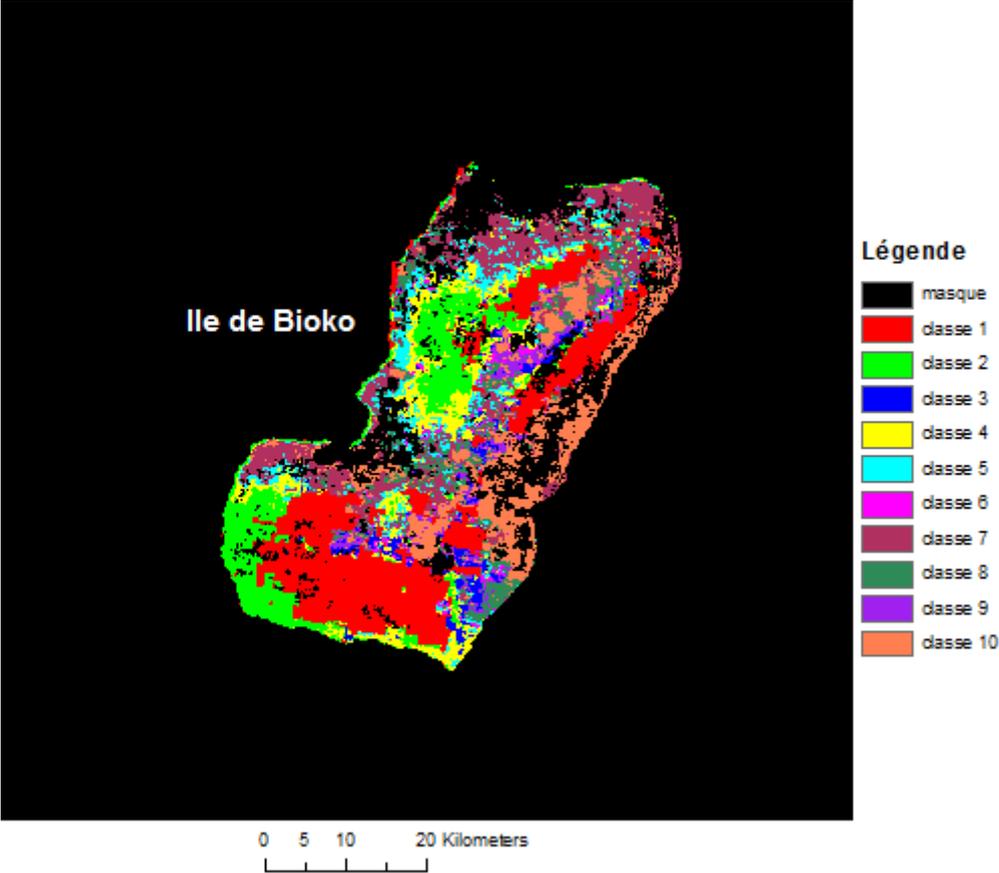


Figure 33 Ile de Bioko



## Références

- Boulvert Y., 1986. Carte phytogéographique de la République Centrafricaine (feuille Ouest – feuille Est) à 1 : 1 000 000. Collection notice explicative N°104. ORSTOM, Paris
- Caballé G., 1978. Essai sur la géographie forestière du Gabon. *Adansonia ser.* 2, 17 (4) : 425-440. Paris. ISSN 0001-804X
- De Namur C., 1990. Aperçu sur la végétation de l'Afrique centrale atlantique. *Paysages quaternaires de l'Afrique Centrale Atlantique*. ORSTOM, Paris
- Descoings B., 1975. Les grandes régions naturelles du Congo. *Candollea* 30 : 91-120
- Doumenge C., 1998. La gestion des écosystèmes forestiers du Cameroun, du Gabon et de Guinée Equatoriale à l'aube de l'an 2000. UICN, Yaoundé, Cameroun, Décembre
- Doumenge C., Garcia Yuste J.-E., Gartlan S., Langrand O., Ndinga A., 2001. Conservation de la biodiversité forestière en Afrique Centrale atlantique : le réseau d'aires protégées est-il adéquat ? *Bois et forêts des tropiques* 268 (2) : 6-28
- Fayolle A., Handerek D., Lejeune P., 2014. Stratification des forêts du bassin du Congo pour l'établissement d'équations allométriques. Pp 43
- Gond V., Betbeder J., Fayolle A., Viennois G., Cornu G., Réjou-Méchain M., Baghdadi N., Benedet F., Doumenge C., Gourlet-Fleury S., 2015. New insights in tropical forest diversity mapping in Central Africa using low resolution remote sensing. Annual World Bank Conference on Land and Poverty 2015: Linking Land Tenure and Use for Shared Prosperity. Washington, DC, 23-27 Mars 2015
- Laidet D., [dess. par], 1968. Congo : phytogéographie : planche X. (IN) Atlas du Congo / Service cartographique de l'ORSTOM. Paris (FRA) : ORSTOM, 1:2000000 (E 11° - E 18°40' 00'' / N 3°30' 00'' - S 5°). - planche en coul. ; 62 x 50 cm
- Vancutsem C., Pekel J.-F., Evrard C., Malaisse F., Defourny P., 2006. Carte de l'occupation du sol de la République Démocratique du Congo au 1 : 3 000 000, Notice explicative. Presses universitaires de Louvain