Télédétection, 2005, vol. 5, n°(1-2-3), p. 105–121

© 2005 CONTEMPORARY PUBLISHING INTERNATIONAL
Publié sous l'enseigne *Éditions scientifiques GB*

RISQUES DE DÉFORESTATION DANS LE DOMAINE PERMANENT DE L'ÉTAT EN CÔTE D'IVOIRE : QUEL AVENIR POUR CES DERNIERS MASSIFS FORESTIERS ?

TÉLESPHORE BROU YAO[a,1], JOHAN OSZWALD[b,2], SYLVAIN BIGOT[b,3] et ÉRIC SERVAT[c,4]

[a] *Université de Cocody, Institut de géographie tropicale, 22, Boîte Postale 744, Abidjan 22.*

[b] *Université des sciences et technologies de Lille, UFR de Géographie, Centre national de la Recherche Scientifique (CNRS) Unité Mixte de Recherche (UMR) 8141, 59655 Villeneuve d'Ascq, France, cedex.*

[c] *Laboratoire HydroSciences, Centre national de le Recherche Scientifique (CNRS) Unité Mixte de Recherche (UMR) 5569, Institut de Recherche pour le Développement (IRD) Boîte Postale 64501, 34394 Montpellier, France, cedex 5.*

Courriel (1,2,3,4) : telesb@hotmail.com ; johan.oszwald@ed.univ-lille1.fr ; sylvain.bigot@univ-lille1.fr ; eric.servat@msem.univ-montp2.fr

(soumis : 26 janvier 2004 ; révisé : 20 mai 2004 ; accepté 17 juillet 2004)

L'un des faits marquant de l'histoire récente du peuplement de la Côte d'Ivoire est celui des migrations agricoles. Le mouvement des populations a toujours été favorisé par plusieurs causes dont le potentiel offert par le milieu d'accueil et la saturation des terres dans les régions d'origine. C'est surtout vers les espaces forestiers du sud du pays, considérés comme des terres à hauts rendements agricoles, que les migrants se dirigent en priorité. Afin d'identifier les régions très attractives de celles qui le sont peu, les données des recensements généraux de la population de 1988 et de 1998 sont analysées en rapport avec les données sur les réserves forestières qui leur sont contemporaines. Le niveau de pression foncière sur les massifs forestiers est ensuite évalué par différentes méthodes géostatistiques. Les résultats indiquent un nombre de localités de plus en plus important à l'approche des îlots forestiers. Le poids de la population (nombre d'habitants et taux d'accroissement) y est maximal. Les régions forestières les plus exposées aux défrichements sont ceux du sud-est et de l'ouest à cause de l'existence d'importants fronts pionniers aux limites des massifs forestiers. Cette situation ne concerne pas les parcs nationaux qui, contrairement aux forêts classées, bénéficient d'une protection intégrale de l'État.

À l'échelle du massif forestier, l'étude de l'évolution de l'occupation du sol permet de comprendre la dynamique spatio-temporelle des relations entre forêt et agriculture. L'étude est basée sur une analyse diachronique d'images HRV de SPOT. Dans l'impossibilité de prendre en compte l'ensemble des 87 massifs forestiers du pays, l'étude porte sur la forêt classée du Haut-Sassandra qui est localisée à l'ouest du pays. La comparaison entre les images de 1986 et de 2001 permet de se rendre compte de la poursuite du phénomène de la déforestation avec, pour corollaire, l'augmentation des surfaces en forêt dégradée et en culture ou jachère. En outre, le croisement des classifications avec les données anthropiques (c'est-à-dire les cartes des pistes et des localités) permet d'effectuer une prédiction de la déforestation pour 1986. Ensuite, cette prédiction peut être confrontée avec les données de l'image de 2001 afin de juger de sa qualité. L'une des conséquences qui accompagne la raréfaction des réserves forestières est le blocage du système extensif de l'économie de plantation qui ne peut se développer que dans un environnement de forêt dense. Le passage de la culture extensive à la culture intensive apparaît aujourd'hui comme la seule voie pour maintenir le potentiel de production agricole du pays.

Mots-clefs : Côte d'Ivoire ; prédiction ; déforestation ; SPOT ; Haut-Sassandra.

PREDICTING RISKS OF DEFORESTATION OF THE TROPICAL RAINFOREST OF CÔTE D'IVOIRE : WHAT WILL ARRIVED TO THIS LAST FORESTS ?

A quite remarkable fact in recent history of population settlements in Côte d'Ivoire has been the southwestward migrations of people from regions which have exceeded their carrying capacities towards more fertile zones. The highly productive and pristine forests of the southern regions of the country are the promise land of the migrants. The objective of the present study was to determine the main poles of attraction in the host regions. The study area selected was the protected forest of Haut-Sassandra. By coupling 1988 and 1998 census data with vegetation maps derived from satellite (SPOT HRV) imagery, we were able to highlight human pressures on forest resources. Most settlements are located closes to the forest edges. Population size drastically decrease far away from the forest locations. The most threatened forests lie in the southwest and in the west, where cocoa and coffee are extensively being grown. Parks have been spared just because of governmental surveillance. Land cover change between 1986 and 2001 clearly points out the alarming rate of deforestation with its corollaries of fragmented forests and fallows. The current vegetation maps along with anthropogenic data (settlements, roads) has enabled us to predict future deforestation rates. The extensive nature of today's agriculture is a major culprit to the observed deforestation rates. Only new fertile and dense forests can support a farming system with no inputs. Maintaining current levels of agricultural production will be a real challenge unless, the new agricultural policy leans towards an intensive agriculture.

Keywords : Côte d'Ivoire ; prediction ; deforestation ; SPOT ; Haut-Sassandra.

1. INTRODUCTION

L'évaluation des surfaces de forêt dense de la Côte d'Ivoire et de leur évolution met en évidence le phénomène de déforestation. De plus de 16 millions d'hectares, au début du siècle dernier, la superficie forestière de la zone dense humide (en grands massifs et en boisements diffus) est estimée à l'heure actuelle à moins de 4 millions d'hectares (Brou Yao *et al*., 1999 ; FAO, 1999 ; DCGTx, 1993). Dans Moron (1994), on a estimé ce taux de diminution à près de 90 %, classant la Côte d'Ivoire en tête des pays d'Afrique tropicale ayant connu la déforestation la plus importante.

La déforestation est généralement le résultat des défrichements pratiqués par les paysans à des fins agricoles. Elle est également liée, mais pour une faible part, au développement des cultures agro-industrielles (Pomel et Salomon, 1998). La surexploitation d'une ressource naturelle comme la forêt par des comportements « prédateurs » a pour conséquence les phénomènes d'appauvrissement, de fragilisation et de destruction des milieux et sociétés. D'un point de vue agro-économique, la disparition de l'écosystème forestier entraîne un blocage de nature structurelle du système agricole ivoirien. En effet, Léonard et Oszwald (1996), indiquent que l'épuisement des réserves forestières ne permet plus la reproduction de la société agraire par propagation des fronts pionniers. Celle-ci va devoir se faire dans un espace fermé, les paysans étant contraints de mettre en place des systèmes de production qui ne dépendent plus de l'existence d'un capital de « précédent-forêt », aussi bien en ce qui concerne les cultures vivrières que les cultures pérennes.

Dans ce contexte de raréfaction des ressources forestières, le couplage des données agro-démographiques avec des données de télédétection sur les réserves forestières permet d'appréhender les risques de disparition des derniers massifs forestiers. L'ampleur de ces risques est liée, entre autres, à l'implantation des localités, au poids de la population rurale en périphérie des îlots forestiers ainsi qu'aux aménagements et infrastructures. Évaluer les risques de déforestation revient à établir les niveaux de vulnérabilité des massifs forestiers face à la dynamique des populations rurales. Autre-ment dit, il s'agit d'émettre des hypothèses sur la stabilité et le devenir des massifs forestiers sous l'effet des facteurs de déforestation.

Cette étude a été menée à deux niveaux. D'abord, une étude panoramique à partir du capteur Végétation de SPOT, présente la situation de l'ensemble des massifs forestiers ivoiriens (figure 1) et permet d'identifier, à l'échelle du pays, les régions susceptibles d'être les plus touchées par la déforestation. Sur la figure 1, on localise les forêts classées ivoiriennes et on montre bien que les limites administratives de celles-ci coïncident rarement avec les limites des massifs forestiers. Dans certains cas, ces massifs ont été totalement remplacés par des cultures à but commercial (café, cacao, hévéa, palmier à huile, *etc*.). Pour mieux appréhender les dynamiques locales (difficilement perceptibles sur les images à basse résolution spatiale comme celles de Végétation de SPOT), une analyse fine est menée à l'échelle du massif forestier à partir d'images à haute résolution spatiale (HRV de SPOT). Le massif forestier choisi pour l'étude est celui du Haut-Sassandra (figure 1), une des dernières forêts denses ivoiriennes encore relativement intacte, mais qui connaît une forte dynamique de déforestation depuis le milieu des années 1980 (Parren and De Graaf, 1995).

2. DONNÉES ET MÉTHODES

Les données utilisées dans ce travail sont de deux types : des données de télédétection et des données démographiques.

