

Dynamique d'utilisation des terres et types d'occupation du sol des villages de La Scierie, Massaha et Nzé-Vatican dans la région de Makokou au Gabon



NZIGOU BOUCKA Farrel

Master 2 Fonctionnement Spatial des Milieux

Sous la direction de Johan OSZWALD

Mémoire de fin de cycle, Session du 23 juin 2014

Université Rennes 2, département de Géographie et Aménagement

Laboratoire LETG-Rennes-COSTEL, UMR 6554 CNRS.



Sommaire

Introduction	2
I. Présentation du site d'étude	4
II. Outils et méthodes	6
III. Résultats et discussion	9
Conclusion	21
Références bibliographiques	22
Table des matières.....	24
Table des figures et tableaux.....	25
Sources des données utilisées	26
Sigles et abréviations.....	27
Annexe	28

Introduction :

Une forêt se définit, selon la FAO (1995), comme « un couvert arboré sur plus de 20% d'une terre d'au moins 0,5 hectare de surface avec des arbres de plus de 7 mètres de haut excluant toute activité agricole ou urbaine prédominante ». Sa capacité à stocker du carbone en fait un acteur important de la régulation du climat dans le monde (Ciesla, 1997). Cependant, le défrichement des forêts par l'Homme pour l'usage de leurs ressources est à l'origine de la perte de vastes surfaces forestières sur la planète. La FAO (2012) a estimé une perte moyenne de 5,2 millions d'hectares depuis ces dix dernières années. L'ampleur de ce phénomène a suscité des questions environnementales majeures relatives à la gestion durable et à la lutte contre les changements climatiques. En effet, la Conférence des Nations-Unies sur l'Environnement et le Développement à Rio de Janeiro en 1992, a promu la recherche scientifique afin de mieux informer les décideurs sur l'état des forêts et leur fonctionnement (Barthod, 1993). Ainsi, une meilleure compréhension des facteurs liés à une perte ou à un gain du couvert forestier en favoriserait la gestion optimale. Des régions du monde telles que l'Europe et l'Asie connaissent une augmentation de leur superficie forestière grâce à une réorganisation de la gestion de leur forêt après de longues périodes marquées par la déforestation (FAO, ERF 2010). Ce point de basculement d'un processus de déforestation à la recolonisation du couvert forestier sur un milieu a été défini il y a une vingtaine d'années par Mather (1992), comme une phase de transition de la forêt. Cette notion a été initiée à partir de ses travaux en Ecosse, et fut innovante dans la mesure où de nombreuses études avaient porté sur la compréhension des facteurs à l'origine de la conversion des forêts, mais pas forcément sur ceux conduisant à leur recolonisation du milieu. La notion s'est ensuite étendue à l'échelle globale via des études menées dans d'autres régions tempérées d'Europe et d'Amérique du Nord (Mather *et al.*, 1999 ; Mather *et al.*, 2001), puis tropicales en Afrique, en Amérique du Sud et en Asie (Klooster, 2003 ; Mather, 2007 ; Rudel, 2013). Mather (1998) a par ailleurs identifié les bases théoriques aboutissant à une situation de transition de la forêt. Il s'agit de l'urbanisation, de l'industrialisation et de l'agriculture, elles-mêmes influencées par le contexte politique, économique et social des pays. Les changements du couvert forestier ne peuvent donc être séparés de la tendance générale de l'utilisation des terres dans un pays et constituent un témoin de son évolution.

Des études sont actuellement menées par plusieurs structures dont le CIRAD, l'ETH, l'IIASA, le laboratoire LETG-Rennes COSTEL, l'IRD et Gembloux Agro-Bio Tech dans le cadre du programme européen CoForTips dans le massif forestier du bassin du Congo en Afrique centrale. L'objectif de ce programme est de contribuer à la gestion de ce massif forestier, via une meilleure compréhension des points de basculement de la biodiversité, de la résilience des écosystèmes forestiers et une construction de scénarios. Le bassin du Congo est non seulement le deuxième plus grand massif forestier au monde après l'Amazonie, mais il a également la particularité de ne pas être fortement impacté par les activités anthropiques (FAO, 2011). Les études du CIRAD au Cameroun et au Gabon, visent trois sites sélectionnés afin de mettre en évidence un gradient illustrant la transition forestière dans la sous-région. Les sites ont été choisis en fonction du degré de dégradation du couvert forestier basé sur la courbe de transition de Mather (1992).

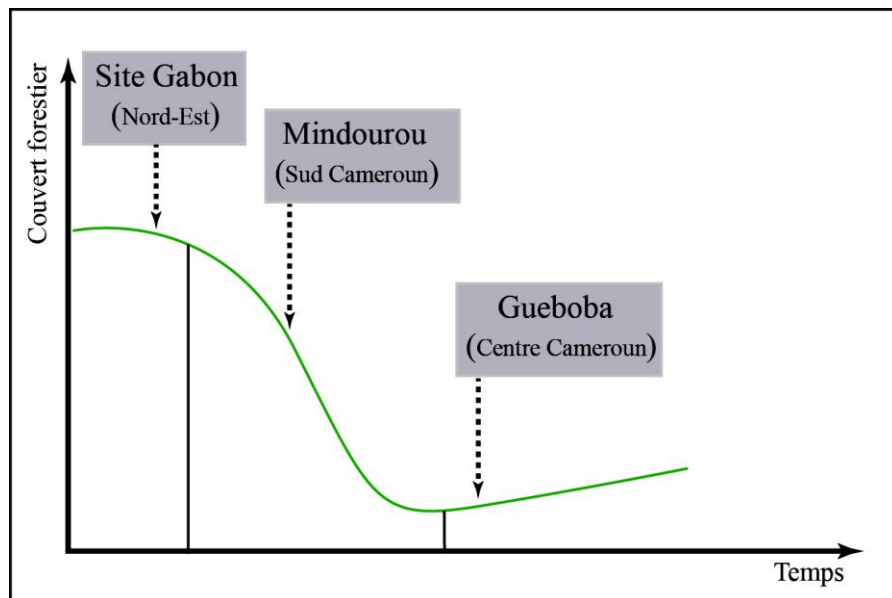
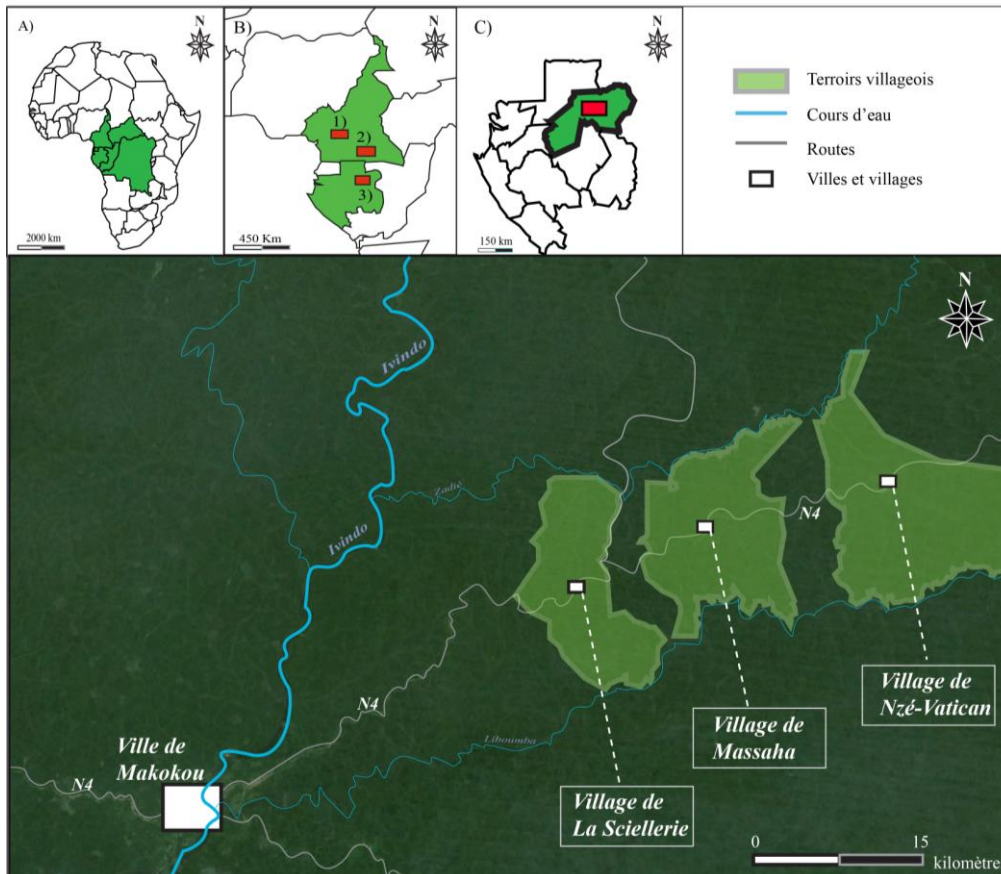


Figure 1 : Situation des sites d'étude du Cameroun et du Gabon sur la courbe de transition de Mather (1992). Au Centre et au Sud du Cameroun, il s'agit respectivement d'un milieu énormément impacté en phase de recolonisation et d'un milieu moyennement impacté. Le site du Gabon quant à lui, est caractérisé par une forêt encore très peu dégradée (CoForTips, 2013).

Cette étude se concentre sur trois villages de la région de Makokou au Gabon. L'objectif est d'y déterminer la dynamique d'utilisation et de conversion des terres forestières et de réaliser une cartographie de l'occupation du sol. Cela permettra de caractériser les états de surface et les différents processus qui en sont à l'origine, dans une région où la forêt est considérée comme étant peu impactée par les activités humaines par rapport aux autres sites du programme CoForTips. Une présentation des sites d'étude et des méthodologies sera tout d'abord faite, pour aboutir aux résultats et à la discussion des éventuels apports et limites de l'étude.

I. Présentation du site d'étude

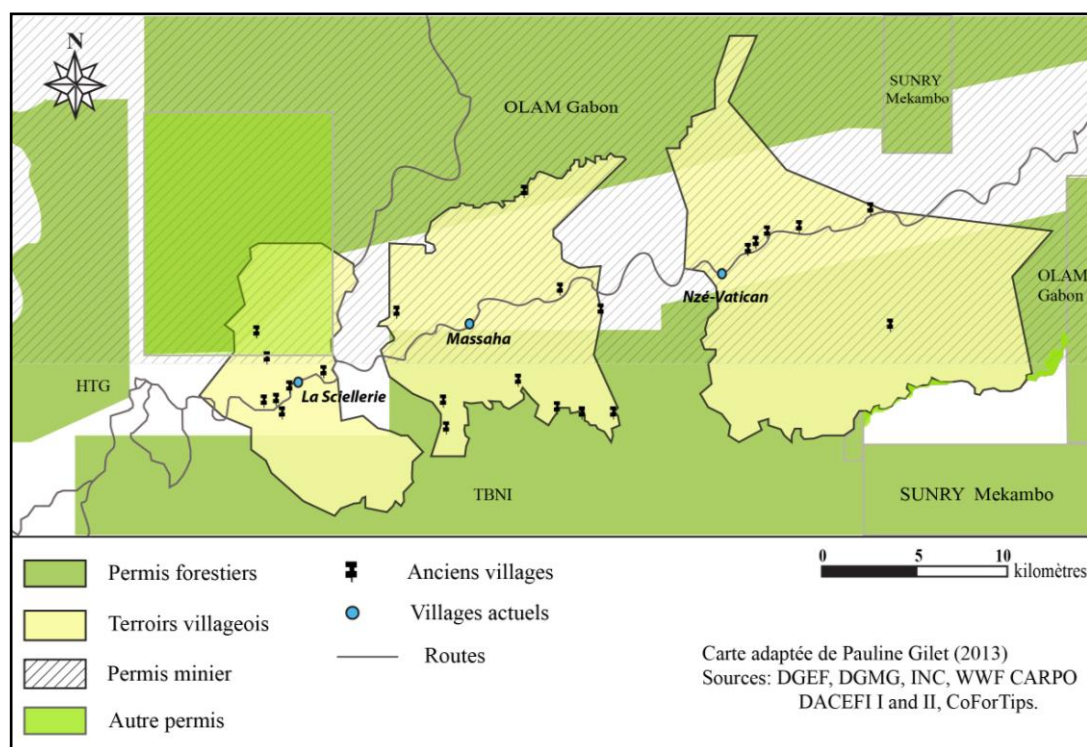
Le site d'étude englobe trois villages localisés sur la nationale 4 au Nord-Est du Gabon, entre les villes de Mekambo et Makokou, chef-lieu de la province de l'Ogooué-Ivindo. Il s'agit des villages de la Scierie (latitude : 0,703415 Nord ; longitude : 13,107357 Est), de Massaha (latitude : 0.7373110 Nord ; longitude : 13.195014 Est) et de Nzé-Vatican (latitude : 0,760736 Nord; longitude : 13,319928 Est) situés à une quarantaine de kilomètres de la ville de Makokou (figure 2).



- Figure 2 : Localisation du site d'étude. A) Situation du programme CoForTips dans le bassin du Congo ; B) localisation des sites d'étude au Cameroun et au Gabon (1.Gueboba, 2.Mindourou, 3. Makokou) ; C) Localisation du site du Gabon ; D) Différents villages étudiés sur la route nationale n°4 après la ville de Makokou dans la province de l'Ogooué Ivindo au Gabon. (source : fond de carte : Google ; terroirs villageois : CoForTips, 2013).

Au Gabon, les plans d'affectation des terres sont régis par la loi 016/01 du 31 décembre 2001 du code forestier en République Gabonaise (Methot et Ndongou, 2009). Selon ce code, le domaine forestier national est réparti en deux domaines : le domaine permanent de l'Etat et le domaine rural. Le premier est constitué de forêts domaniales productives (permis forestiers industriels) et aussi de forêts domaniales classées (Parcs nationaux, réserves, forêts classées). Le domaine forestier rural est plutôt dédié aux populations locales pour les forêts communautaires, les autorisations spéciales de coupes, de sciages et les permis de gré à gré.

Le site d'étude est, quant à lui, caractérisé par un contexte particulier d'affectation de l'espace forestier. L'Etat a notamment octroyé des permis forestiers aux sociétés d'exploitation OLAM, TBNI, HTG et un permis minier pour l'exploitation du gisement de fer de Belinga. Ces affectations se superposent avec des espaces dans lesquels s'étendent les activités villageoises de la région (figure 3). Par ailleurs, les ONG internationales WWF et Nature + (Belgique) et l'Université de Liège (Gembloux Agro Bio Tech – Belgique), mènent actuellement le projet DACEFI, visant à circonscrire un cadre légal des activités forestières villageoises de la région.