Les données de télédétection proviennent d'images à basse résolution (Végétation de SPOT) et d'images à haute résolution (HRV de SPOT). Avec un pixel de 1 km de résolution, l'image Végétation de SPOT, de la première décade du mois de janvier 1998, convient parfaitement aux études sur la végétation à l'échelle de l'ensemble du pays puisque les principales caractéristiques de ce capteur sont optimisées pour le suivi global de la végétation. La confrontation de cette image avec la carte des limites des massifs forestiers au 1/200 000, élaborée par le CCT (Centre de cartographie et de télédétection de Côte d'Ivoire) à partir d'images TM de Landsat de 1995 (cartes DCGTx/CCT, 1995) et actualisé par des campagnes de terrain, permet de valider l'interprétation. Pour une analyse plus fine de la dynamique végétale, c'est-à-dire à l'échelle du massif forestier, on a recourt à deux images HRV dont la résolution spatiale est de 20 m, soit celles du 30 mars 1986 (en mode XS) et du 30 janvier 2001 (en mode XI), de niveau 1A. Sur chacun des canaux des deux images utilisées des corrections atmosphériques ont été effectuées à l'aide du modèle 5S (Simulation du signal satellitaire dans le spectre solaire) mis au point par le LOA (Laboratoire d'optique atmosphérique) de l'Université de Lille 1 et le CNES (Centre national d'étude spatiale). Ce programme prédit le signal satellitaire entre 0,25 et 4,0 µ pour une atmosphère sans nuages. Les principaux effets atmosphériques (absorption par vapeur d'eau, le dioxyde de carbone, l'oxygène et l'ozone, la diffusion par les molécules et les aérosols) sont pris en compte (Robin, 1998).

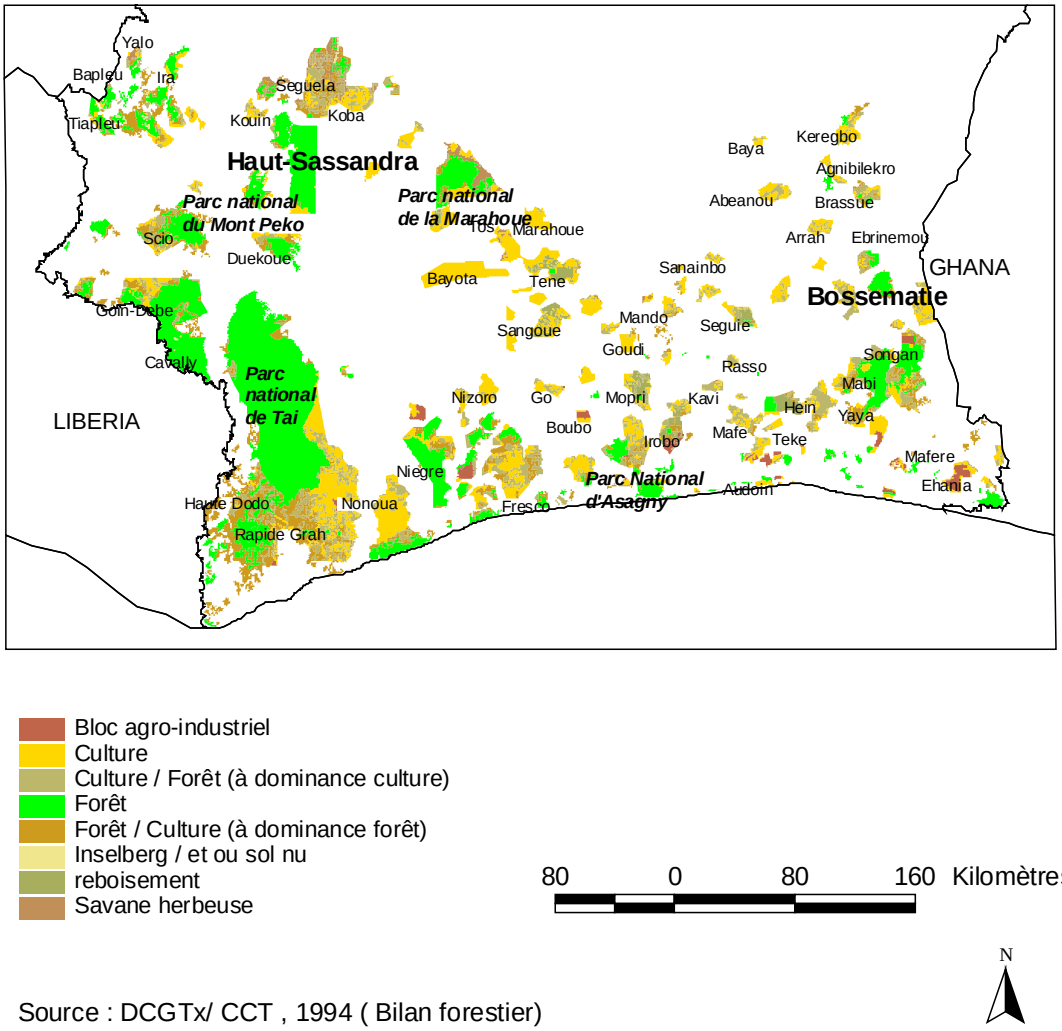


FIGURE 1 Localisation des forêts classées et des parcs nationaux en Côte d'Ivoire et cartographie de l'occupation du sol de la forêt classée du Haut-Sassandra, établie à partir des relevés sur le terrain effectués par la SODEFOR en 1995. *Localization of the classified forests and the national parks in Côte d'Ivoire and cartography of the land cover of the Forêt Classée of Haut-Sassandra, established by field work carried out by SODEFOR in 1995.*

On obtient au résultat des images corrigées partiellement des effets atmosphériques et aux réflectances égalisées permettant de comparer différents canaux de différentes dates.

Les données démographiques proviennent des annuaires de statistiques de l'INS (Institut National des Statistiques de Côte d'Ivoire). Ces données portent sur le RGPH (Recensement général de la population et de l'habitat) de 1988 et 1998.

Afin de faciliter le repérage et le croisement des données, celles-ci ont été géoréférencées dans un même système de projection. Dans ce travail nous avons utilisé la projection UTM (*Mercator Transverse Universal*). Les images à haute résolution spatiale ont été géoréférencées à l'aide de points de contrôle localisés, d'une part, sur la carte forestière de la forêt classée du Haut-Sassandra de la SODEFOR (Société de Développement des Forêts) au 1/200 000 réalisée en 1995 et, d'autre part, mesurés sur le terrain au moyen d'un GPS (Oszwald *et al.*, 2003). L'erreur quadratique moyenne est inférieure à 6 m. Le ré-échantillonnage de l'image a été réalisé à l'aide d'une fonction quadratique de type du plus proche voisin afin d'éviter d'introduire de nouvelles distorsions radiométriques.

Afin d'aboutir à une cartographie thématique des états de surface des images HRV, une classification dirigée est faite à partir des trois canaux radiométriques de HRV (vert, rouge et proche infrarouge). La méthode retenue est celle de la classification par

maximum de vraisemblance. Par la règle d'affectation de chaque pixel, cette méthode permet de réduire les risques d'erreur en utilisant au mieux les probabilités d'appartenance. L'appartenance d'un pixel à une classe est déterminée suivant la probabilité plus ou moins importante d'y être intégrée. La règle bayesienne permet d'affecter le pixel à la classe pour laquelle la probabilité d'appartenance est la plus forte. Il s'agit de la méthode jugée la plus performante par de nombreux auteurs dont Bonn et Rochon (1993). Les principaux thèmes cartographiés sont les suivants :

– Forêt : sol occupé principalement par la forêt primaire ou secondaire ;

– Forêt dégradée : sol occupé par la forêt à canopée discontinue avec présence de cultures, jachères, recrus sur jachère et culture sous forêt ;

– Zone de cultures ou jachères ;

– Cultures pures (rizières de bas-fonds, café/cacao, palmier, hévéa, manguier, citronnier, oranger) ;

– Sol nu.

Un moyen d'analyser la pression foncière des populations sur les massifs forestiers existants est d'étudier la distance entre les limites de ces derniers et les éléments qui peuvent être considérés *a priori* comme des facteurs qui causent ou contrôle la déforestation. Il s'agit de données environnementales (sols, altitudes, pentes, *etc.*) et socio-économiques (agglomérations, poids et taux d'accroissement de la population, voies de communication, activités agricoles, *etc.*). Dans cet article, nous montrons l'influence négative de ces facteurs sur la forêt à travers l'exemple des relations entre celles-ci et les données socio-économiques. Pour y arriver, nous avons réalisé, à l'aide du SIG ArcView, des zones tampons (classes de distance) autour des différents îlots forestiers. Ces classes de distances sont par la suite intersectées avec la couche population. Cette opération permet de diviser l'espace d'étude en sous-régions équidistantes. Sur la figure 2, par exemple, on représente les zones d'influence autour des massifs forestiers. Les localités situées dans une même zone d'influence appartiennent au même rang de distance à la forêt. On peut ainsi faire une typologie des villages en fonction de leur proximité par rapport à la forêt, le but étant de voir l'attrait exercé par les massifs forestiers sur les populations rurales. De la même façon, en intersectant la couche des classes de distance autour des localités avec celle des réserves forestières, on pourra estimer l'évolution spatiale du taux de boisement à l'approche des terroirs villageois. Il sera ainsi possible d'établir des cartes de risque de déforestation liées à la proximité d'un foyer de peuplement ou d'un aménagement.

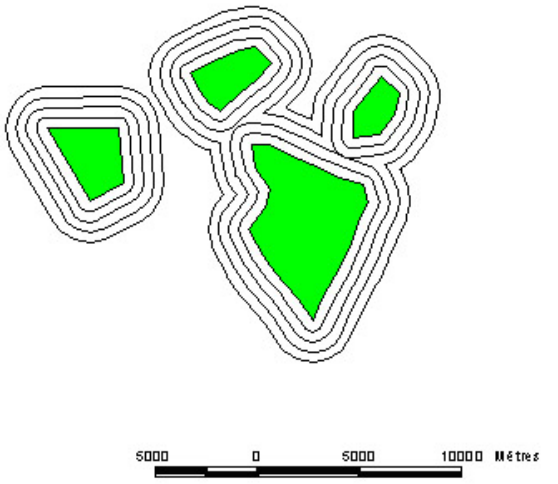


FIGURE 2 Zone d'égale distance des localités par rapport à la forêt. *Area of even distance to the forests.*

3. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La Côte d'Ivoire, fait partie des pays du golfe de Guinée. Elle s'étend sur une superficie de 322 463 km². Ses frontières dessinent approximativement un carré s'inscrivant entre les coordonnées de 2°30 et 8°30 de longitude ouest, 4°30 et 10°30 de latitude nord avec, au sud, une façade littorale de 550 km (figure 3).

Deux grands types de paysages végétaux se partagent le territoire ivoirien : un paysage forestier au sud et un paysage de savane au nord. Les forêts étudiées appartiennent au domaine guinéen, subdivisé en trois secteurs : ombrophile, mésophile et montagnard. Cette classification est basée aussi bien sur les formations prédominantes dans le paysage que sur leur dynamisme actuel. Les caractéristiques sont définies sur le tableau 1.

L'extrême sud de la Côte d'Ivoire, où il pleut plus de 1 500 mm par an, est le domaine de la forêt ombrophile sur des sols ferralltiques fortement désaturés (Perraud, 1979). Elle est caractérisée par la présence de géants (*Lophira alata et azobe*) atteignant 50 m, de structures originales : contre-forts, racines palettes, racines échasses (*Uapaca guinéensis*), fût très droit des arbres de première et deuxième grandeur, cauliflorie. On y note également une abondance de lianes et d'épiphytes, ainsi qu'une rareté des herbes en sous-bois. Cette formation fermée entretient un microclimat chaud, humide et sombre. On distingue un type hyperombrophile, exigeant des sols finement texturés et doués d'une bonne capacité de rétention en eau, dans les régions climatiques les plus favorables, soit dans l'extrême sud-ouest avec plus de 1 800 mm de pluie et une saison sèche réduite.

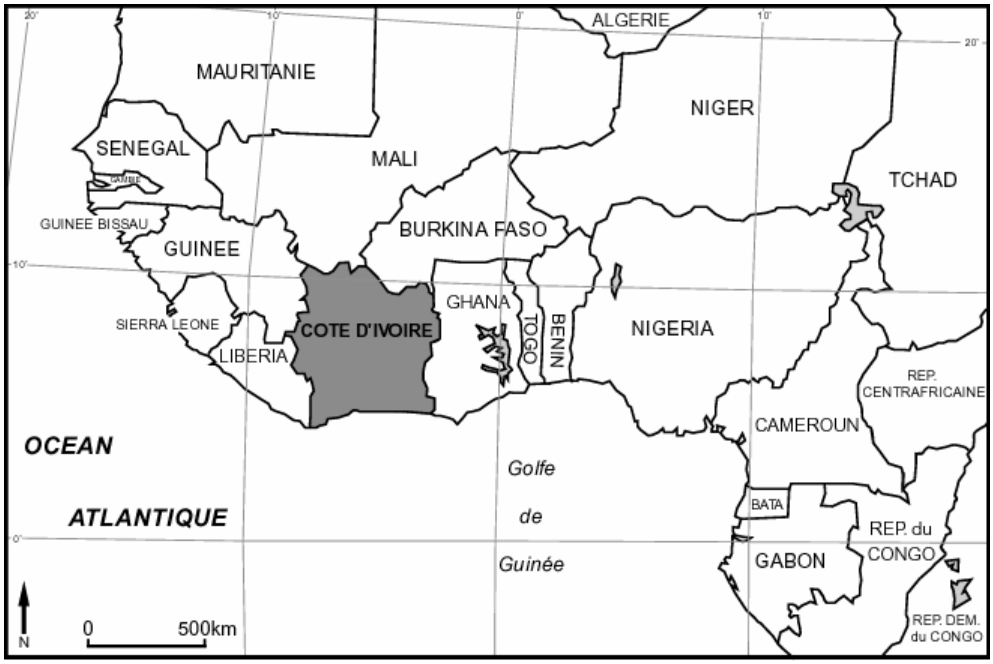


FIGURE 3 Localisation de la Côte d'Ivoire en Afrique de l'Ouest. *Localization of the Côte d'Ivoire in West Africa.*

TABLEAU 1 Classification de la végétation de la Côte d'Ivoire. *Vegetation classification scheme of Côte d'Ivoire.*

Divisions phytogéographiques	**Types de couverts végétaux**
Secteur ombrophile	Forêt dense humide sempervirente
Secteur mésophile	Forêt dense humide semi-décidue et savane guinéenne
Secteur montagnard	Forêt dense humide de montagne

(d'après Guillaumet, 1979)

En moyenne, en Côte d'Ivoire, la pluviométrie annuelle est comprise entre 1 200 et 1 500 mm. Les sols sont de type ferrallitique fortement désaturés sous pluviométrie atténuée et correspondent au domaine de la forêt mésophile. Les essences forestières rencontrées dans cette zone sont de type *Triplochyton scleroxylon* (Samba), *Mansonia altissima* (bété), *Celtis* sp. Certaines essences qui y existent perdent leurs feuilles en saison sèche, chaque essence ayant un rythme spécifique.

Le secteur montagnard, d'altitude supérieure à 1 000 m, se limite à la région ouest du pays. La strate supérieure de la forêt montagnarde est constituée essentiellement de *Parinari excelsa* et le sous-bois parfaitement dégagé abrite par endroit *Cyathea manniana*, grande fougère arborescente. Une prairie altimontaine couvre le sommet du mont Nimba.

Ces milieux forestiers ont connu au cours des années 1960 à 1980, un *boom* cacaoyer qui a servi de moteur à l'ensemble de l'économie ivoirienne. Généralement peu peuplés, parfois vides d'hommes à certains endroits au moment des indépendances, ces espaces forestiers ont été l'objet d'un vaste mouvement de colonisation foncière. Cette situation est le fait de migrants venus des savanes ivoiriennes et des pays soudaniens limitrophes (Burkina Faso, Mali). Une économie agricole basée sur le café et le cacao, dont les succès se limitent aux gains de productivité offerts par le milieu forestier, s'est déployée. Pour contourner la tendance à la baisse de la productivité du travail liée au vieillissement des plantations, la société agraire s'est jusqu'à présent reproduite par le biais de la migration et le déplacement d'une partie de sa population sur la frontière agricole (Léonard et Oszwald, 1994).

Cette dynamique agricole présente des risques pour la survie des derniers massifs forestiers du fait que l'agriculture de plantation se pratique sur les terres de forêts vierges, au détriment de la forêt elle-même. C'est une agriculture extensive, anarchique, peu rationnelle, qui compense ses faiblesses par la conquête permanente de terres nouvelles. Les migrations de population des zones touchées par la dégradation des sols et la baisse des précipitations accélèrent les pressions foncières vers les zones plus favorables à l'agriculture. À côté de l'agriculture de

plantation (binôme café/cacao), les cultures agro-industrielles (Hévéa, palmier, ananas, *etc.*) et l'exploitation forestière contribuent, mais dans une moindre mesure, à l'évolution des surfaces forestières ivoiriennes.

La mise en défense de ces massifs forestiers par l'État s'est faite suivant deux logiques. La première est celle des forêts classées qui, bien que protégées, répondait quelquefois à des besoins de production agro-forestière. En 1990, une évaluation faite par le DCGTx (Direction et Contrôle des Grands Travaux), des superficies agricoles installées dans le domaine forestier permanent de l'État (notamment dans les forêts classées) permettait d'identifier 150 000 ha de caféiers et près de 350 000 ha de cacaoyers. Ces chiffres correspondent, en 1990, respectivement à 15 % et 19 % du potentiel total de production des vergers (DCGTx, 1993). La deuxième logique de défense du milieu forestier, utilisé par l'État, est celle de la création des parcs nationaux. Ceux-ci bénéficient d'une protection intégrale, du fait qu'ils constituent des espaces de reproduction et des sanctuaires de biodiversité. Sont donc systématiquement interdits, par la loi, les prélèvements de bois, d'animaux et les activités agricoles. C'est ainsi que, contrairement aux forêts classées, les parcs nationaux ont subi très peu d'attaques. Cette politique de protection est matérialisée par la création de zones tampons ou d'espaces de sécurité autour des massifs forestiers

4. RELATION ENTRE MASSIFS FORESTIERS ET LES FACTEURS DÉMOGRAPHIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Dans cette partie, nous analysons l'attractivité des massifs forestiers sur les populations rurales. Les caractéristiques de la population rurale sont alors suivies dans la périphérie des îlots forestiers afin de mettre en évidence des variations spatiales dans la localisation et la densification des milieux forestiers.