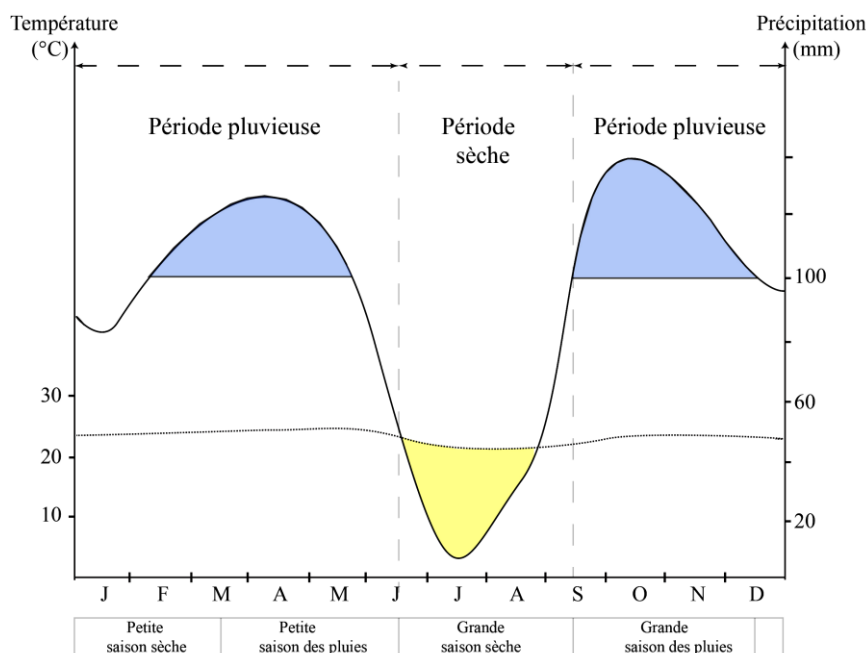


- Figure 3 : Superposition des permis d'exploitation avec les terroirs des trois villages et localisation des anciens villages de la région. (source : CoForTips, 2013).

La population de ces villages, d'ethnie dominante Kota, n'est pas très dense (1 habitants/km²). Cela est dû non seulement à la faible natalité, mais aussi à l'exode rural vers les pôles urbains Makokou, Libreville, Koulamoutou (Okouyi, 2006). De plus, l'absence d'une voie ferroviaire et le mauvais état du réseau routier limite les flux gabonais d'ethnie autre que les Kotas. La population est concentrée le long de la route nationale 4 entre les villes de Makokou et de Mékambo selon le modèle politique de l'époque coloniale du pays. Durant cette époque, les villages dispersés dans la forêt étaient regroupés en bord de piste afin de faciliter leur contrôle par les autorités coloniales.

Ces populations vivent essentiellement d'agriculture, de chasse et de pêche. L'agriculture itinérante sur brûlis est le système agricole utilisé. Il s'agit d'un système cultural fondé à la fois sur le défrichement par brûlis et la pratique d'une jachère, le plus souvent forestière (Chevalier, 1950). Bahuchet (1994), en parle comme une combinaison dans l'espace et dans le temps des arbres et des cultures dans la mesure où la mise en recrû des forêts restaure les qualités du sol. Selon Dounias (2000), il s'agit du mode d'exploitation agricole le plus répandu dans la zone forestière intertropicale avec une grande variabilité culturelle. Le brûlis, qui s'effectue au cours de la grande saison sèche, correspond au premier stade de conversion de la forêt en parcelle agroforestière. L'agriculture pratiquée par ces populations est une agriculture multiétagée. C'est un système basé sur plusieurs étages de végétation qui cumulent les fonctions agricoles, d'élevage et de foresterie. Les parcelles sont caractérisées par une grande diversité de cultures et du calendrier agricole.

Le climat de cette région du Gabon est favorable à ce type d'agriculture bien que les précipitations constituent un agent limitant son intensité. C'est un climat de type équatorial humide caractérisé par une température moyenne proche de 24 °C et une double alternance de saisons sèches (petite de décembre à mars et grande de juin à septembre) et pluvieuses (petite de mars à juin et grande de septembre à décembre) (Hladik et Blanc, 1987). L'étude de Makanga (2010), a révélé des précipitations comprises entre 1700 et 1800 mm. Il a également résumé les saisons en deux grandes périodes : une période pluvieuse allant du mois de septembre à juin et une période sèche de juin à août (figure 4).



- Figure 4: Diagramme ombrothermique de Makokou (station ASECNA) ; moyennes mensuelles de température (1953-1975) et moyennes mensuelles de pluviosité (1951-1975). En bleu, périodes de précipitations supérieures ou égales à 100 mm; en jaune, période de températures inférieures à la moyenne (adapté de Hladik et Blanc, 1987).

Du fait du contexte politique, économique et des faibles densités démographiques, ce système agricole n'a, jusqu'à lors, pas été pratiqué au Gabon aussi intensément que dans d'autres pays africains. Au Cameroun, l'agriculture (itinérante sur brûlis et de rente) qui représente 44% du produit national brute contre 7,8% au Gabon (De Wasseige et Devers, 2009), est responsable de 80% des pertes du couvert forestier (CARPE, 2005). En Côte d'Ivoire, l'exploitation des essences commerciales forestières et l'implantation de cultures de café et de cacao sur de vastes espaces ont conduit à une perte des trois-quarts du couvert forestier du pays (Oszwald, 2005).

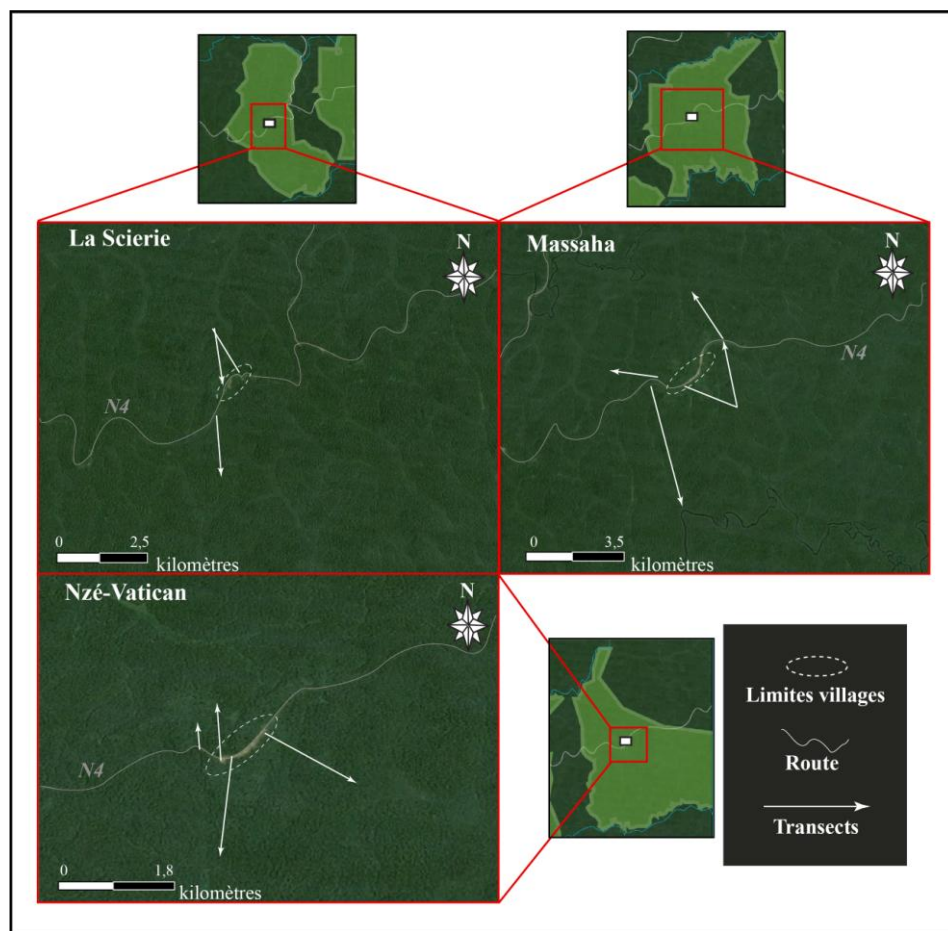
II. Outils et méthodes

1. Échantillonnage sur le terrain et conception du modèle de la dynamique d'utilisation des terres

La campagne de terrain a eu lieu du 26 avril au 11 mai 2014 à raison de trois à quatre jours par site. L'objectif a été d'identifier et de caractériser la succession des éléments paysagers au sein des terroirs villageois en se servant d'une fiche d'identification des types d'occupation du sol et de la végétation (Oszwald, 2007). Pour ce faire, des transects ont été effectués pour chaque site de part et d'autre de la route nationale n° 4 en partant du bord de la route, au niveau des habitations villageoises, à leur périphérie jusque dans la forêt dense, pour être sûr de prendre en compte un maximum de types d'occupation du sol (figure 5). Chaque transect a été effectué sur un à deux kilomètres et l'accessibilité des sites a énormément influencé les différents parcours. En effet, les espaces forestiers tropicaux sont difficilement pénétrables du fait de leur complexité verticale (multistratification de la végétation) et horizontale (imbrication des composantes paysagères) (Oszwald, 2007). Les pistes forestières des chasseurs et des agriculteurs ont donc servi de support à la réalisation des transects. Durant chaque parcours, des points GPS ont été enregistrés à l'aide d'un GPS Map 62s d'une précision d'environ 4 mètres, pour la localisation des éléments paysagers au centre de milieux homogènes et au niveau de chaque milieu de transition. Des photos orientées aux quatre

points cardinaux autour des points GPS ont également été prises à l'aide d'un appareil photo de marque Samsung de résolution 14 méga pixels afin d'avoir un visuel panoramique de chaque élément paysager et effectuer une vérification des milieux observés en laboratoire. Afin d'avoir plus d'informations sur les parcelles et la conversion des terres agricoles et forestières, les agriculteurs ont été questionnés sur les pratiques, les cultures associées et le calendrier agricole. De même, les noms vernaculaires des espèces les plus fréquentes ont été relevés afin de mieux caractériser la végétation. Les éléments paysagers ainsi identifiés ont servi de base pour l'établissement d'un modèle de dynamique d'utilisation et de conversion des terres forestières de la région.

Cette campagne terrain a permis, entre autre, de faire le lien entre les éléments identifiés *in situ* et ceux discriminés par classification sur l'image satellite.



- Figure 5 : Localisation des différents transects sur les sites d'études.

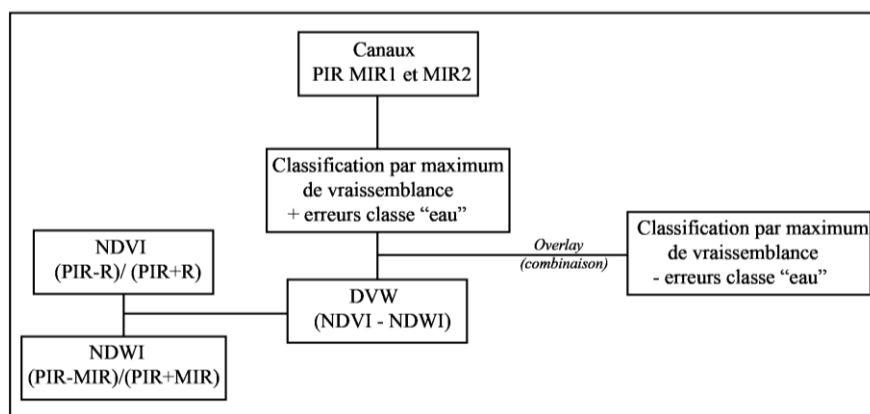
2. Cartographie des types d'occupation du sol

Des images satellitaires ont dans un premier temps été acquises et traitées. La première image, datant du 17 décembre 2013, est une image Landsat 8 OLI de 30 mètres de résolution spatiale en mode multispectral et 15 mètres en mode panchromatique (annexe page 28). Elle a constitué une première base de classification des types d'occupation du sol de la zone d'étude par la méthode du maximum de vraisemblance à l'aide du logiciel Idrisi. Il s'agit du regroupement par classes, des pixels d'une image, en fonction de leurs caractéristiques spectrales (Monget et *al.*, 1980). Une image datant du 18 janvier 2011 du capteur Aster du satellite Terra, de 15 mètres de résolution spatiale dans le visible et le proche infrarouge et de 30 mètres dans le moyen infrarouge (annexe page 28) a permis d'affiner la classification et de

caractériser avec une meilleure précision les états de surface sur les différents sites. Le climat étant équatorial humide, notre site d'étude est caractérisé par un fort couvert nuageux durant toute l'année qui complique extrêmement l'acquisition d'images optiques à plusieurs dates afin d'évaluer le changement et donc caractériser la dynamique de l'occupation du sol.

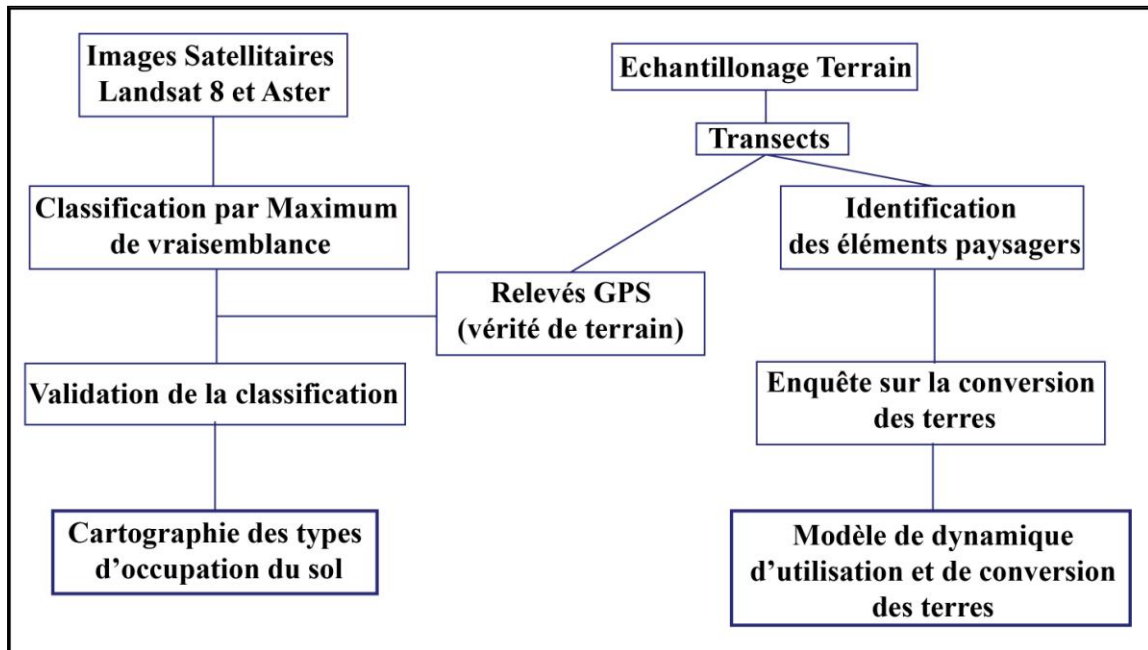
Bien que l'image Landsat ait été prise durant la petite saison sèche, période correspondant à un faible pourcentage de nuage, le site d'étude est néanmoins affecté par de la nébulosité à basse altitude (annexe page 32). Il s'agit de bancs de brume favorisés par la fraîcheur des vallées et l'évapotranspiration qui diffusent le rayonnement électromagnétique beaucoup plus dans le domaine visible que dans l'infrarouge (Bariou et *al.*, 1985 ; Bonn et Rochon, 1992). La visibilité étant plus affectée dans les bandes du visible, la classification a donc uniquement été basée sur les bandes spectrales du proche et du moyen infrarouge (annexe page 33). Ces canaux sont une source d'information intéressante pour l'étude car ils sont sensibles à la structure des couverts végétaux, à l'activité chlorophyllienne et à la présence de l'eau au sol et dans la végétation. Cela permet une bonne discrimination des classes d'occupation du sol pour le site d'étude. Six classes ont ainsi été définies : « eau », « sol nu », « culture et forêt secondaire pionnière », « jeune forêt secondaire », « forêt conservée sur sol ferme » et « forêt conservée humide ». La scène Aster sur laquelle se trouve le village de Nzé-Vatican n'a par ailleurs pas pu être exploitée à cause du fort couvert nuageux. La classification sur l'image Aster n'a donc été possible que pour les villages de La Scierie et Massaha. Cependant cette scène présentait plusieurs défauts de stries à l'origine d'un biais dans la classification plus important sur les classes de « forêt conservée humide » et « forêt conservée sur sol ferme ». Mais la fusion de ces classes en une classe unique « forêt conservée » et l'application d'un filtre médian a permis d'améliorer la qualité de la classification.

Des erreurs de confusion ont cependant été observées sur la classe « eau » où des pixels représentant des ombres d'arbres ont été intégrés, surestimant ainsi l'abondance en eau sur la zone d'étude. Afin de mieux cartographier ces surfaces en eau, plusieurs indices ont été calculés. Il s'agit du NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) et du NDWI (*Normalized Difference Water Index*). Le premier sert à évaluer l'activité physiologique des plantes et le deuxième le contenu en eau (Gao, 1996). La différence de ces deux indices permet de définir un autre indice appelé DVW (*Difference between Vegetation and Water*) qui améliore la perception de l'eau surfacique (Gond et *al.*, 2004). Le canal dérivé (annexe page 32) a donc été seuillé (eau : pixels > 0) pour ne conserver que les surfaces en eau puis combiné à la classification afin d'atténuer le problème d'ombres portées.



- Figure 6 : Amélioration de la classification pour la classe « eau » par utilisation du DVW

Les points GPS relevés sur des milieux homogènes ont permis de déterminer les pixels purs sur l'image satellitaire et de les corrélérer aux éléments paysagers et aux types d'occupation du sol observés sur le terrain. Les points pris sur des milieux de transition (mixels) ont quant à eux facilité la délimitation des pixels purs montrant ainsi le passage d'une classe d'occupation à une autre. L'intégration de ces points a ainsi permis de calculer un indice de Kappa afin d'estimer la qualité de la classification.



- Figure 7 : Schéma de la méthodologie de l'étude.

III. Résultats et discussion

1. Résultats

a) Dynamique d'utilisation des terres

- Identification des éléments paysagers

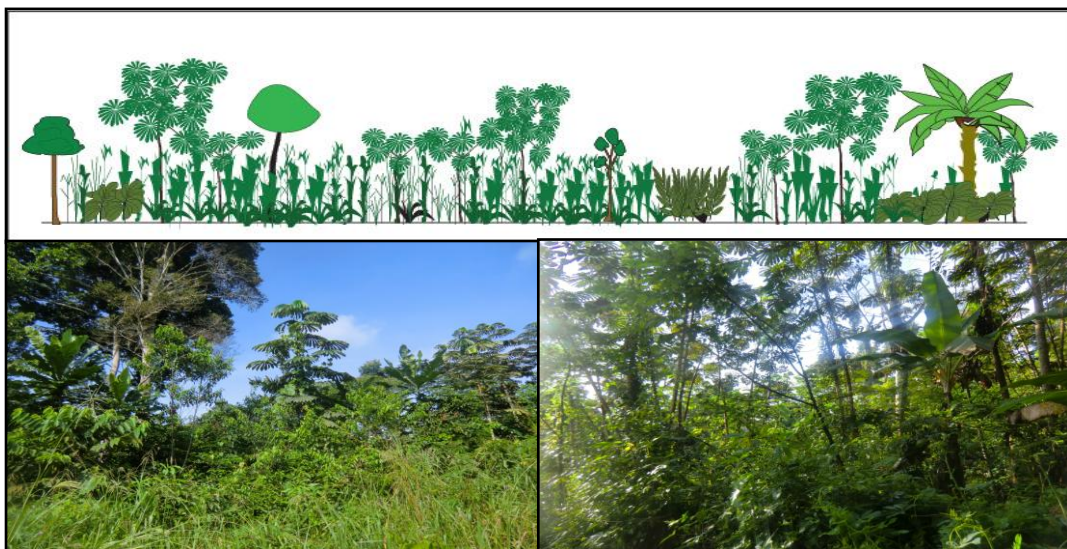
Les observations faites sur le terrain et les entretiens avec des cultivateurs et des chasseurs locaux ont permis de distinguer plusieurs types d'éléments paysagers, et ce, en s'appuyant sur une fiche d'identification préalablement établie (annexe page 31).

Au niveau de chaque village, les habitations qui sont construites en bois, en terre battue ou en briques de ciment, se répartissent de part et d'autre d'une route non bitumée sur un sol argileux ferralitique. Chaque famille possède un champ ou un jardin verger derrière son habitation servant pour un approvisionnement direct de petite quantité de vivres. Leur taille peut varier de la dizaine à la centaine de mètres carrés et les espèces cultivées sont généralement l'avocatier, le papayer, le safoutier, le manguier, la canne à sucre, le bananier, l'ananas et même le manioc. La route est généralement située sur une crête avec de part et d'autre un versant menant aux rivières de Liboumba au Sud et Zadié au Nord à environ 5 kilomètres. Le relief est composé de collines et des vallées étroites. L'altitude varie de 500 à 600 mètres et les vallées sont parcourues par un réseau de petits cours d'eau alimentant les rivières Zadié et Liboumba qui se jettent à leur tour dans l'Ivindo, affluent du fleuve Ogooué.

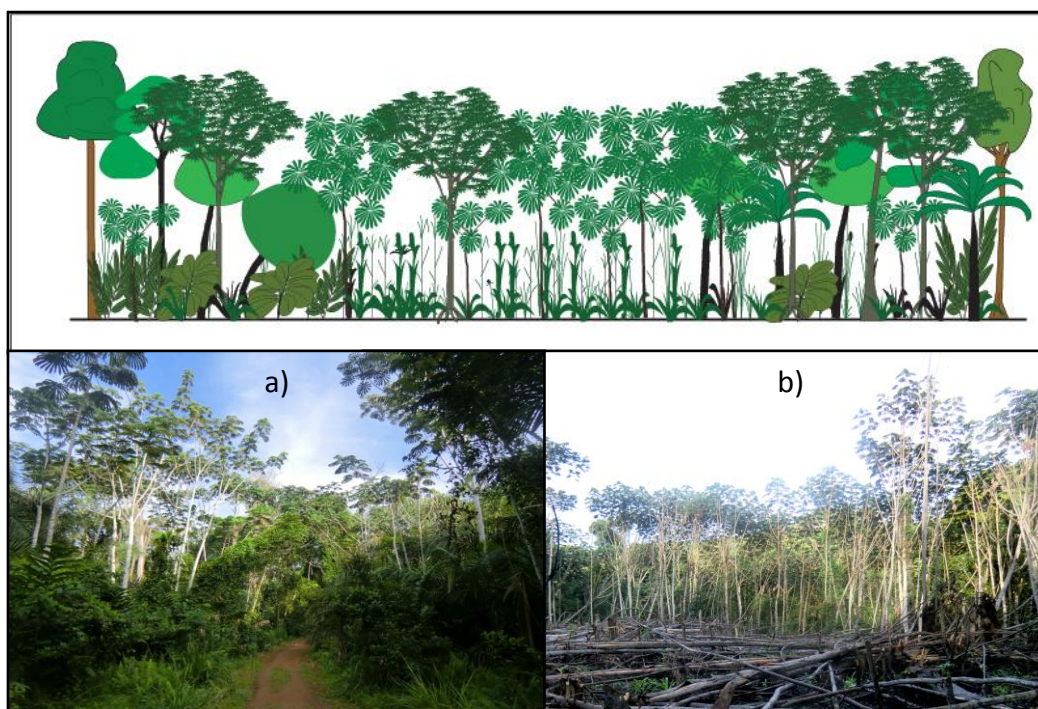
La végétation située autour des villages et aux abords de la route est constituée d'espaces cultivés, de forêts secondaires et de forêts conservées.

Les forêts secondaires ont une composition floristique variable en fonction de l'usage antérieur de l'espace (pratiques agricoles, exploitation forestière, travaux de construction d'une route), mais plusieurs espèces ayant une présence forte et régulière servent d'indicateurs à différents stades d'évolution de cette formation végétale. Ces stades d'évolution de la forêt secondaire équatoriale, déjà décrits par Aubréville (1947) et White (1986) ont notamment pu être observés sur les villages de La Scierie, Massaha et Nzé-Vatican. Les forêts secondaires pionnières, qui constituent le premier stade, sont composées de strates herbacées et arbustives et d'arbres de petite taille avec des hauteurs allant de 1 à 4 mètres. Ces forêts peuvent correspondre à des jachères de 2 ans environ. Des résidus de cultures (bananiers, manioc...) peuvent encore être présents sur ces milieux. Les espèces fréquemment observées sont l'*Aframomum longipetiolatum* (Zingiberaceae), l'*Anthocleista nobilis* (Loganiaceae), le parasolier ou *Musanga cecropioides* (Moraceae) et des graminées parmi lesquels la *Pennisetum purpureum* qui colonise les espaces auparavant en sol nu ferme régulièrement entretenu ou les parcelles longtemps exploitées en bordure ou pas très loin de la route principale. Le deuxième stade est marqué par la dominance du parasolier qui est une espèce très héliophile et grégaire. L'*Anthocleista nobilis*, le *Myrianthus arboreus* (Moraceae), et le *Saha* (arbre à épine utilisé comme bois de chauffe) sont également bien répandus. Le troisième stade est celui de la forêt secondaire mature. Le parasolier n'y est plus dominant et plusieurs arbres tels que le Saha et l'Olon (*Fagara heitzii*, famille des Rutaceae) deviennent matures.

Les forêts secondaires correspondent également à des espaces d'anciennes activités d'exploitation forestières ou même à des travaux de route. En effet, entre les années 2002 et 2005 puis 2005 et 2009, la société du groupe Rougier Gabon CIFHO (Compagnie Forestière du Haut-Ogooué) et la société Tim-Gabon ont exploité du bois à proximité des villages. Il s'agissait alors de coupes sans plan d'aménagement durable. Pour la société TBNI par exemple, c'est en 2011, que les permis forestiers associés (PFA) sont devenus des concessions forestières sous aménagement durable (CFAD). Dans ces concessions, le plus gros volume de bois doit avoir été contrôlé avant exploitation (même si certains peuvent être identifiés après abattage). Chaque CFAD est divisé en unité forestière de gestion (UFG) de même superficie et chaque UFG est subdivisée en assiette de coupe (ACC), le tout formant le plan annuel d'opération.

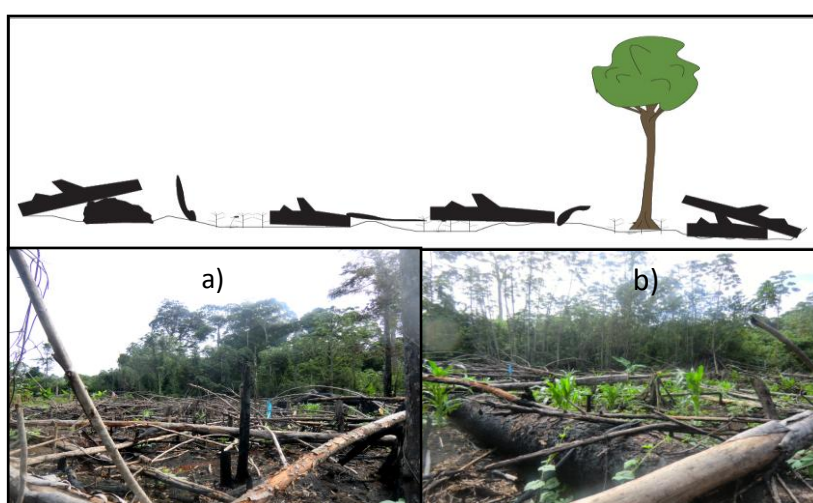


- Figure 8 : Forêt secondaire pionnière à Massaha (à gauche ; 28/04/2014) et Nzé-vatican (à droite ; 03/05/2014) (photographies et schéma : Nzigou Boucka Farrel, 2014).



- *Figure 9 : Jeune forêt secondaire à parasoliers : a) au bord d'une route (La Scierie. 06/05/2014) ; b) en partie défrichée en pleine forêt (Massaha. 29/04/2014) (photographies et schéma : Nzigou Boucka Farrel, 2014).*

Les plantations ne sont localisées que sur les pentes ou sur les replats de haut de pente car la présence régulière d'eau au niveau des vallées n'est pas favorable au brûlis et au développement des espèces cultivées. Deux types de parcelles sont observables sur les terrains agricoles : les parcelles en monoculture ou en polyculture. Ces parcelles ne sont pas labourées. Les graines et les boutures sont directement plantées après le brûlis au milieu des troncs d'arbres gisants et calcinés.