4.1. Augmentation du nombre de localités et des densités rurales à l'approche des massifs forestiers

La pression exercée par les populations sur les massifs forestiers est tout de suite perceptible par la distance entre ces derniers et les agglomérations rurales. Sur le tableau 2, on donne les caractéristiques des quatre types de localités périphériques correspondant aux distances étudiées (0-500 m, 500-1 000 m, 1 000-1 500 m et 1 500-2 000 m). Les chiffres indiquent qu'on rencontre un nombre plus important de localités dans les premiers 500 m des massifs forestiers. Le poids de la population y est également le plus important. Plus on s'éloigne de la forêt et plus le nombre d'habitants diminue. En effet, de 383 localités entre 0 et 500 m, on descend à 96 localités entre 1 500 et 2 000 m. On observe cette même logique au niveau de l'accroissement des populations riveraines des massifs forestiers. Ainsi, entre 1988 et 1998, c'est dans les premiers 500 m de la périphérie que la population a le plus augmentée. Il apparaît donc clairement que la proximité de la forêt est un facteur important dans la localisation de la population rurale. En 1998, sur les 6,5 millions de ruraux que comptait la Côte d'Ivoire, 1,5 millions (environ un sur quatre) habitaient à moins de 2 000 m des îlots forestiers, pour la plus part classés dans le domaine permanent de l'État.

TABLEAU 2 Typologie des localités en fonction de la distance par rapport aux limites des massifs forestiers. *Relationship between population change and distance to forest between 1988 and 1998.*

Distance localité /massifs forestiers (m)	Nombre de localités	Population en 1988	Population en 1998	Taux d'accroissement (%)
500	383	814 092	1 207 091	32
1 000	111	118 799	158 532	25
1 500	118	130 918	180 919	28
2 000	96	96 869	128 962	25
Cumul	708	1 160 678	1 559 404	25

L'analyse des cartes de densités rurales établies à partir des données du RGPH des années 1988 et 1998 (figure 4) permet de mettre en évidence la pression exercée sur les derniers massifs forestiers. Les calculs n'ont concerné que les zones couvertes par massifs forestiers du Haut-Sassandra et de la Bossematié (respectivement à l'ouest et l'est sur la figure 1) ainsi que de leurs espaces avoisinants. La

méthode consiste à extraire, pour chacune des fenêtres étudiées, l'ensemble des localités concernées. Sur la population des villes, nous avons appliqué le pourcentage de la population agricole indiqué dans les statistiques du RGPH. En considérant que, dans le sud de la Côte d'Ivoire, les terroirs des localités ont un rayon de 4 km en moyenne, une grille régulière correspondante a été établie. Les densités de population rurale sont alors calculées pour chaque point de la grille à partir d'un cercle représentant la limite théorique des terroirs villageois. La méthode d'interpolation par krigeage est ensuite utilisée pour la construction de plage d'isodensité. Des cartes de densités de population des années 1988 et 1998 ont ainsi été établies pour les secteurs de Daloa (à l'ouest) et d'Abengourou (au sud-est).

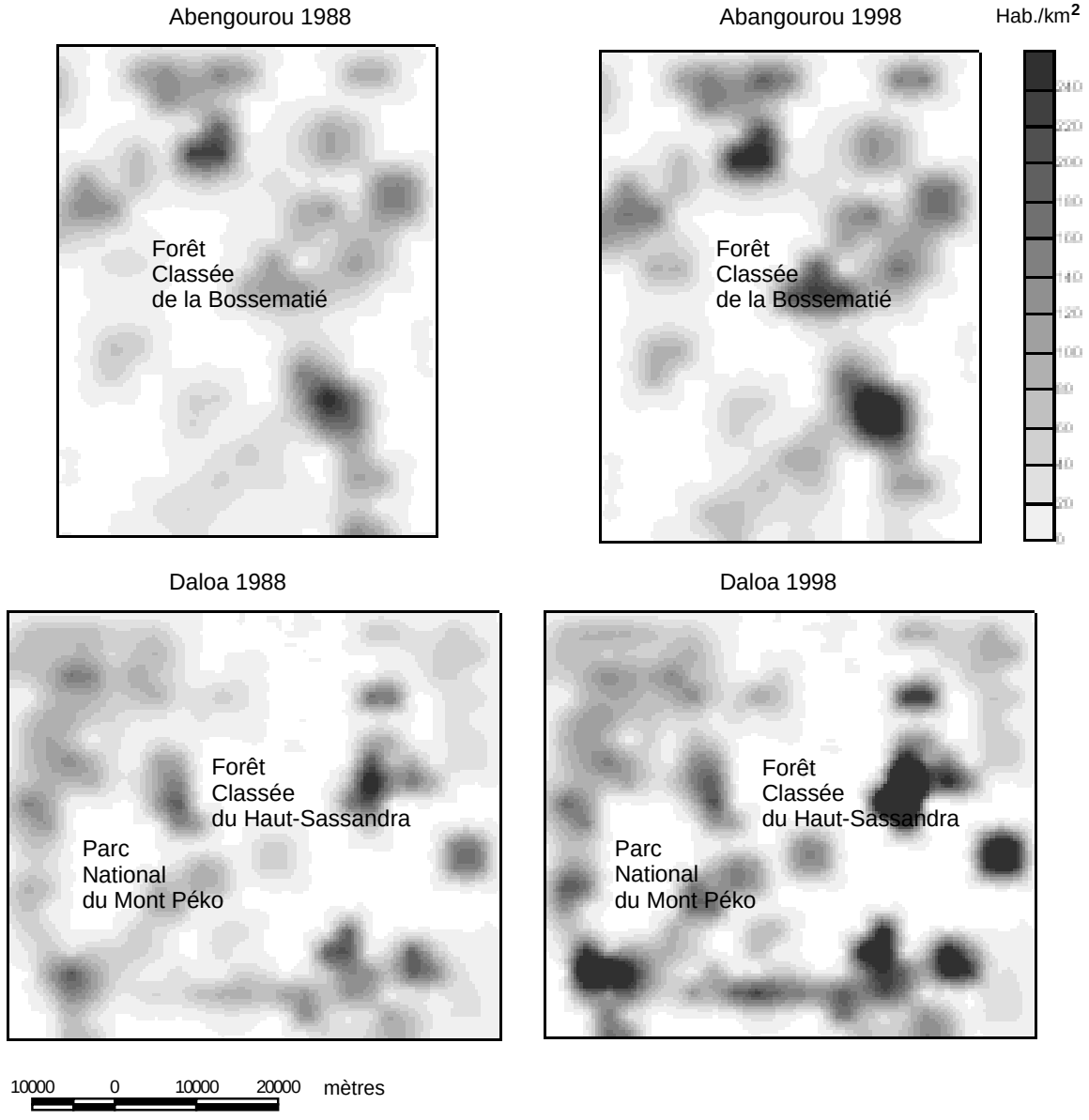


FIGURE 4 Évolution des densités rurales autour des aires protégées dans l'est et l'ouest de la Côte d'Ivoire entre 1988 et 1998. *Time evolution of the rural densities around protected areas in the East and the West of Côte d'Ivoire between 1988 and 1998.*

Les cartes de la figure 4 montrent une répartition inégale des densités de peuplement, quelle que soit la région considérée. Celles-ci vont de 0 à 240 hab./km^2. Les valeurs les plus faibles sont rencontrées à l'intérieur des espaces protégés. Dans la région de Daloa, le Parc national du Mont Péko semble être mieux protégé que la forêt classée du Haut-Sassandra dont les limites sont peu nettes. On note même quelque tache de densité en son sein. Ces remarques sont tout aussi valables pour la forêt classée de Bossematié qui présente des limites diffuses à cause de l'émiettement d'une partie de sa surface, surtout sur les bordures, par des foyers de peuplement. C'est justement sur les bordures des forêts classées que l'on rencontre les plus fortes densités rurales. À Daloa, les densités rurales sont maximales autour de la forêt classée du Haut-Sassandra et du Parc national du Mont Péko. Il en va de même pour Abengourou, où les limites de la forêt classée de la Bossematié coïncident avec de fortes concentrations humaines. L'analyse diachronique met en évidence un renforcement des densités rurales entre 1988 et 1998, principalement à la lisière des massifs forestiers. Cette densification est nette vers l'ouest, tandis que vers l'est elle n'est marquée que sur la façade est.

La présence de ces grands foyers de populations, essentiellement agricoles, dans la périphérie de ces forêts est un danger permanent pour leur conservation.

4.2. Régression du taux de boisement à l'approche des foyers de peuplement agricole

En tenant compte de la localisation des agglomérations rurales, on peut établir une carte du risque d'exploitation des derniers massifs forestiers ivoiriens. Ce risque est d'autant plus important que la distance de la forêt par rapport à la localité est courte. Sur le tableau 3, on met en évidence l'influence négative de la localisation de la population agricole sur les surfaces forestières. Pour chaque classe de distance, dans un rayon de 10 km, on a évalué la superficie forestière restante.

TABLEAU 3 Relation entre la distance par rapport aux localités et la déforestation. *Relationships between the distance compared to the localities and deforestation.*

Distance par rapport à la localité (km)	Superficie forestière (%)
0 à 2	9
2 à 4	11
4 à 6	13
6 à 8	14
8 à 10	16

Les valeurs les plus faibles se trouvent dans la périphérie immédiate des localités. À moins de 2 km des localités le taux boisement n'est que de 9 %. Au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre des localités, ce taux de boisement augmente progressivement, mais dans une faible proportion pour atteindre 16 % entre 8 et 10 km. Les valeurs obtenues dans cette dernière classe restent proches du taux de boisement actuel de la zone forestière. En effet, sur une superficie d'environ 12 millions d'hectares, la zone forestière ivoirienne ne compte plus aujourd'hui que 2,2 millions d'hectares, soit un taux d'occupation de 18 %. Le taux de boisement est encore plus faible autour des localités de plus de 3 000 habitants (tableau 4). En effet, ces grosses agglomérations agricoles conservent très peu d'espaces forestiers en périphérie. À la lisière (de 0 à 2 km) de ces agglomérations les espaces boisées ne représentent que 4 % de la superficie des terres. Ce taux évolue très peu avec la distance, car entre 5 et 6 km il atteint à peine 7 %.