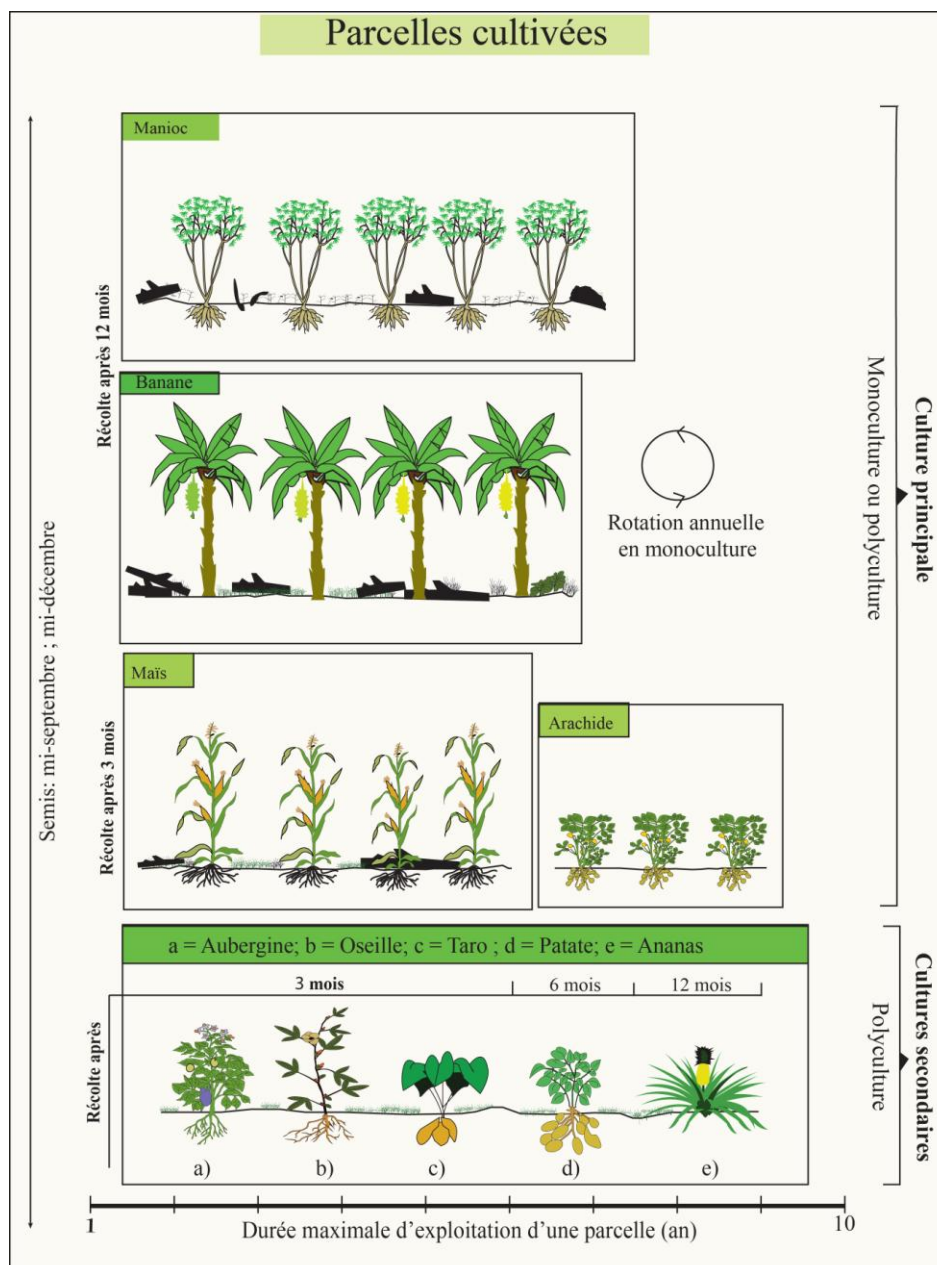
- *Figure 10 : Parcelle défrichée sur brûlis : a) parcelle brûlée de moins d'un mois (Massaha.29/04/2014); b) parcelle sur brûlis cultivée (maïs et concombre) depuis un mois et demi (Massaha.29/04/2014) (photographies et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014).*

Les entretiens avec plusieurs cultivateurs ont révélé que les parcelles en monoculture se font le plus souvent dans le cadre d'activités commerciales d'une seule famille ou encore d'un groupe d'individus de familles différentes réunis en association. Les espèces en monoculture sont généralement la banane, le manioc, le maïs et l'arachide (figure 11). Dans le cas de la banane, la parcelle est cultivée suivant un piquetage de 2 mètres d'intervalles en moyenne mais cette pratique, bien qu'elle optimise la rentabilité du champ, est très contraignante car elle nécessite de scier et de débarrasser le champ des troncs d'arbres abattus. L'usage d'une tronçonneuse peut réduire l'effort mais demande des moyens financiers considérables. Il existe ainsi de nombreuses parcelles cultivées avec une forte présence de tronc d'arbres qui compliquent souvent le sarclage des parcelles (figure 10). Sachant que dans un milieu aussi humide, la fréquence de sarclage (qui se fait manuellement par deux ou trois personnes) est de deux fois par semaine environ. En polyculture les espèces associées sont le manioc, le maïs, la banane, l'ananas, le taro, la patate, le concombre, l'arachide, l'oseille, l'aubergine, le piment et le tabac... Les associations peuvent varier d'une plantation à une autre mais la culture du manioc, de la banane et du maïs qui sont les plus consommés est plus régulière (figure 10).



- *Figure 11 : Photographies de plantations en monoculture et polyculture. a) monoculture de manioc (Nzé-vatican. 05/05/2014); b) polyculture de maïs, manioc et concombre sur pente (La scierie.09/05/2014); c) polyculture de banane et d'ananas (Massaha.29/04/2014); d) monoculture de banane (Massaha.29/04/2014) (photographies : Nzigou Boucka Farrel, 2014).*

Les points enregistrés avec le GPS ont notamment permis de localiser les plantations et les jachères les plus éloignées à une distance de 1 à 2 kilomètres autour des villages.



- Figure 12 : Types de parcelles et espèces cultivées avec calendrier agricole associé (schéma : Nzigou Boucka Farrel, 2014).

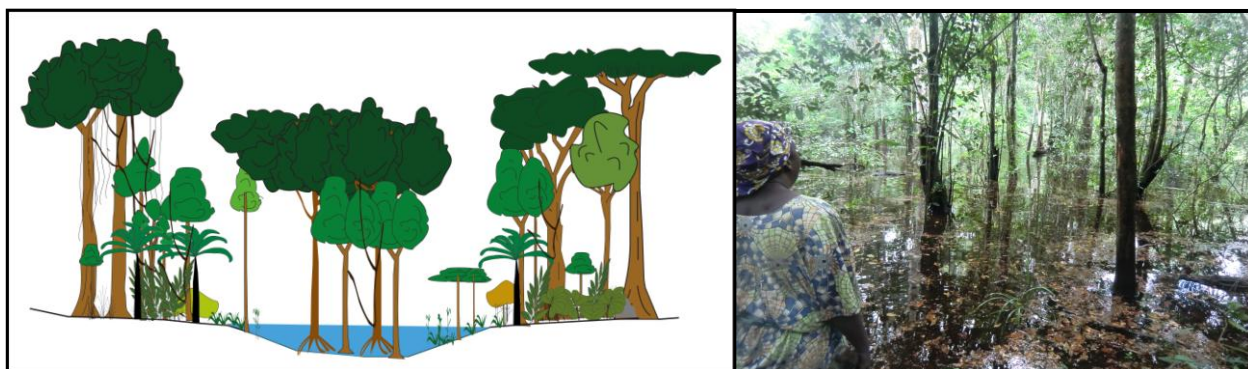
Au delà de ce rayon de 1 à 2 kilomètres, il n’y a plus que de la forêt conservée qui correspond à de la forêt dense humide sans trace d’activités anthropiques (agriculture, coupe intensive) en dehors de la chasse (figure 14). Elle est caractérisée par une forte présence de lianes de diamètre supérieur ou égal à 5 centimètres et dominée par des arbres pouvant atteindre une hauteur de 70 mètres et un diamètre de l’ordre du mètre et même plus. Quelques espèces d’arbres ont notamment pu être identifiées à l’aide de guide durant les transects (tableau 1).

Noms vernaculaires	Noms scientifiques	Familles
Olon	<i>Fagara heitzii</i>	Rutaceae
Moabi (rare)	<i>Baillonella toxisperma</i>	Sapotaceae
Sorro	<i>Scyphocephalum ochocoa</i>	Fabaceae-Cesalpinioideae
Limballi	<i>Gilbertiodendron preussii</i>	Fabaceae-Cesalpinioideae
Baya	<i>Mitragyna ciliata</i>	Rubiaceae
Nzé	---	

Wengé	<i>Millettia Laurentii</i>	Fabaceae
Padouk	<i>Pterocarpus soyauxii Taub</i>	Leguminosae - Fabaceae
Andok	<i>Irvengia Gabonensis</i>	Anacardiaceae
Ngomba (Noisetier)	<i>Coula edulis</i>	Coulaceae
Ozigo	<i>Dacryodes buettneri</i>	Burseraceae
Saha	---	
Kevazingo	<i>Guilbourtia tessmanii</i>	Caesalpiniaceae
Bozala	---	
Tali	<i>Erythrophleum suaveolens</i>	Caesalpiniaceae
Movingui	<i>Distemonanthus</i> <i>Benthamianus</i>	
Otounga	<i>Polyalthia suaveolens</i>	Annonaceae
Dania	---	
Ilomba	<i>Pycnanthus angolensis</i>	Myristicaceae
Bagna	---	

- Tableau 1 : Liste de quelques espèces d'arbres identifiées durant les transects sur les villages de la Scierie, Massaha et Nzé-Vatican.

Le sous-bois est clairsemé et peuplé de fougères, d'arbres de petites tailles, d'arbustes, de palmiers et de plusieurs espèces de lianes. La liane *Gnetum africanum* (Nkoumou) de la famille des Gnétacées, l'arbuste *Aframomum sp.* (*Ambome en langue vernaculaire*) de la famille des Zingiberaceae et la *Megaphrynium macrostachyum* (*Bokay en langue vernaculaire*) de la famille des Marantaceae, également abondants en forêt conservée sont des produits forestiers non ligneux consommés par les villageois, respectivement comme aliments et moyen d'emballage d'aliments (Marantaceae). Certains arbres fruitiers et marantacées sont d'ailleurs épargnés lors d'opérations d'essartage puis entretenus par les agriculteurs. Carrière (2003) les a appelés « Orphelins de la forêt ». Suivant la topographie (facteur d'hydromorphie du milieu), les milieux observés sont la forêt dense sur sol ferme puis la forêt dense humide. L'une s'étend sur les versants et les replats de pente, et l'autre est située dans les vallées avec la présence de marécages ou de cours d'eau obstrués par la végétation (figure 13). Le niveau de l'eau y est entretenu par la fréquence et l'intensité des eaux de précipitation. Certains layons praticables à pieds durant la saison sèche sont d'ailleurs inondés durant la saison pluvieuse et nécessitent l'usage d'une pirogue. A proximité des villages, ces milieux servent à plusieurs activités telles que la lessive, les bains collectifs (enfants) et même souvent l'approvisionnement en eau.

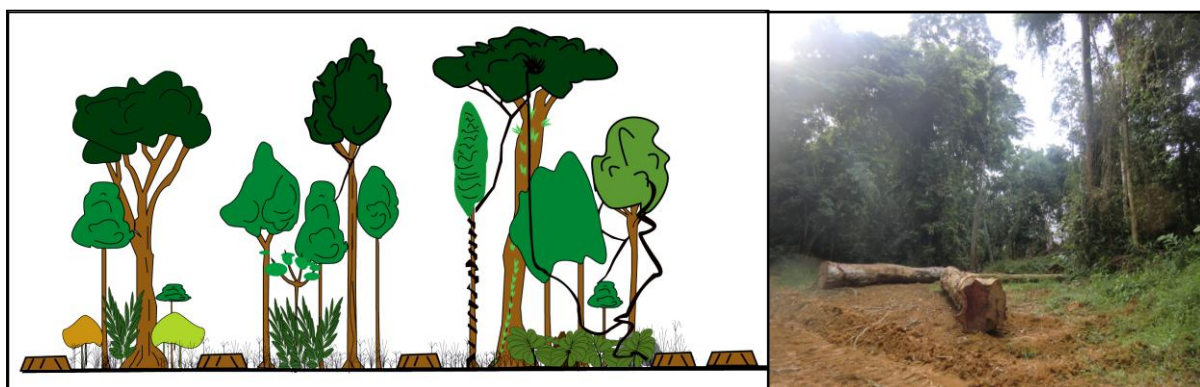


- Figure 13 : Forêt conservée inondée (Massaha. 28/04/2014) (photographie et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014).



- Figure 14 : Forêt conservée sur sol ferme (Massaha. 28/04/2014) (photographie et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014).

Le programme Dacefi visant le développement de forêts communautaires dans plusieurs villages de la région, dont les sites d'étude, eut pour conséquence l'arrêt de toute exploitation forestière à proximité des villages en dehors des permis forestiers déjà octroyés. Il s'agit de conventions provisoires d'aménagement, d'exploitation et de transformation (CPAET) et de permis forestiers associés (PFA) octroyés à plusieurs firmes internationales (figure 3). Au Nord du village de la Scierie l'exploitation forestière est déjà effective (figure 15).



- Figure 15 : Forêt exploitée (La Scierie. 06/05/2014) (Photographie et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014)

- Modèle de la dynamique d'utilisation du sol

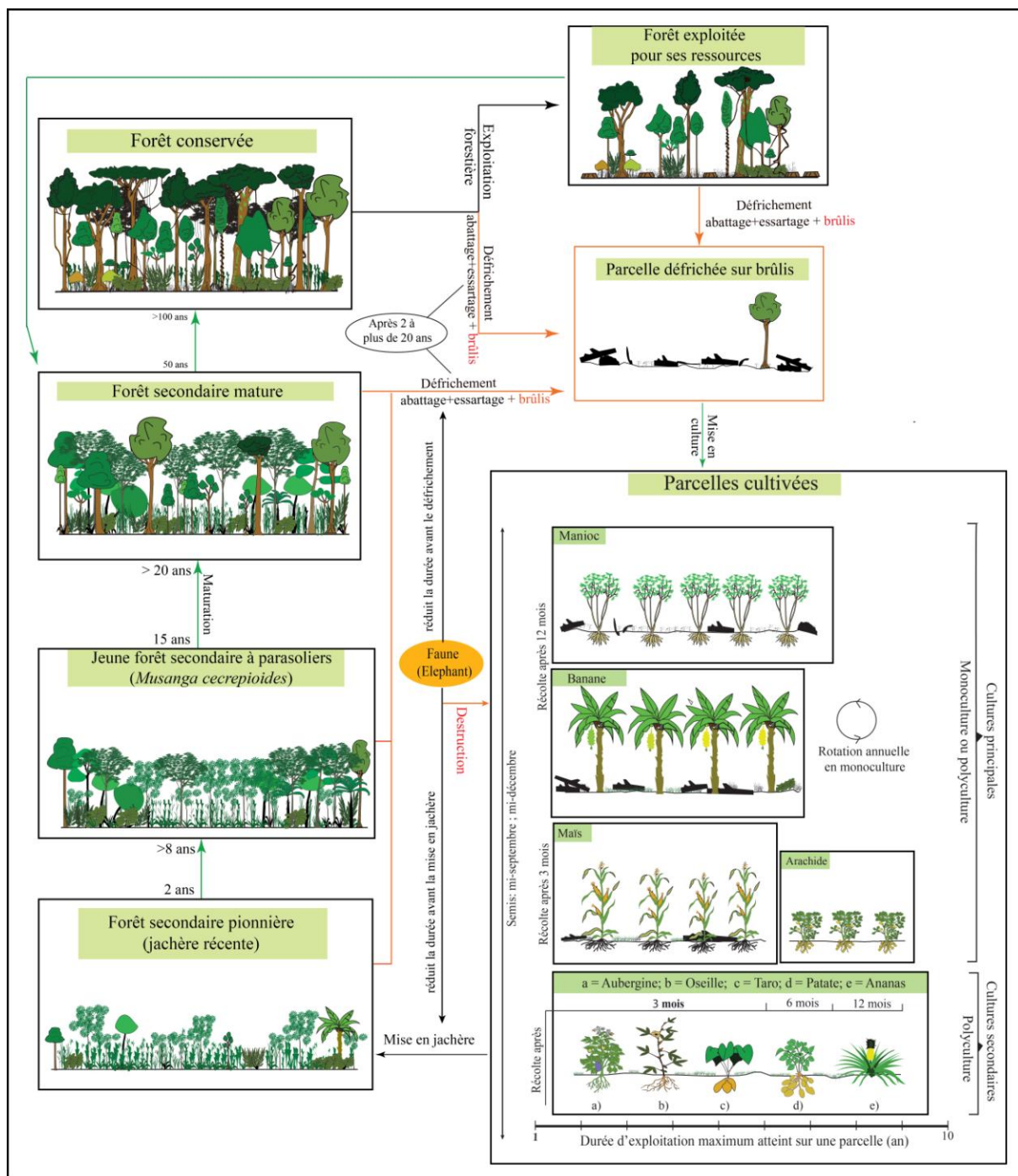
L'ouverture de terrains agricoles se fait généralement sur de la forêt conservée ou de la forêt secondaire jeune à mature correspondant très souvent à une mise en jachère de plusieurs années. Pour un terrain agricole d'environ deux hectares, la moitié peut être cultivée jusqu'à perte de fertilité. Le reste est ensuite cultivé afin de permettre la régénération de la forêt sur la première parcelle pour un rétablissement de la qualité du sol. La période de début septembre (fin de grande saison sèche - début de grande saison de pluie) correspond à la mise en culture. Cette période succède à la phase d'abattage, d'essartage et de brûlis des parcelles. Certaines espèces peuvent également être mises en culture durant la petite saison sèche (mi-décembre). Les phases de récoltes dépendent des espèces (voir calendrier agricole sur modèle, figure 12 et 16).

La durée d'exploitation dépend de plusieurs facteurs dont les espèces cultivées, l'expérience du cultivateur et la superficie du terrain agricole. Une parcelle sur laquelle est cultivé du manioc peut être exploitée durant un an. Le cultivateur peut choisir ensuite de la laisser en jachère ou d'y planter une autre culture. Dans le premier cas, il faut beaucoup

d'espace pour la rotation car la conversion de la parcelle en jachère arrive rapidement sachant que cette dernière va durer au minimum cinq ans (manioc et banane). Le deuxième cas permet un meilleur profit de l'espace car l'exploitation peut aller jusqu'à dix ans avec des monocultures successives telles que le manioc, l'arachide, le maïs et la banane. Mais une telle durée d'exploitation dépend aussi du savoir faire du cultivateur et de la façon dont il gère ses parcelles.

La durée de mise en jachère s'étend sur un intervalle de deux à vingt ans. Là encore, l'espèce cultivée est un facteur important. L'arachide notamment est une espèce qui nécessite d'être en sol nu bien dégagé pour bien se développer. La jachère dans ce cas ne dure pas plus de deux ans car elle permet, d'une part, une fertilité suffisante pour l'espèce et, d'autre part, une régénération de la forêt telle que l'effort d'essartage soit moins important. Pour une culture de manioc ou de banane, cinq à six ans sont nécessaires pour rétablir la fertilité de la parcelle. La jachère peut cependant mettre plus de temps dans le cas où la majorité du terrain agricole n'est pas cultivée par son propriétaire. Il s'agit souvent d'agriculteurs d'âge avancé (55 - 60 ans) ne pouvant plus fournir des efforts physiques nécessaires à la culture de grande surface et n'ayant pas assez de moyens financiers pour employer une main d'œuvre. Les générations plus jeunes ayant d'après les chefs de villages, plus tendance à chercher des activités rémunérées en ville (Libreville, Makokou, Franceville, Mékambo) qu'à rester à travailler dans les plantations de leurs parents aux villages.

Par ailleurs, un facteur tend de plus en plus à induire un changement dans la pratique de l'agriculture par les populations. Il s'agit de la faune et précisément de l'éléphant de forêt (*Loxodonta africana cyclotis*) de la famille des *Elephantidae* et du gorille (*Gorilla gorilla*), espèces protégées par l'article n°92 du code forestier gabonais. Les cas de dévastation de champs de villageois par ces animaux sont fréquents et augmentent considérablement depuis quelques années. Ce phénomène a toujours existé dans les milieux ruraux d'Afrique centrale et de l'Ouest et notamment dans les régions avec de fortes densités d'éléphants (Blancou, 1951 ; Ouattara et *al*, 2010). Le phénomène est bien présent sur tous les villages mais beaucoup plus récurrent sur celui de la Scierie. Ainsi, la plupart des agriculteurs préfèrent rapprocher leurs champs des villages pour mieux les surveiller. Ils réduisent également la taille des parcelles cultivées afin de minimiser les pertes en cas de pillage. Un agriculteur peut ainsi passer d'une plantation de 2 hectares située à 2 kilomètres environ du village à une plantation d'un demi-hectare à moins d'un kilomètre du village. Les éléphants sont notamment les plus craints car ils engendrent les plus grosses pertes et sont responsables du plus grand nombre de dévastations. Le bananier qui fait partie de leur met favori (cœur du tronc), n'est plus que rarement cultivé par certains agriculteurs déjà victimes d'éléphants. Deux hypothèses peuvent permettre de comprendre ce phénomène. La première est que les éléphants partent des Parcs Nationaux environnant où les populations sont plus denses et se rabattent sur des espaces proches des villages. La deuxième est que la perturbation des écosystèmes forestiers (nuisance sonore, coupe intensive...) par des exploitations forestières environnantes, rapproche la faune des villages.

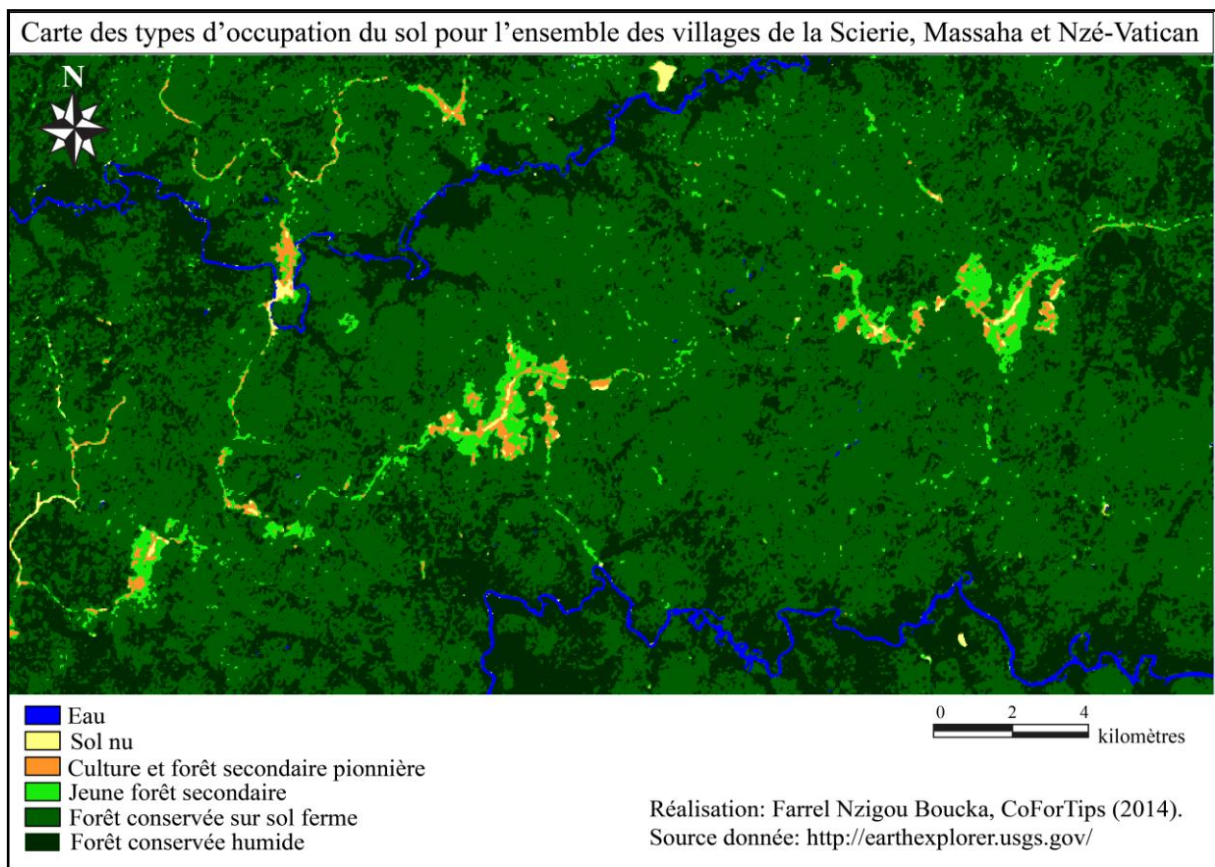


- Figure 16 : Modèle de la dynamique d'utilisation et de conversion des terres (réalisation : Nzigou Boucka Farrel, 2014).

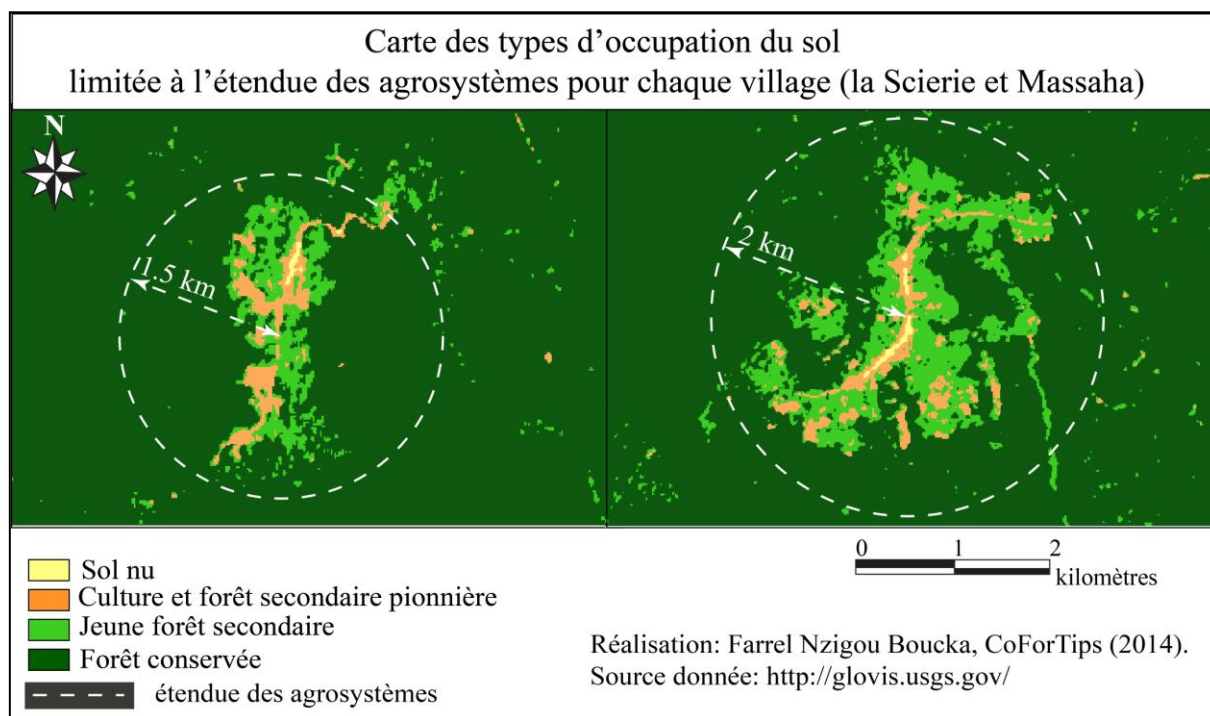
b) Cartographie des types d'occupation du sol

La validation des résultats de classification pour les images Landsat 8 et Aster a révélé un indice de kappa respectivement de 0,7794 et 0.844 (annexe page 29 et 30). L'eau en forêt étant recouverte par la canopée, n'est visible sur image satellitaire qu'au niveau de quelques points d'eau découverts. Il n'y a donc que sur le cours des rivières Zadié et Liboumba qu'elle reste bien visible (figure 17). Les sols nus se répartissent en majorité sur les routes, les parcelles agricoles et près des habitats. Là encore la présence de la canopée qui recouvre très souvent la route fait qu'elle n'est visible qu'à certains endroits sur l'image et notamment au niveau des villages où la canopée est absente. Les sols nus en bordure du fleuve correspondent à des campements aménagés pour la pêche par les villageois ou encore à des activités d'orpaillage.