TABLEAU 4 Relation entre la distance par rapport aux localités de 3 000 à 6 000 habitants et la déforestation. *Rel-ationships between the distance compared to the localities of 3 000 to 6 000 inhabitants and deforestation.*

Distance par rapport à la localité (km)	Superficie forestière (%)
0 à 2	4,0
2 à 4	5,0
4 à 6	6,6
6 à 8	9,0
8 à 10	10,7

4.3. Régression du taux de boisement à l'approche des voies de communication

La méthode d'évaluation du taux de boisement dans la périphérie des voies de communication est réalisée, comme dans le cas des localités, par superposition du réseau des pistes sur la carte des réserves forestières. Un aperçu du couplage entre ces deux couches d'information sera donné dans les paragraphes qui suivent (section 5)

Cette analyse est fondée sur le fait que, en plus du poids de la population, l'ouverture des routes constitue un des moteurs essentiels de la déforestation. En effet, c'est à partir des chemins et des pistes laissés par les exploitants forestiers, et plus généralement des routes de désenclavement, que les paysans s'introduisent dans la forêt en vue d'installer leurs plantations. Le passage d'une route à l'intérieur ou à proximité d'un massif forestier représente un risque pour sa survie. En effet, sur le tableau 5, on remarque que, sur une distance avoisinante de 8 km, il y a un plus faible taux de boisement entre 0 et 2 km (12 %), l'éloignement des

routes d'accès étant marqué par des taux de plus en plus important (plus de 17 % à partir de 6 km).

TABLEAU 5 Relation entre la distance par rapport aux voies de communication et la déforestation. *Relationships between the distance compared to roads axes and deforestation.*

Distance par rapport à une voie de communication (km)	Superficie forestière (%)
0 à 2	12,0
2 à 4	15,5
4 à 6	17,6
6 à 8	17,6

5. CARTOGRAPHIE DES RISQUES DE DÉFORESTATION LIÉS À LA PROXIMITÉ DES LOCALITÉS ET DES VOIES DE COMMUNICATION

En tenant compte de la localisation des agglomérations rurales et des voies de communication, on peut établir une carte du risque d'exploitation des derniers massifs forestiers. Ce risque est d'autant plus important que la distance de la forêt à la localité ou à la voie d'accès est courte.

On a ainsi étudié les risques de déforestation liés à la distance par rapport à l'ensemble des agglomérations rurales, par rapport à celles dont les populations sont supérieures à 3 000 habitants et par rapport aux voies de communications (figure 5).

D'abord, les zones à risques importants sont les massifs forestiers de l'ouest montagneux dont une partie importante se trouve à moins de 2 km des foyers de peuplement et des voies d'accès (figure 5). Cette situation touche également une grande partie des massifs forestiers du sud-est et du littoral. Liées à leur petite taille, certaines forêts présentent des risques de disparition presque totale, parce qu'entièrement inscrites dans l'aire d'influence immédiate des localités riveraines. Il s'agit de lambeaux de forêt dans le centre-ouest, des forêts classées du Nizoro dans le sud-ouest et de la Beki à l'est. La plupart des massifs forestiers du sud-ouest et du centre-ouest présentent des risques de défrichement moyen. Les parcs nationaux de Taï et du Mont Péko, ainsi que certaines forêts classées comme celle du Haut-Sassandra semblent être bien protégés, même s'il est à craindre des risques de grignotage sur les bordures. Ce grignotage apparaît souvent comme une première étape de l'infiltration clandestine. Sur certains massifs forestiers, les risques d'agression sont quasi nuls, aucune localité n'y étendant son aire d'influence (ou très faiblement dans quelques cas). Ces massifs sont, pour la plupart, situés à l'ouest (forêt classée du Goindébé, du Cavally, parc de la Marahoué auxquels on peut ajouter la forêt classée de Mopri au sud.

En ne considérant que les grandes agglomérations rurales (figure 6), c'est-à-dire celles ayant plus de 3 000 habitants, le risque de déforestation devient peu important. L'aire d'influence immédiate de ces grands foyers de peuplement agricole s'étend cette fois que sur les bordures des massifs forestiers. Les secteurs les plus touchés sont toujours situés dans le sud-est et dans la région montagneuse de l'ouest. Les massifs forestiers de l'ouest restent très peu influencés par les terroirs des grosses localités, à l'exception des forêts classées de la Niégré de l'Okromodou.

L'analyse de la carte des risques de déforestation liés aux chemins et aux pistes (figure 7) montre une situation d'incertitude beaucoup plus importante pour la plus part des massifs forestiers. Ceux-ci sont, dans l'ensemble, desservis par un réseau de chemins et de pistes relativement dense. Ces réseaux se trouvent, dans bien des cas, au cœur des massifs forestiers. Leur aire d'influence immédiate s'étend sur une grande partie des massifs forestiers, à l'exception des parcs nationaux de Taï, du Mont Péko, de la Marahoué et des forêts classées de Gouindebé et du Cavally. Les secteurs qui présentent le plus de dangers de déforestation sont, comme dans le cas de l'influence des agglomérations rurales, ceux de la région montagneuse de l'ouest, du sud-est, ainsi qu'une série de lambeaux de forêts localisés soit sur la côte, soit à l'est.

6. ANALYSE DU RISQUE DE DÉFORESTATION À L'ÉCHELLE DU MASSIF FORESTIER : EXEMPLE DE LA FORÊT CLASSÉE DU HAUT-SASSANDRA

En 1986, c'est sur les lambeaux de forêt localisés en dehors de la forêt classée que le risque de déforestation est le plus important (figure 8). En effet, ces espaces à boisement diffus du domaine rural sont entièrement sous le contrôle des communautés rurales parce que compris dans leur aire d'influence immédiate. Ce risque de défrichement est également perceptible sur les bordures de la forêt classée. Les secteurs les plus exposés sont les zones agricoles périphériques : l'enclave de Gbeubly au nord et celui du V12 au sud. En effet, autour de ces deux enclaves, très peu d'espace est susceptible d'échapper à l'emprise humaine, du fait de leur proximité avec les foyers de peuplement.

L'analyse diachronique des images HRV de 1986 et de 2001 (figure 9) permet de confirmer ou d'infirmer les hypothèses sur le risque de déforestation dans la forêt classée du Haut-Sassandra et ses environs.