En pleine forêt, il peut s'agir de campement pour la chasse, d'espaces d'extraction de bois ou de chablis dus à l'action de certains agents naturels tels que la foudre, le vent et la vieillesse d'un arbre. Les cultures et les forêts secondaires pionnières sont pour la plupart, les espaces les plus proches du village après les sols nus. En effet, l'idéal pour l'agriculteur est de posséder une plantation proche du village afin de limiter au maximum l'effort du déplacement. Les jeunes forêts secondaires se répartissent pour la plupart autour des espaces cultivés ou en bordure de route car elles correspondent soit à d'anciennes jachères, soit à des recrues succédant à des travaux de routes. Au delà, l'espace est essentiellement recouvert de forêts conservées. Les sols nus et les espaces cultivés directement au contact des forêts conservées à proximité des villages délimitent de nouveaux fronts pionniers ouverts récemment par les agriculteurs. Après la mise en jachère de ces espaces, les jeunes forêts secondaires sont défrichées pour de nouvelles cultures. Cette répartition des classes d'occupation du sol met ainsi en évidence le caractère itinérant de l'agriculture. Elle correspond également au modèle de localisation agricole de Von Thünen (Oszwald, 2005). La production a certes un caractère beaucoup plus vivrier que commercial, mais la distance entre le centre du village et les parcelles va être conditionnée par un coût du transport de nature plutôt énergétique que financier. En effet, les agriculteurs se rendant à pieds à leurs parcelles d'exploitation, la proximité des plantations est toujours appréciée. La répartition des parcelles se fait donc de manière concentrique du centre du village à la périphérie (figure 18) avec un rayon qui dépend de facteurs tels que la population du village, le pourcentage d'agriculteurs et leur âge. D'autres facteurs tels que la topographie, l'humidité et la faune jouent également un rôle important dans la localisation des parcelles agricoles. Concernant la faune, les éléphants sont par exemple à l'origine de la réduction du rayon pour une meilleure surveillance des parcelles. C'est le cas notamment pour le village de La Scierie qui a le plus faible rayon d'étendue d'espaces cultivés (figure 18). Au village de Massaha et Nzé-Vatican, les cultures se font plus du côté Sud du village où les cas de dévastation de champs par les éléphants sont moins importants.



- Figure 17 : Carte des types d'occupation du sol du site d'étude obtenue avec l'image Landsat 8 OLI datant du 17 décembre 2013.



- Figure 18 : Carte des types d'occupation du sol des villages La Scierie (à gauche) et Massaha (à droite) obtenue avec l'image Aster datant du 18 janvier 2011.

Classes	Superficies (hectares)
Eau	793.53
Sol nu	199.35
Culture et forêt secondaire pionnière	541.26
Jeune forêt secondaire	1663.2
Forêt conservée sur sol ferme	40501.89
Forêt conservée humide	17258.85

- Tableau 2 : Superficies de chaque classes d'occupation du sol obtenues après classification sur l'ensemble du site d'étude (figure 17).

2. Discussion

La différence de date (4 mois : mi-décembre à mi-avril) entre l'image satellitaire Landsat et l'échantillonnage terrain, n'affecte la validation de la classification d'aucun biais car pour cette durée les seuls changements significatifs n'ont lieu que pour la classe « culture et forêt secondaire pionnière ». Mais la connaissance du calendrier agricole et les entretiens avec les agriculteurs ont permis de déterminer avec une bonne précision le type d'occupation du sol correspondant à la date de l'image satellitaire. Ainsi, certaines parcelles en culture durant l'échantillonnage en fin avril étaient en sol nu en décembre sur l'image, ce qui concorde bien avec le calendrier agricole de certains agriculteurs qui effectuent la mise en culture de leurs parcelles à la mi-décembre, période de petite saison sèche. Sur l'image Aster, qui date de 2011, les changements sont par contre importants par rapport aux observations du terrain. La connaissance du calendrier agricole a cependant permis d'identifier correctement les pixels pour la classification. La classe « sol nu » n'est notamment pas importante sur cette classification car en janvier, date de l'image, la croissance des cultures a déjà débuté. Les indices de Kappa (0,779 et 0,844) obtenus dans les matrices de confusion (annexe page 29 et 30) des classifications respectives des images Landsat et Aster (figures 17 et 18), montrent un bon accord entre les cartographies obtenues et la vérité sur le terrain. Il faut cependant noter

une légère surestimation des classes « forêt conservée » (classes 5 et 6 dans la matrice de confusion Landsat et 4 dans la matrice de confusion Aster), qui sont en confusion avec plusieurs classes (annexe page 29 et 30).

Les sites CoForTips (2013) de Mindourou (Sud Cameroun) et Gueboba (centre Cameroun), étudiés par Gond et Oszwald présentent aussi bien des similitudes que des différences avec le site du Gabon. La configuration paysagère des sites dépend de plusieurs facteurs tels que la politique de gestion territoriale, l'économie, la démographie, le caractère culturel et le climat qui diffèrent d'un pays à l'autre. Au Cameroun, l'agriculture, aussi bien de rente que sur brûlis est fortement promue par l'État. De plus, la pression sur l'environnement y est plus forte à cause d'une forte densité démographique. Cette situation diffère de beaucoup avec celle du Gabon où l'économie repose beaucoup plus sur les secteurs pétrolier, minier et forestier. La pression sur l'environnement y est par ailleurs moins importante (6,1 hab/km² contre 43,2 hab/km² au Cameroun) (CARPE, 2005). Cela a pour conséquence une différence notamment sur les temps jachères qui vont être plus courtes au Cameroun avec des durées allant de 2 à 4 ans. Par ailleurs, d'un point de vue économique et culturel, des produits tels que le cacao ou le café ne sont pas cultivés sur le site du Gabon. Plusieurs autres particularités sont à noter comme le sous-bois des forêts conservées qui est plus présent dans les trois villages du site du Gabon qu'à Mindourou. La différence des cycles culturels et des climats entre les sites, fait qu'il y ait des savanes au Cameroun alors qu'il n'en a pas été observé au Gabon. Cependant, des similitudes demeurent notamment sur les pratiques et l'utilisation de la forêt comme ressource par les villageois. Plusieurs espèces telles que la banane plantain, le manioc, le maïs, la patate, l'arachide ... sont cultivées sur tous les sites montrant des similitudes culturelles dans la pratique de l'agriculture. La mise en culture a par contre quelques spécificités au Cameroun avec l'existence de champs labourés ou sur talus en bas-fond. Les différences de contextes économiques et sociaux entre les sites ont conduit à des spécificités d'usages de la terre qui justifient leurs situations sur la courbe de transition de Mather (1992). Le site du Gabon est encore au stade où le massif forestier est peu impacté par les activités anthropiques. Mais le projet minier d'exploitation du fer de Belinga dont le permis couvre toute la région ou les différents permis forestiers encore non effectifs pourraient entraîner une importante dégradation du site. À Mindourou, le processus de dégradation est en cours avec d'importants défrichements sans recolonisation forestière. Le site de Gueboba par contre, est en phase de recolonisation forestière naturelle ou par reboisement artificiel. L'étude d'un site totalement dégradé sans recolonisation forestière pourrait compléter d'avantages ce gradient de transition de la forêt.

Conclusion

Le modèle de dynamique d'utilisation de la terre permet de comprendre comment les espaces forestiers sont convertis en espaces agricoles par les villageois et en milieux d'exploitation de bois par de nombreuses entreprises. L'agriculture itinérante sur brûlis telle qu'elle est pratiquée sur le site d'étude, est caractérisée par de longues jachères et des systèmes cultureux proches de ceux qui ont été observés sur les sites du Cameroun avec quelques différences culturelles. La pression peu importante sur l'environnement est la raison pour laquelle les jachères peuvent être aussi longues car les villageois possèdent beaucoup d'espaces pour leurs cultures. Les résultats de la classification montrent une emprise encore faible de l'agriculture sur la forêt, qui varie considérablement d'un village à l'autre. Sur le village de La Scierie par exemple, l'activité agricole la plus faible a été observée. Au Cameroun, les sites observés subissent beaucoup plus de pression mais cette comparaison n'est que qualitative. L'influence de la faune, et principalement de l'éléphant, sur la pratique de l'agriculture devient de plus en plus forte car il est l'objet de plusieurs plaintes sur tous les villages. Une étude spécifique sur le sujet pourrait notamment être menée afin d'en faire une analyse plus pertinente. La cartographie des types d'occupation du sol pour la région de Makokou peut constituer un apport à la gestion du territoire mais plusieurs limites restent à souligner. La plus importante est la nébulosité qui rend difficile l'usage de la donnée satellitaire et peut biaiser les résultats et donc l'analyse. L'utilisation supplémentaire d'image radar pourrait par exemple optimiser les conditions de traitements et d'analyse des données. De plus, la détection de changements sur plusieurs dates avec un intervalle temporel conséquent (20 à 30 ans) pourrait mieux mettre en évidence certains aspects de l'étude tels que l'évolution de l'emprise agricole sur les forêts ou encore l'impact de l'action des éléphants sur les cycles et les localisations des cultures.

Bibliographie

- AUBREVILLE A., 1947 : « Les brousses secondaires en Afrique équatoriale ». *Bois et forêts des Tropiques*, vol. 2, pp.24-35.
- BAHUCHET, S. (2000) : *Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui: vol 2. Une approche thématique*, Bahuchet (eds), 658 pages.
- BARIOU R., LECAMUS D. et LE HENAFF F., 1986 : *L'atmosphère*. Coll. « Dossiers de télédétection », vol.7, Presses universitaires de Rennes 2, 116 pages.
- BLANCOU L., 1951 : « La protection de la faune sauvage en Afrique Équatoriale Française ». *Mammalia*, vol. 15, n°3, pp.157-169.
- BARTHOD C., 1993 : *La conférence des Nations-Unies sur l'environnement et le développement et la forêt*, 3-14 juin 1992, Rio de Janeiro, pp.7-25.
- BONN F. et ROCHON G., 1992 : *Précis de télédétection 1. Principes and méthodes*. Presses de l'Université du Québec, 485 pages.
- CARRIÈRE S., 2003. *Les orphelins de la forêt: pratiques paysannes et écologie forestière (Ntumu, Sud-Cameroun)*. IRD Editions, 374 pages.
- CARPE, 2005 : *The Forests of the Congo Basin. A preliminary assessment*. Nathan, 34 pages.
- CIESLA W. M., 1997 : *Le changement climatique, les forêts et l'aménagement forestier: aspects généraux*. FAO, Vol. 126, 152 pages.
- CHEVALIER A., CUÉNOT L. et DE MARTONNE E., 1927 : *Traité de géographie physique*. Biogéographie. A. Colin, 1536 pages.
- DE WASSEIGE C. et DEVERS D., 2009 : *Les forêts du Bassin du Congo: état des forêts 2008*. Office des publications de l'Union européenne, 426 pages.
- DOUNIAS E. et al., 2000 : La diversité des agricultures itinérantes sur brûlis , in « *Les peuples des forêts tropicales aujourd'hui : 2. Une approche thématique* », Ed. Bahuchet S., pp.65-105.
- FAO, 1995. *Evaluation des ressources forestières 1990. Synthèse mondiale*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 107 pages.
- FAO, 2010. *Evaluation des ressources forestières mondiales 2010. Rapport principal*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 348 pages.
- FAO, 2011. *Situation des forêts du monde*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 176 pages.
- FAO, 2012. *Situation des forêts du monde*. Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Rome, 52 pages.
- GAO, B. G., 1996 : « NDWI - a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space ». *Remote Sensing of Environment*, vol. 58, n°3, pp.257-266.
- GOND V., BARTHOLOMÉ E., OUATTARA F. et al., 2004 : « Surveillance et cartographie des plans d'eau et des zones humides et inondables en régions arides avec l'instrument

VEGETATION embarqué sur SPOT-4 ». *International Journal of Remote Sensing*, vol. 25, n° 5, pp. 987-1004.

- GOND V. et OSZWALD J., CoForTips 2013 : « Dynamiques paysagères des villages de Mindourou et Gueboba au Cameroun », *CoForTips (travaux en cours)*.
- HLADIK, A. et BLANC P., 1987 : « Croissance des plantes en sous-bois de forêt dense humide (Makokou, Gabon) ». *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, vol. 42, pp.209-234.
- KLOOSTER D., 2003 : « Forest transitions in Mexico: institutions and forests in a globalized countryside ». *The Professional Geographer*, vol.55, n°2, pp.227-237.
- MAKANGA J. D. M., 2010 : *Les précipitations au Gabon: Climatologie analytique en Afrique*. Editions L'Harmattan, 146 pages.
- Mather A. S., 1992 : « The forest transition ». *Area*, vol. 24, n°4, pp.367-379.
- MATHER A. S., FAIRBAIRN J., et NEEDLE C. L., 1999 : « The course and drivers of the forest transition: the case of France. » *Journal of Rural Studies*, vol. 15, n°1, pp.65-90.
- MATHER A. S, 2001 : « The transition from deforestation to reforestation in Europe », in *Agricultural technologies and tropical deforestation*, pp.35-52.
- MATHER A.S., 2007 : « Recent Asian forest transitions in relation to forest transition theory ». *International Forestry Review*, vol.9, pp. 491–502.
- MATHER A. S. et NEEDLE C. L., 1998 : « The forest transition: a theoretical basis ». *Area*, vol. 30, n°2, pp. 117-124.
- METHOT P., NDONGOU A., 2009 : *Atlas Forestier Interactif du Gabon*. Washington, DC: World Resources Institute, 70 pages.
- MONGET J-M., POISSON M. et VERGER F., 1980 : « La cartographie de la forêt de chizé par télédétection », *Annales des Mines*, Vol. 4, n°6, pp.182-190.
- OUATTARA F. A., SOULEMANE O., NANDJUI A., *et al.*, 2010 : « État des maraudes et des dégâts de cultures liés aux éléphants à l'ouest du secteur de Djouroutou dans le sud-ouest du Parc National de Taï (Côte d'Ivoire) ». *Pachyderm*, n°47, pp. 36-44.
- OKOUYI OKOUYI J., 2006 : « *Savoirs locaux et outils modernes cynégétiques: développement de la filière commerciale de viande de brousse à Makokou (Gabon)* ». Thèse de doctorat. Université d'Orléans, 406 pages.
- OSZWALD J., 2005 : *Dynamique des formations agroforestières en Côte d'Ivoire (depuis les années 1980 aux années 2000): suivi par télédétection et développement d'une approche cartographique*. Thèse de doctorat de Géographie de l'Université de Lille 1, 317 pages.
- OSZWALD J. et al., 2007 : « Représenter l'espace pour structurer le temps: approche des dynamiques de changements forestiers dans le sud-est de la Côte d'Ivoire par télédétection ». *Télédétection*, vol. 7, n°1-2-3-4, pp.271-282.
- RUDEL T. K., 2013 : *Tropical forests: paths of destruction and regeneration*. Columbia University Press, 234 pages.
- WHITE F., 1986 : *La Végétation de L'Afrique (The Vegetation of Africa)*. IRD Editions, 384 pages.

Table des matières

Introduction	2
I. Présentation du site d'étude	4
II. Outils et méthodes	6
1. Échantillonnage sur le terrain et conception du modèle de la dynamique d'utilisation des terres	7
2. Cartographie des types d'occupation du sol	8
III. Résultats et discussion	9
1. Résultats	9
a) Dynamique d'utilisation des terres	9
b) Occupation du sol des villages de la scierie, Massaha et Nzé-Vatican	17
2. Discussion	19
Conclusion	21
Références bibliographiques	22
Table des matières.....	24
Table des figures et tableaux.....	25
Sources des données utilisées.....	26
Sigles et abréviations.....	27
Annexe	28

Table des figures et tableaux

• Figures

- Figure 1 : Situation des sites d'étude du Cameroun et du Gabon sur la courbe de transition de Mather (1992). Au Centre et au Sud du Cameroun, il s'agit respectivement d'un milieu énormément impacté en phase de recolonisation et d'un milieu moyennement impacté. Le site du Gabon quant à lui, est caractérisé par une forêt encore très peu dégradée (CoForTips, 2013).....3
- Figure 2 : Localisation du site d'étude. A) Situation du programme CoForTips dans le bassin du Congo ; B) localisation des sites d'étude au Cameroun et au Gabon (1.Gueboba, 2.Mindourou, 3. Makokou) ; C) Localisation du site du Gabon ; D) Différents villages étudiés sur la route nationale n°4 après la ville de Makokou dans la province de l'Ogooué Ivindo au Gabon (source : fond de carte : Google ; terroirs villageois : CoForTips 2013).....4
- Figure 3 : Superposition des permis d'exploitation avec les terroirs des trois villages et localisation des anciens villages de la région (adapté de CoForTips, 2013).....5
- Figure 4 : Diagramme ombrothermique de Makokou (station ASECNA) ; moyennes mensuelles de température (1953-1975) et moyennes mensuelles de pluviosité (1951-1975). En bleu, périodes de précipitations supérieures ou égales à 100 mm; en jaune, période de températures inférieures à la moyenne (adapté de Hladik et Blanc, 1987).....6
- Figure 5 : Localisation des différents transects sur les sites d'études.....7
- Figure 6 : Amélioration de la classification pour la classe « eau » par utilisation du DVW.....8
- Figure 7 : Schéma de la méthodologie de l'étude.....9
- Figure 8 : Forêt secondaire pionnière à Massaha (à gauche ; 28/04/2014) et Nzé-vatican (à droite ; 03/05/2014) (photographies et schéma : Nzigou Boucka Farrel, 2014).....10
- Figure 9 : Jeune forêt secondaire à parasoliers : a) au bord d'une route (La Scierie. 06/05/2014); b) en partie défrichée en pleine forêt (Massaha. 29/04/2014) (photographies et schéma : Nzigou Boucka Farrel, 2014).....11
- Figure 10 : Parcelle défrichée sur brûlis : a) parcelle brûlée de moins d'un mois (Massaha.29/04/2014); b) parcelle sur brûlis cultivée (maïs et concombre) depuis un mois et demi (Massaha.29/04/2014) (photographies et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014).....11
- Figure 11: Photographies de plantations en monoculture et polyculture. a) monoculture de manioc (Nzé-vatican. 05/05/2014); b) polyculture de maïs, manioc et concombre sur pente (La scierie.09/05/2014); c) polyculture de banane et d'ananas (Massaha.29/04/2014); d) monoculture de banane (Massaha.29/04/2014) (photographies : Nzigou Boucka Farrel, 2014).....12

- Figure 12 : Types de parcelles et espèces cultivées avec calendrier agricole associé (schéma : Nzigou Boucka Farrel, 2014).....13
- Figure 13 : Forêt conservée inondée (Massaha. 28/04/2014) (photographie et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014).....14
- Figure 14 : Forêt conservée sur sol ferme (Massaha. 28/04/2014) (photographie et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014).....15
- Figure 15 : Forêt exploitée (La Scierie. 06/05/2014) (Photographie et schéma: Nzigou Boucka Farrel, 2014).....15
- Figure 16 : Modèle de la dynamique d'utilisation et de conversion des terres (réalisation : Nzigou Boucka Farrel, 2014).....17
- Figure 17 : Carte des types d'occupation du sol du site d'étude obtenue avec l'image Landsat 8 OLI datant du 17 décembre 2013.....18
- Figure 18 : Carte des types d'occupation du sol des villages La Scierie (à gauche) et Massaha (à droite) obtenue avec l'image Aster datant du 18 janvier 2011.....19

• Tableaux

- Tableau 1 : Liste de quelques espèces d'arbres identifiées durant les transects sur les villages de la Scierie, Massaha et Nzé-Vatican.....14
- Tableau 2 : Superficies de chaque classes d'occupation du sol obtenues après classification sur l'ensemble du site d'étude (figure 17).....19

Sources des données utilisées

- Image satellite Landsat 8 OLI du 17 décembre 2013 : obtenue sur le site <http://earthexplorer.usgs.gov/> , NASA.
- Image satellite Aster du 18 janvier 2011 : obtenue sur le site <http://glovis.usgs.gov/> , NASA.
- Travaux CoFortips, 2013 (en cours).

Sigles et abréviations

ASECNA	Agence pour la sécurité de la navigation aérienne
CARPE	Programme régional de l'environnement en Afrique centrale
CFAD	Concession forestière sous aménagement durable
CIFHO	Compagnie forestière du Haut-Ogooué.
CIRAD	Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement
CoForTips	Forêts du Bassin du Congo: Biodiversité, Points de Basculement et Résilience des Systèmes Écologiques et Sociaux Forestiers
COSTEL	(Laboratoire) Climat et occupation du sol par télédétection
CPAET	Conventions provisoires d'aménagement, d'exploitation et de Transformation
DACEFI	Développement d'alternative communautaire à l'exploitation forestière illégale
DGEF	Direction générale des eaux et forêts du Gabon
DGMG	Direction générale des mines du Gabon
DVW	Difference between Vegetation and Water
FAO	Food and Agriculture Organisation (organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture)
GPS	Global Positioning System
HTG	Honest Timber Gabon
IRD	Institut de recherche pour le développement
NDVI	Normalized Difference Vegetation Index
NDWI	Normalized Difference Water Index
ONG	Organisation non gouvernementale
PFA	Permis forestier associé
TBNI	Transport Bois Négoce International
WWF	World Wildlife Fund (Fonds mondial pour la nature)

Annexe

- Caractéristiques Landsat 8 OLI

Bande	Bande spectrale	Résolution spatiale
1	0,433 - 0,543 μm (aérosols)	30 x 30 m
2	0.450 - 0.515 μm (bleu)	30 x 30 m
3	0,525 - 0.600 μm (rouge)	30 x 30 m
4	0.600 - 0.680 μm (moyen IR)	30 x 30 m
5	0.845 - 0.885 μm (PIR)	30 x 30 m
6	1.560 - 1.660 μm (MIR1)	30 x 30 m
7	2.100 - 2.300 μm (MIR2)	30 x 30 m
8	0.500 - 0.680 μm (Pan)	15 x 15 m
9	1.360 - 1.390 μm (cirrus)	30 x 30 m
10	10.30 - 11.30 μm (IRT1)	100 x 100 m

Altitude	Inclinaison	Orbite	Révolution	Capacité de revisite	fauchée
705 km	98.2 degrés	héliosynchrone	101 minutes	16 jours	185 x 185 km

Source : <http://landsat.usgs.gov/landsat8.php>

- Caractéristiques Aster

Bande	Bande spectrale	Résolution spatiale
1	0,52 - 0,6 μm (VNIR)	15 x 15 m
2	0.63-0.69 μm (VNIR)	15 x 15 m
3	0,76-0.86 μm (VNIR)	15 x 15 m
3	0,76-0.86 μm (VNIR)	15 x 15 m
4	1.60-1.70 μm (SWIR)	30 x 30 m
5	2.145-2.185 μm (SWIR)	30 x 30 m
6	2.185-2.225 μm (SWIR)	30 x 30 m
7	2.235-2.285 μm (SWIR)	30 x 30 m
8	2.295-2.365 μm (SWIR)	30 x 30 m
9	2.360-2.430 μm (SWIR)	30 x 30 m
10	8.125-8.475 μm (TIR)	90 x 90 m
11	8.475-8.825 μm (TIR)	90 x 90 m
12	8.925-9.275 μm (TIR)	90 x 90 m
13	10.250-10.950 μm (TIR)	90 x 90 m
14	10.950-11.650 μm (TIR)	90 x 90 m

Altitude /Inclinaison	Orbite	Résolution radiom.	Temps de revisite	fauchée
705 km /98.3 degrés	héliosynchrone	8 bits/pixels (VNIR/SWIR) 12 bits/pixels (TIR)	16 jours	60 x 60 km

Source : <http://asterweb.jpl.nasa.gov/bibliography.asp>

- **Matrice de confusion obtenue après validation de la classification sur l'image Landsat 8 OLI (logiciel idrisi)**

Error Matrix Analysis of VALIDATION (columns : truth) against MAXLIKE_ECHANTILLONVV1 (rows : mapped)								
	1	2	3	4	5	6	Total	ErrorC
1	100	0	0	0	7	13	120	0.1667
2	0	70	0	0	4	3	77	0.0909
3	0	0	41	1	4	0	46	0.1087
4	0	0	4	127	97	9	237	0.4641
5	0	0	0	0	1963	122	2085	0.0585
6	0	0	0	0	333	1749	2082	0.1599
Total	100	70	45	128	2408	1896	4647	
ErrorO	0.0000	0.0000	0.0889	0.0078	0.1848	0.0775		0.1285
ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)								
ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)								
90% Confidence Interval = +/- 0.0081 (0.1204 - 0.1365)								
95% Confidence Interval = +/- 0.0096 (0.1188 - 0.1381)								
99% Confidence Interval = +/- 0.0127 (0.1158 - 0.1411)								
KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)				VALIDATION				
Using MAXLIKE_ECHANTILLONVV1 as the reference image ...				Category KIA				
Category	KIA							
1	0.8297			1 1.0000				
2	0.9077			2 1.0000				
3	0.8902			3 0.9102				
4	0.5227			4 0.9918				
5	0.8786			5 0.6648				
6	0.7298			6 0.8595				
				Overall Kappa = 0.7794				

La classe avec le plus de confusion est notamment la classe « 4 » qui correspond sur la carte à la classe « forêt conservée ».

- **Matrice de confusion obtenue après validation de la classification sur l'image Aster (logiciel idrisi)**

Error Matrix Analysis of VALIDATION (columns : truth) against MAXLIKEECHANTIBON (rows : mapped)						
	1	2	3	4	Total	ErrorC
1	55	0	0	0	55	0.0000
2	0	189	1	33	223	0.1525
3	0	0	317	163	480	0.3396
4	0	0	3	17103	17106	0.0002
Total	55	189	321	17299	17864	
ErrorO	0.0000	0.0000	0.0125	0.0113		0.0112
ErrorO = Errors of Omission (expressed as proportions)						
ErrorC = Errors of Commission (expressed as proportions)						
90% Confidence Interval = +/- 0.0013 (0.0099 - 0.0125)						
95% Confidence Interval = +/- 0.0015 (0.0097 - 0.0127)						
99% Confidence Interval = +/- 0.0020 (0.0092 - 0.0132)						
KAPPA INDEX OF AGREEMENT (KIA)						
Using MAXLIKEECHANTIBON as the reference image ...					VALIDATION	
Category	KIA	Category			KIA	
1	1.0000	1	1.0000			
2	0.8459	2	1.0000			
3	0.6542	3	0.9872			
4	0.9945	4	0.7330			
					Overall Kappa =	0.8447

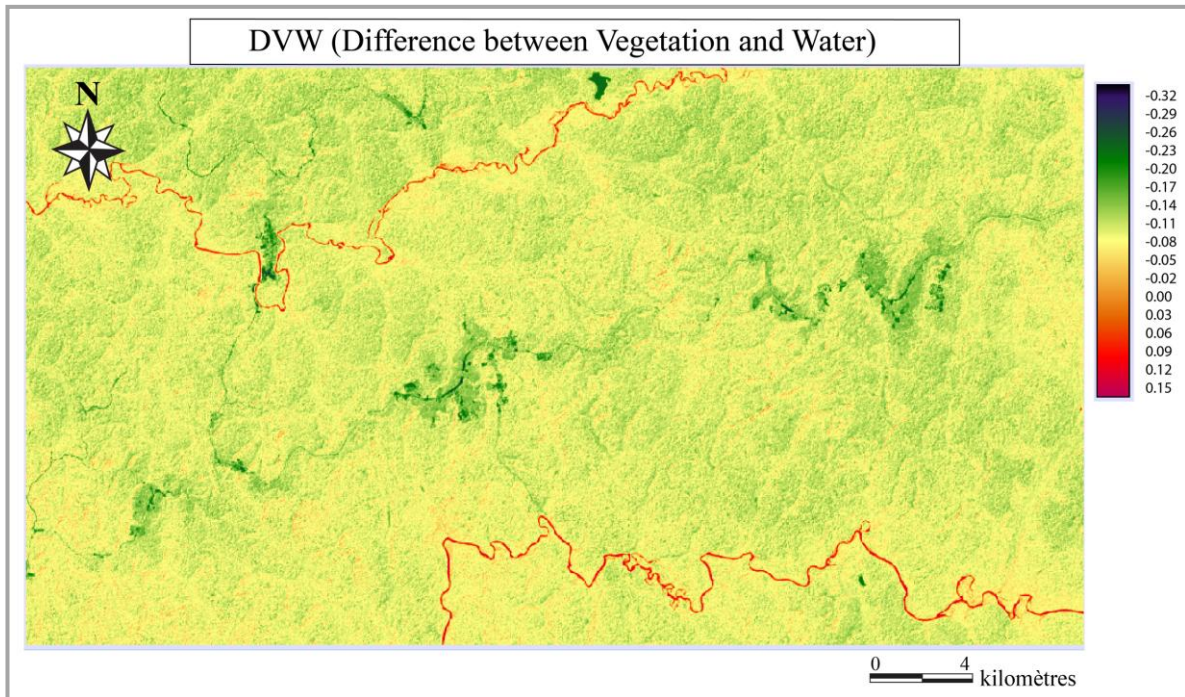
Les classes avec le plus de confusion sont notamment les classes « 5 » et « 6 » qui correspondent sur la carte aux deux classes de forêt conservée ».