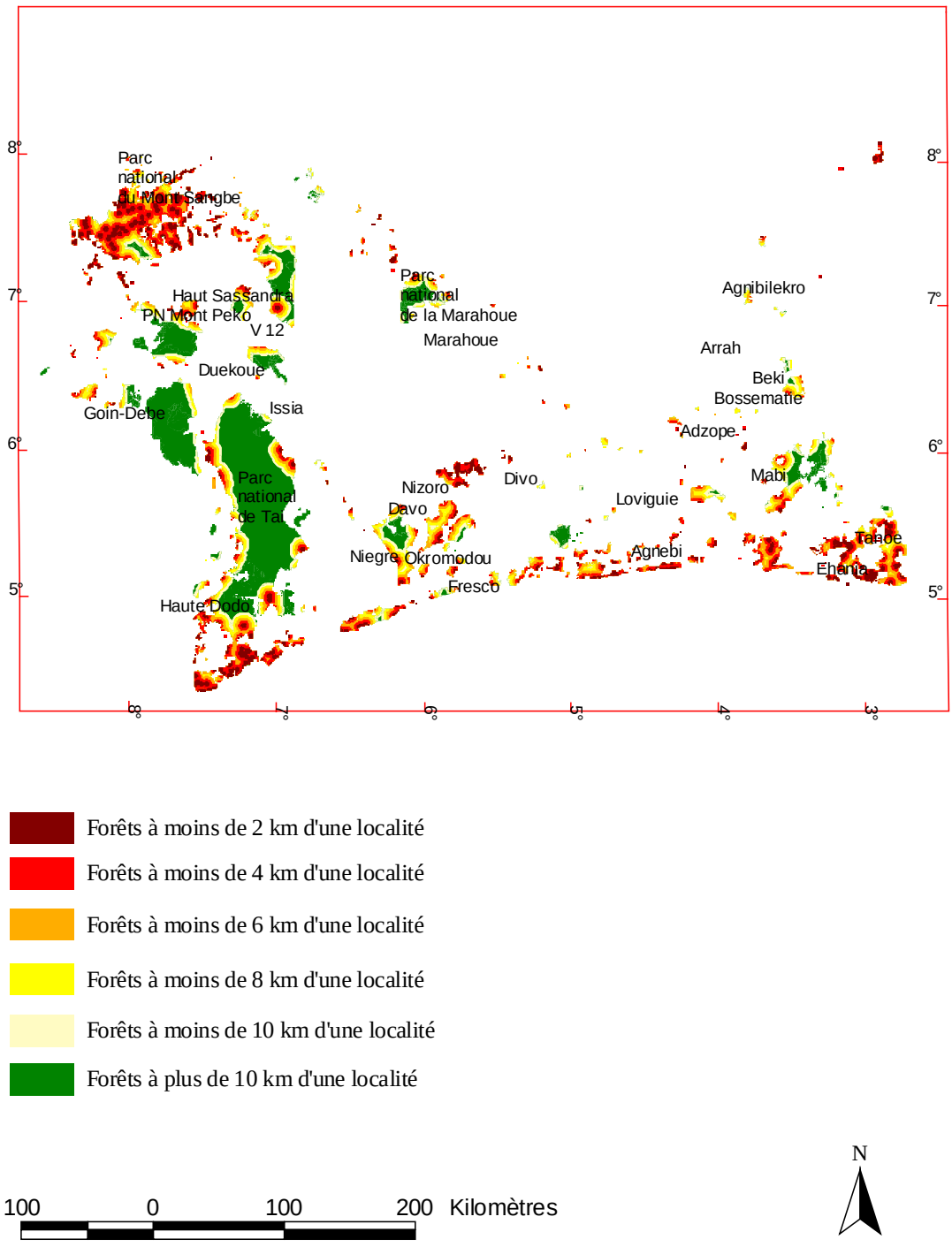
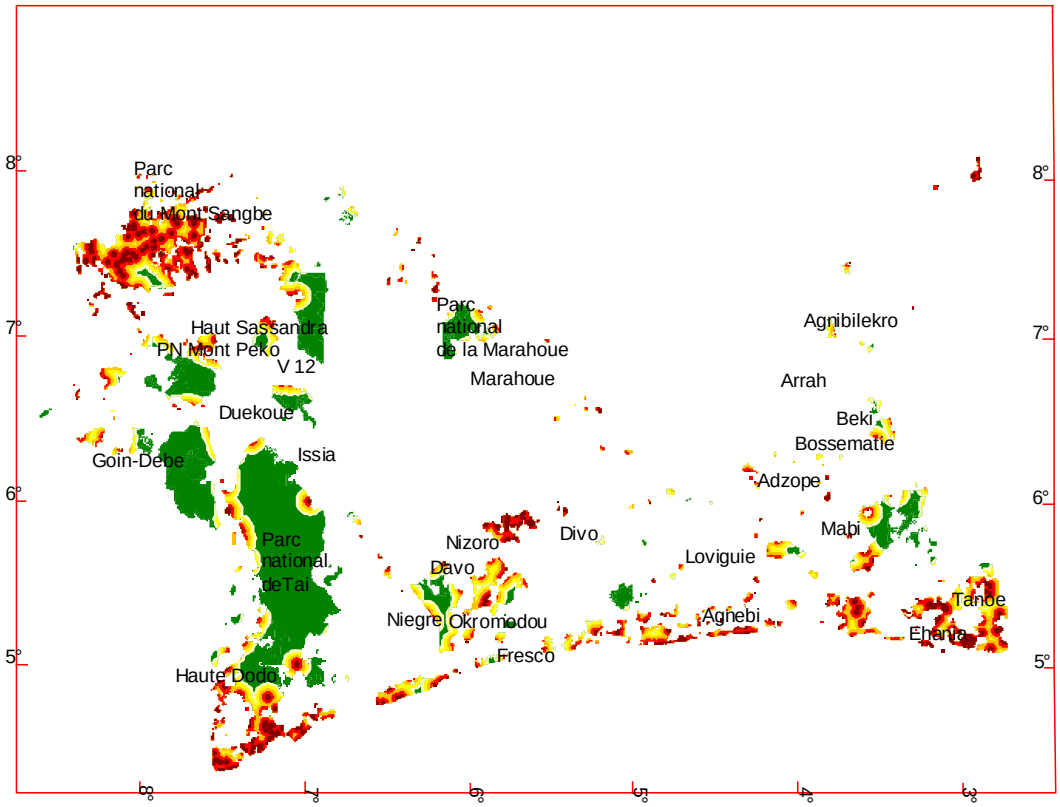


FIGURE 5 Risque de déforestation liée à la proximité des localités. *Risk of deforestation related to the proximity of localities.*



Forêts à moins de 2 km d'une localité de plus de 3 000 hab.
Forêts à moins de 4 km d'une localité de plus de 3 000 hab.
Forêts à moins de 6 km d'une localité de plus de 3 000 hab.
Forêts à moins de 8 km d'une localité de plus de 3 000 hab
Forêts à moins de 10 km d'une localité de plus de 3 000 hab.
Forêts à plus de 10 km d'une localité de plus de 3 000 hab.

FIGURE 6 Risque de déforestation liée à la proximité des localités de plus de 3 000 habitants. *Risk of deforestation related to the proximity of localities of more than 3 000 inhabitants.*

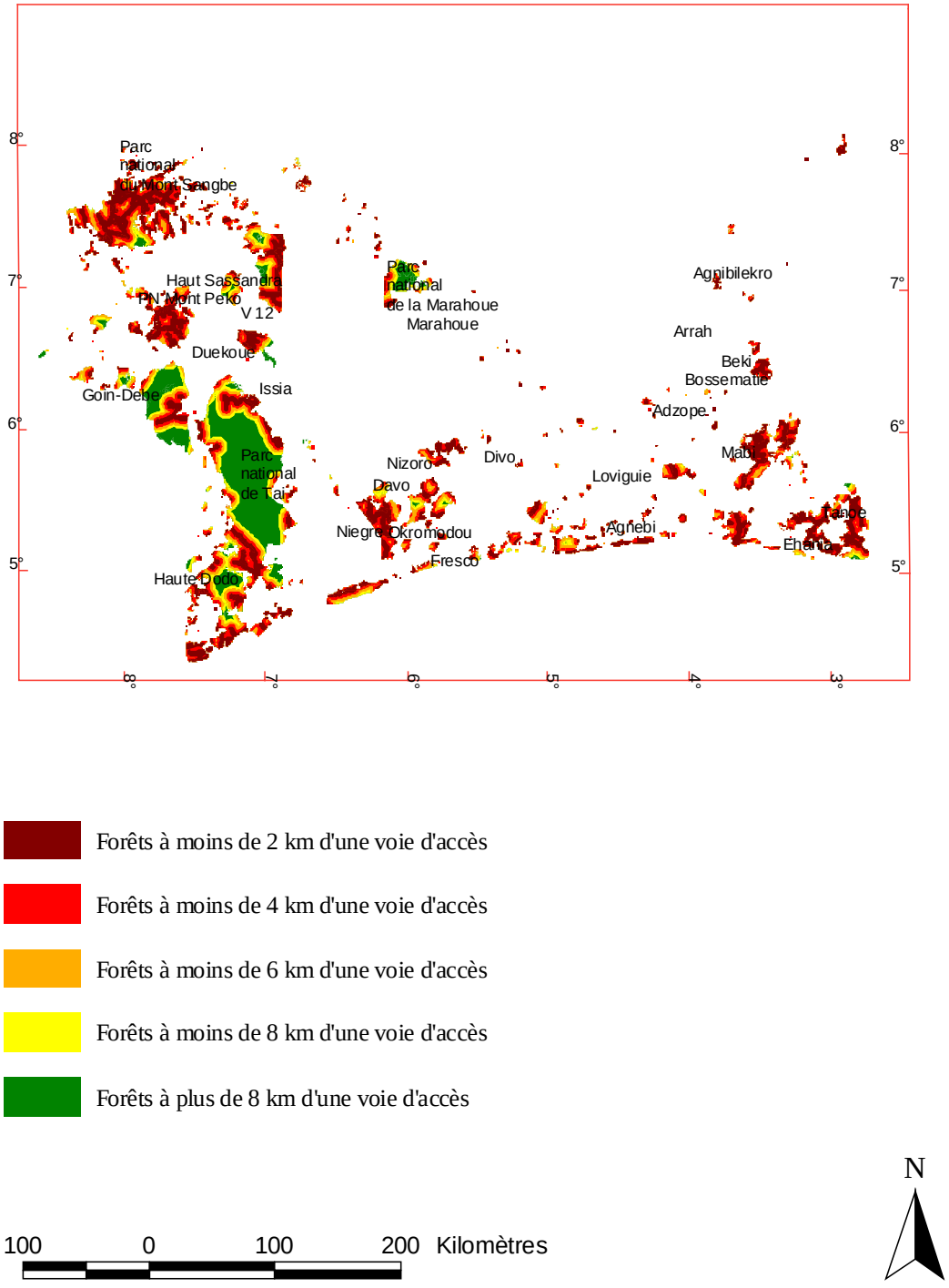


FIGURE 7 Risque de déforestation liée à la proximité des voies d'accès. *Risk of deforestation related to the proximity of the access roads.*