—

Structure paysagère identifiée:

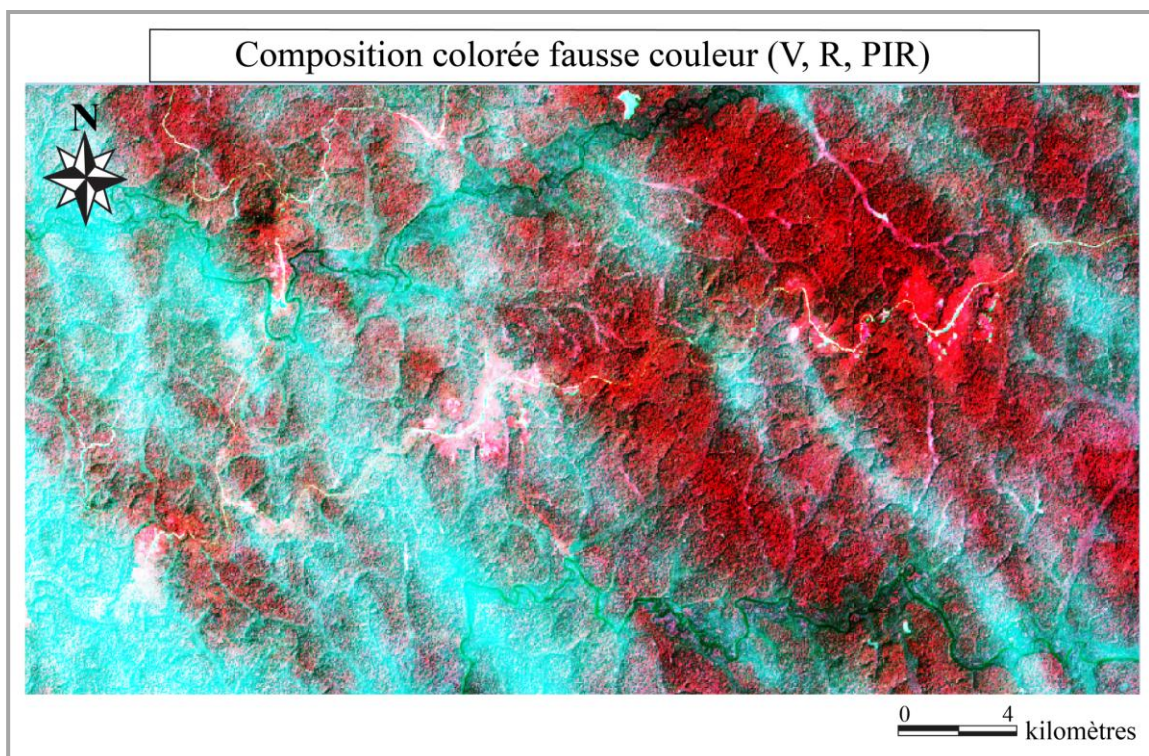
Coordonnées GPS:

- **Carte du DVW :**

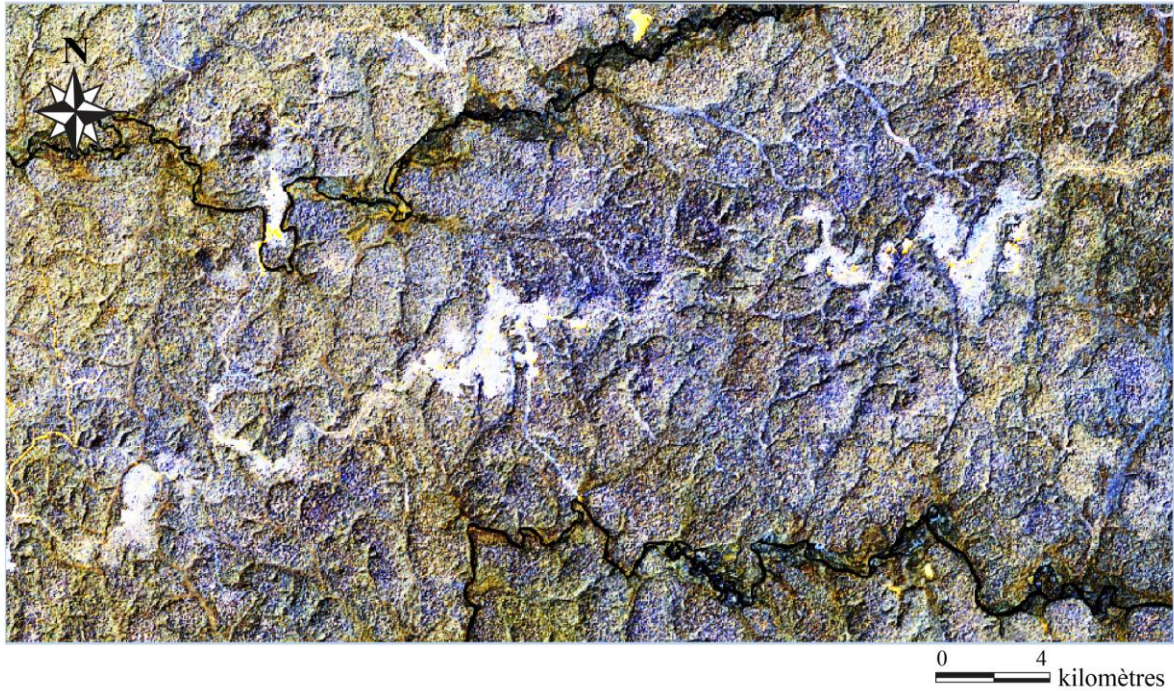


La représentation des surfaces en eau libre en forêt dense humide a été basée sur le DVW. C'est la différence entre le NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*) et le NDWI (*Normalized Difference Water Index*). Les surfaces considérées comme de l'eau libre ont été identifiées comme les pixels supérieurs à 0. Le reste des pixels est considéré comme des milieux très humides couverts par la canopée ou des milieux sur sol ferme.

- **Compositions colorées réalisées avec les bandes du vert, du rouge et du proche infrarouge et avec les bandes du proche infrarouge et du moyen infrarouge 1 et 2 de l'image Landsat 8 OLI**



Composition colorée fausse couleur (PIR, MIR1, MIR2)

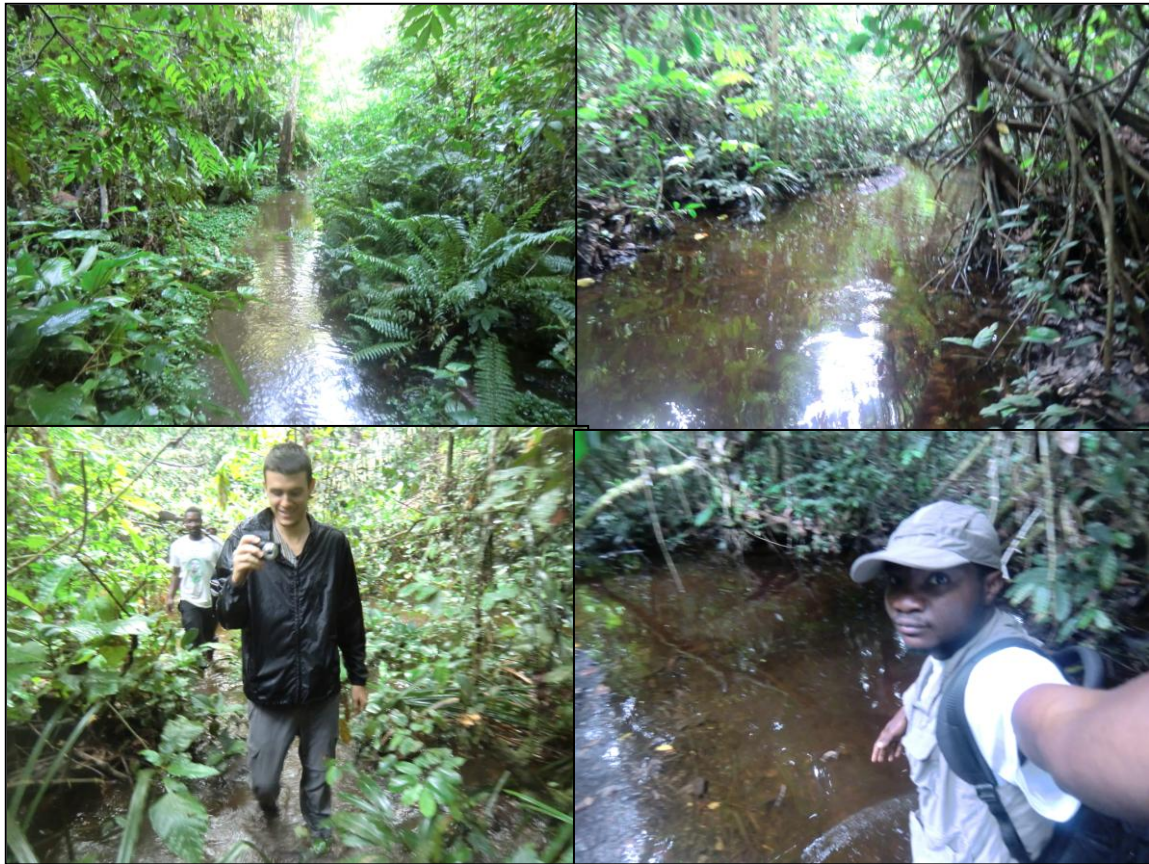


Ces compositions colorées montrent la forte présence de la nébulosité sur les bandes du visible. Il s'agit d'une nébulosité de basse altitude et notamment des bancs de brume très présents au niveau des vallées humides, probablement renforcés par la fraîcheur et l'évapotranspiration de la végétation. La composition colorée réalisée avec les bandes de l'infrarouge n'est par contre pas affectée par ces bancs de brume. Des éléments tels que l'eau (en noire), les sols nus (en jaune clair à foncé), la végétation humide (vert clair à foncé) et sur sol ferme (bleu clair à foncé) sont notamment bien discriminés. La composition colorée réalisée avec les bandes du moyen infrarouge a donc servi de support à la classification supervisée par la méthode du maximum de vraisemblance.

- ***Irvengia gabonensis* (Andok en langue kota, famille des Anacardiaceae) entretenu en plein milieu d'un champ (« orphelin de la forêt », 28/04/2014 à Massaha)**



- Pistes forestières inondées pratiquées par les agriculteurs, chasseurs et pêcheurs villageois en forêt conservée humide (Dates et lieux des photographies : haut et bas à droite, Nzé-vatican. 04/05/2014; haut et bas à gauche, 31 et 29/04/2014 à Massaha)



- Arbre à épine (issaha en langue kota) très fréquent dans la région de makokou et énormément utilisé par les villageois comme bois de chauffe. Il est à l'origine du nom du village Massaha



Résumé

La transition de la forêt est définie comme le passage pour un territoire donné, d'un processus de déforestation à un processus de recolonisation de la forêt. La notion de territoire est importante car elle prend en compte les réalités politiques, économiques, sociales et culturelles qui s'appliquent à l'espace forestier. Ce qui permet en partie d'expliquer son évolution. Cette étude menée dans la région de Makokou au Nord-Est du Gabon, s'inscrit dans le cadre du programme européen CoForTips. Elle englobe les villages de La Scierie, Massaha et Nzé-Vatican localisés sur la nationale 4 entre les villes de Makokou et Mékambo. L'objectif est de réaliser un modèle de la dynamique d'utilisation et de conversion des terres à l'aide d'observations *in situ*, et de caractériser les types d'occupation du sol pour cette région à l'aide d'images satellitaires Landsat 8 OLI et Aster. Cette étude intervient en complément d'autres études similaires menées à Gueboba et Mindourou (Cameroun), dans le cadre du même programme, visant à mettre en évidence un gradient illustrant la transition de la forêt dans la sous-région. Les résultats montrent une pression anthropique faible sur le site. L'agriculture itinérante sur brûlis pratiquée par les villageois est notamment caractérisée par de longues jachères (de 2 à plus de 20 ans). La cartographie des types d'occupation du sol a mis en évidence de faibles surfaces anthropisées par rapport à l'ensemble du site d'étude. Cette cartographie est d'une bonne fiabilité par rapport à la vérité de terrain. Cependant, la forte nébulosité reste une limite majeure à l'étude car elle empêche l'acquisition d'images optiques sur plusieurs dates afin de mieux mettre en évidence la dynamique paysagère. L'utilisation supplémentaire d'images radar serait une meilleure option.

Mots-clés : Transition forestière, utilisation des terres, occupation du sol, images satellitaires, Gabon.

Abstract

The forest transition is the passage for a given territory from a period of net forest area loss (deforestation) to a period of net forest area gain. The concept of territory is important because it takes into account the political, economic and social realities of forest area. It helps to explain its evolution. This study made in Makokou region in North-East of Gabon, forms part of european program CoFortips. It cover La Scierie, Massaha and Nzé-Vatican, villages on national road between Makokou and Mekambo. The objective is to realize a land-use dynamic and conversion model using *in situ* observing, and characterize land cover types with Landsat 8 OLI and Aster satellite imagery. This study follows and supplements others conducted in Gueboba and Mindourou villages (Cameroun), in the same program, to identify a forest transition gradient in sub-region. The results show a slight human pressure on the site. The slash and burn agriculture is characterized by long setting aside (2-20 years). The mapping of land cover types shows small anthropogenic areas in studies site. However, cloudy days and a poor visibility are a major limitation to study because it hinder acquisition of optical imagery on several dates to show better landscape dynamic. The use of supplements radar imagery should be a best option.

Key-words : Forest transition, land-use, land-cover, satellite imagery, Gabon.