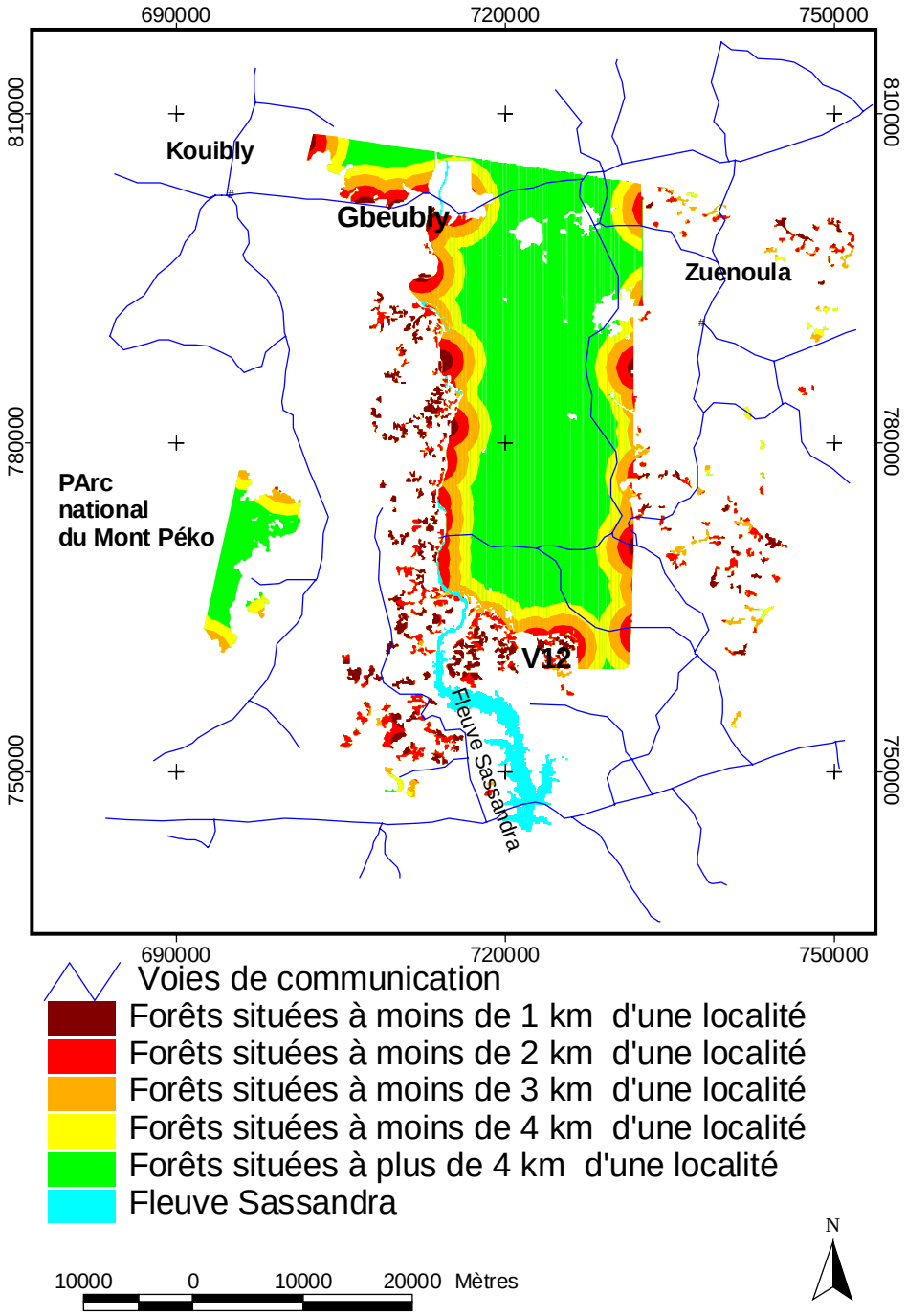


FIGURE 8 Risque de déforestation de la forêt classée du Haut-Sassandra lié à la présence de localités en 1986.
Risk of forest loss of Haut-Sassandra reserve associated with the existence of localities in 1986.

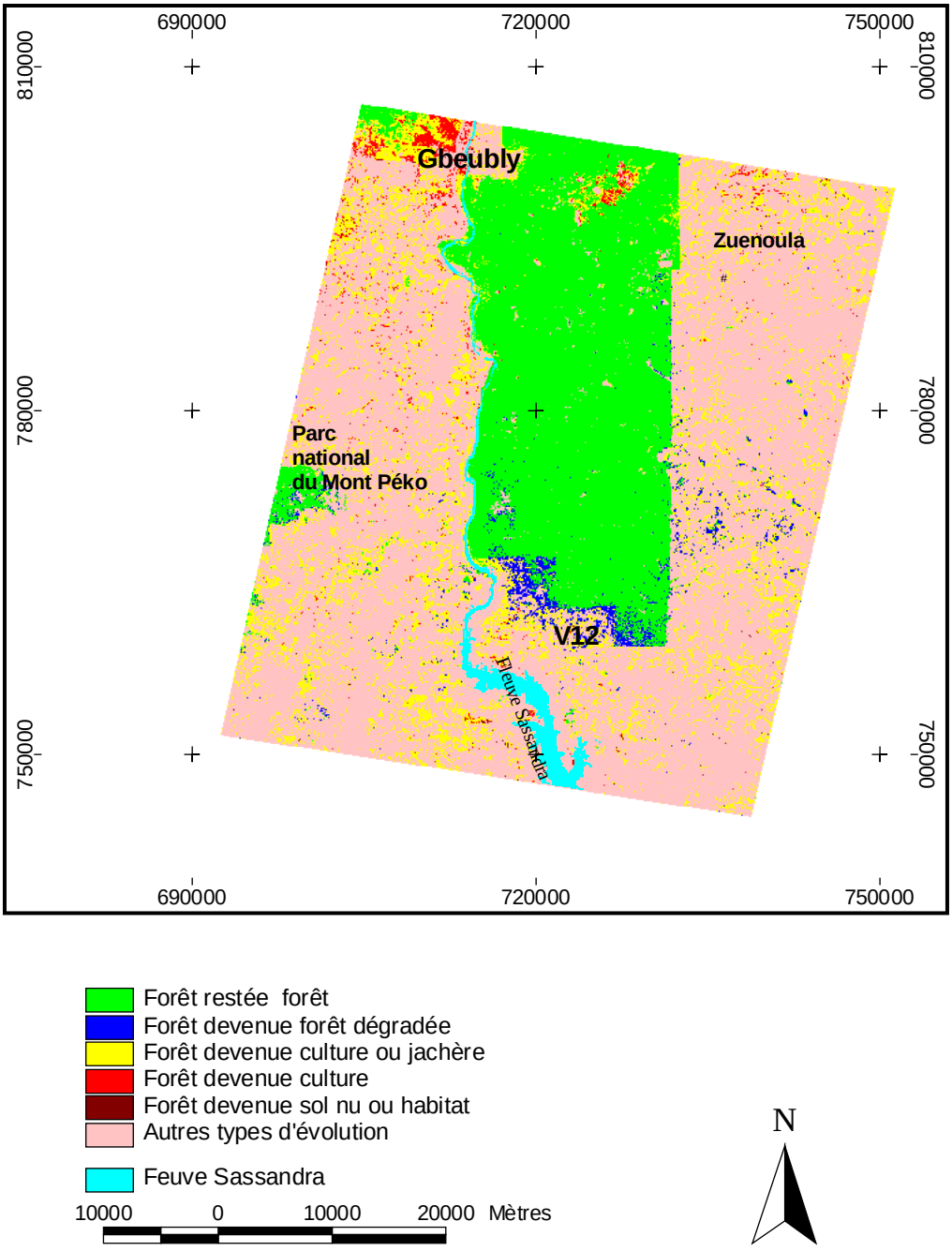


FIGURE 9 Évolution des espaces forestiers du Haut-Sassandra entre 1986 et 2001. *Time evolution of forested areas in Haut-Sassandra region between 1986 and 2001.*

Les risques de déforestation constatés, en 1986, sur les lambeaux de forêt aux alentours de la forêt classée se sont traduits, en 2001, par des changements importants dans l'occupation du sol. En effet, la plupart des espaces boisés hors forêt classée ont été systématiquement remplacés par des cultures ou des forêts dégradées. En ce qui concerne les enclaves agricoles de Gbeubly et du V12, les évolutions surfaciques très significatives notées entre 1986 et 2001 confirment l'hypothèse de départ sur la dynamique locale. Effectivement, entre ces deux dates, on constate une nette dégradation de la couverture

forestière située à l'ouest et au sud de l'enclave de Gbeubly, ce qui correspond à un nouveau front de déforestation très actif. Cependant, les services de la SODEFOR restent vigilants pour prévenir toute tentative d'appropriation de parcelles forestières situées au sein de la forêt classée. Ainsi, certains agriculteurs de l'enclave ont dû être expulsés dans les années 1990, après la remise en culture d'anciens campements forestiers établis au sein de la forêt protégée. De nombreux émigrants se sont donc dirigés vers d'autres zones en conversion, notamment l'enclave V12, située au sud de la forêt classée du Haut-Sassandra. En 1986, le sud de cette enclave est déjà anthropisé par des populations nouvellement installées qui débutent une rapide déforestation de la zone au cours des années 1980 (SODEFOR, 1989). À l'ouest, aux abords du fleuve Sassandra, les parcelles attribuées depuis les années 1990 sont aujourd'hui devenues des exploitations commerciales dirigées par des allogènes (essentiellement les Baoulés). Malgré sa non attribution aux populations, le centre de l'enclave a également été colonisé dans les années 1990. À cause de la pression foncière et malgré les interdictions des instances officielles, cet espace a été, en une quinzaine d'années, complètement défriché et mis en culture, notamment avec des cultures pérennes à but commercial. Régionalement, les espaces forestiers ont donc enregistré une diminution de plus de 7 300 ha. En outre, le développement des parcelles de culture vivrière emprunte un modèle particulièrement diffusif, notamment le long du fleuve Sassandra, à l'ouest, et au sein même de la forêt classée, au nord-ouest et au sud-est.

À cause de leur accessibilité très difficile, les zones soumises au risque de déforestation situées à l'ouest de la forêt classée n'ont pas été dégradées : le fleuve Sassandra est un obstacle physique qui permet de sauvegarder cette zone du défrichement. À l'est, même si les îlots forestiers encore visibles en 1986 ont complètement disparus dans les quinze dernières années, on ne constate pas d'extension de défrichement par effet de grignotage des espaces protégés. Les défrichements s'étendent parfois aux abords de la limite est de la forêt classée, mais le balisage rigoureux de la zone par les services de la SODEFOR contribue à contenir la pression exercée par les populations.

L'analyse de l'évolution de l'occupation du sol dans la forêt classée du Haut-Sassandra et de ses environs confirme ainsi la plupart des prédictions qui ont été faites en ce qui concerne le risque de déforestation.

7. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'analyse du risque de déforestation demeure intéressante à mener en ce sens qu'elle débouche sur l'établissement de cartes de vulnérabilité des massifs forestiers face à la pression anthropique. Il est alors possible d'identifier les milieux les plus sensibles afin de prévoir des activités d'aménagements forestiers spécifiques.

Les possibilités offertes par les images satellitaires à haute résolution temporelle (comme Végétation de SPOT) permettront à l'avenir, par couplage avec les données démographiques et climatiques, de faire un suivi en temps réel des risques de disparition des massifs forestiers. Toutefois, la réalisation de ce genre d'étude se heurte encore à des difficultés majeures parmi lesquelles le faible accès aux données démographiques contemporaines aux images (un recensement tous les 10 ans) et la qualité des images de télédétection, surtout dans les régions côtières à cause de la nébulosité persistante.

L'évaluation du risque de déforestation des massifs forestiers ivoiriens amène, en dernier essor, à s'interroger sur leur avenir. Un moyen d'apprécier l'incertitude du devenir des derniers grands massifs forestiers est d'estimer le niveau de « réserves » des terres par habitant (DCGTx, 1993). Ce niveau est défini comme le rapport des espaces forestiers non défrichés par rapport à l'effectif de la population rurale. En ne considérant que les populations vivant à la lisière des îlots forestiers, ce niveau de « réserve » forestière, est de 1,4 ha en 1998 contre 1,8 ha en 1988 (figure 10). Une valeur proche de « 0 » signifie une demande en terre suffisante pour détruire presque totalement les massifs forestiers, en sachant qu'au niveau national la superficie qu'il est nécessaire de cultiver pour nourrir une personne est de 0,5 ha (DCGTx, 1993 ; Koli, 1992).

Ces réserves forestières auraient été suffisantes pour nourrir ces populations rurales riveraines si l'on était en situation de culture intensive. Or, dans un système traditionnel, comme c'est généralement le cas en Côte d'Ivoire, où presque aucun apport ne compense les ponctions, après abandon, une parcelle se régénère naturellement, mais lentement. Un long temps de jachère est nécessaire pour la reconstitution du potentiel agronomique. Dans la mesure où une parcelle reste en culture pendant en moyenne 4 ans, la durée du temps de mise en jachère est de 16 ans au minimum, soit un rapport de 1 à 4, c'est-à-dire que, pour 0,5 ha cultivé, il faut 2 ha en jachère.

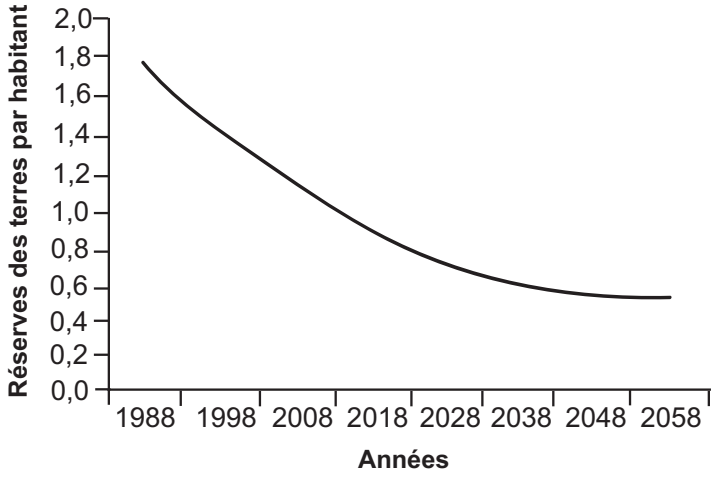


FIGURE 10 Évolution théorique de la réserve des terres par habitant dans la périphérie des îlots forestiers. *Predicted land area available per individual within the fragmented forest.*

Dans l'hypothèse d'une appropriation effective des réserves forestières par les populations riveraines, le rapport champs/jachère serait de 1 à 2 en 1998, c'est-à-dire que, pour 4 années de culture, la jachère serait de plus de 8 ans. Avec la croissance rapide de la population dans la périphérie des îlots forestiers, ce temps de jachère devrait largement régresser d'année en année, conduisant à des risques d'épuisement irréversible des sols.

Ces chiffres mettent en évidence le blocage du système agricole basé sur la conquête permanente de terres neuves. Actuellement, la mise en culture de toutes les réserves forestières ne suffirait pas pour combler les besoins des populations riveraines, qui se verraient obliger de pratiquer une agriculture très destructrice, laissant peu de temps de jachère au milieu (moins de 8 ans). Il devient donc illusoire de résoudre les problèmes de potentiel agricole, posés par les paysans aux autorités politiques, en terme de manque de terre, en procédant à des déclassements de forêts.

Cela revient à dire que, dans les prochaines années, au niveau des cultures vivrières, on devrait viser l'adoption de méthodes semi-intensives sur des parcelles de 0,5 à 1 ha. La mise en œuvre de cette politique agricole nécessite toutefois, en l'absence d'association élevage/culture, l'utilisation massive d'intrants chimiques importés dont le coût reste onéreux. Il reste clair qu'entre l'itinérance des cultures extensives et la stabilisation des cultures, il devient plus rationnel de trouver des solutions économiquement faisables par les paysans et qui appellent de leur part une prise en charge et une responsabilité dans la gestion de leur environnement.

Remerciements

Ce travail, qui est un extrait d'une série de résultats obtenu dans le cadre de la préparation d'une habilitation à diriger des recherches, a été entièrement soutenu par l'IRD à travers Département Soutien et Formation des communautés scientifiques du sud et du Laboratoire Hydrosciences de Montpellier. L'aide appréciable de l'Agence universitaire de la Francophonie est également à mentionner, dans la mesure où un financement nous a été accordé pour faire l'exposé de cet article au cours des 10e Journées scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF à Ottawa.

Références

Avenard, J.-M., Girard, G, Sircoulon, J., Toucheboeuf, P., Guillaumet, J.L., Adjonohoun, E. et Perraud, A. (1971) Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire. ORSTOM, paris, 391 p.

Bonn, F. et Rochon, G. (1993) Précis de télédétection ; Vol. 1 : Principes et méthodes. Presse de l'Université du Québec/AUPELF, Québec et Montréal, 484 p.

Brou Yao, T., Servat, E. et Paturel, J.E. (1999) Contribution à l'analyse des inter-relations entre activités humaines et variabilité climatique : cas du sud forestier ivoirien. Académie des sciences/ Elsevier, Paris, tome 327, série IIa, p. 833-838.

DCGTx (Direction et contrôle des grands travaux) (1993) Développement rural et préservation de l'environnement forestier : enjeux et perspectives et zone de forêt dense. Abidjan (Côte d'Ivoire), 139 p.

DCGTx/CCT (Direction et contrôle des grands travaux)/Centre de cartographie et de télédétection) (1995) Projet sectoriel forestier – Bilan forêt, carte 1/20 000, Abidjan.

FAO (1999) Situation des forêts du monde. Rome, 170 p.

Guillaumet, J. L. (1979) La végétation in « Atlas de la Côte d'Ivoire ». ORSTOM / IGT, Paris, p. A6a-A6b.

Koli, B.Z. (1992) Population, Agriculture et Environnement dans la sous-préfecture de Soubré. Rapport de la Banque mondiale, Abidjan, 70 p.

Léonard. E. et Oszwald, M. (1994) Une agriculture sans forêt : Transformation de l'environnement et mise en place de systèmes agricoles stables en Côte d'Ivoire forestière. Bulletin du GIDIS-CI, n° 10, p. 10-35.

Léonard, E. et Oszwald, M. (1996) Une agriculture sans forêt : Changements agro-écologiques et innovations paysannes en Côte d'Ivoire. Natures-Sciences-Sociétés, Paris, vol. 4, n° 3, p. 202-216.

Moron, V. (1994) Variabilité des précipitations en Afrique au nord de l'équateur (1933-1990) et relation avec les températures de surface océanique et dynamique de l'atmosphère. Thèse de doctorat, Université de Bourgogne, 219 p. + atlas.

Oszwald, J., Bigot, S. et Brou Yao, T. (2003) Évolution géo-historique de la forêt classée du Haut-Sassandra (Côte d'Ivoire). Actes du XII^{e} Congrès forestier mondial de la FAO, Québec (Canada), 21-28 septembre 2003, FAO, Rome (sous presse).

Parren, M.P.E. and De Graaf, N.R. (1995) The quest for natural forest management in Ghana, Côte d'Ivoire and Liberia. Tropenbos, Serie 13, Wageningen (Pays-Bas), 199 p.

Perraud A. (1979) Les Sols in « Atlas de la Côte d'Ivoire ». ORSTOM / IGT, Paris, p. A5a-A5b.

Pomel, S. et Salomon, J.-N. (1998) La déforestation dans le monde tropicale. Presse Universitaire de Bordeaux, Collection Scieteren, Bordeaux, 144 p.

SODEFOR (Société de développement des forêts) (1989) Projet d'aménagement de la forêt classée du Haut-Sassandra, étude de délimitation. Ministère de l'agriculture et des eaux et forêts de la Côte d'Ivoire, Abidjan, 70 p.

SODEFOR (Société de développement des plantations forestières) (1995) Rapport d'activité de l'année 1995. Abidjan, 61 p.