

Caractérisation de la dynamique de l'occupation du sol sur le bassin versant de la Lobo (Côte d'Ivoire) de 1986 en 2014

[Characterization of land use dynamics in the Lobo watershed (Côte d'Ivoire) from 1986 to 2014]

DEGUY Attoungbré Jean-Philippe¹, KOUASSI Kouakou Hervé², SANTE Natacha¹, N'GO Yao Alexis¹, and GOULA Bi Tié Albert¹

¹Laboratoire Géosciences et Environnement (LGE), UFR Sciences et Gestion de L'environnement (SGE), Université Nangui ABROGOUA (UNA), 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire

²Laboratoire des Sciences et Technologies de l'Environnement, UFR Environnement, Université Jean Lorougnon Guédé, Daloa BP 150 Côte d'Ivoire

Copyright © 2024 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Exploitation of forest areas causes enormous environmental damage. The Lobo watershed belongs to an area with a high agricultural character due to the production of coffee, cocoa and cashew nuts. This basin is subject to strong anthropogenic pressures, so it is necessary to assess the dynamics of land use and its consequences on soil loss in the said basin. In this study, Landsat TM (Thematic Mapper) satellite images from 1986 and OLI (Operational Land Imager) from 2014 were used to produce land cover maps. Results of the land cover dynamics analysis, based on supervised classification by maximum likelihood, show a proliferation of bare soil/habitats, food crops/fallow and perennial crops with high-reflectance with 36.90 %, 188.33 % and 16.81 % respectively, to the detriment of degraded forests (70.51 %) between 1986 and 2014.

KEYWORDS: Land use, Lobo watershed, Côte d'Ivoire.

RESUME: L'exploitation des zones forestières entraîne d'énormes perturbations sur l'environnement. Le bassin versant de la Lobo appartient à une zone à fort caractère agricole du fait de la production du café, du cacao et de l'anacarde. Ce bassin subit de fortes pressions anthropiques, par conséquent, il est nécessaire d'évaluer la dynamique de l'occupation du sol dans ledit bassin. Dans cette étude, les images satellitaires Landsat TM (Thematic Mapper) de 1986 et OLI (Operational Land Imager) de 2014 ont été utilisées pour l'établissement des cartes d'occupation du sol. Les résultats de l'analyse de la dynamique de l'occupation du sol basée sur la classification supervisée par maximum de vraisemblance, montrent une prolifération des sols nus/habitats, des cultures vivrières/jachères et des cultures pérennes à forte réflectance, avec respectivement 36,90 %; 188,33 % et 16,81 % au détriment des forêts dégradées (70,51 %) entre 1986 et 2014.

MOTS-CLEFS: Occupation du sol, bassin versant de la Lobo, Côte d'Ivoire.

1 INTRODUCTION

Le couvert forestier joue un rôle inhibiteur de l'écoulement avec une forte capacité évaporatoire qui facilite de ce fait l'infiltration [1]. Les zones forestières sont parmi les milieux naturels les plus productifs du monde. Les forêts rendent des services économiques très importants, telles l'alimentation en eau, les pêcheries, l'agriculture, la production de bois d'œuvres, les ressources énergétiques. La régression des superficies des forêts conduit à une accélération de l'écoulement de surface,

voire à de fortes crues, et augmentent l'activité érosive dans les bassins versants [2]. Le défrichement des forêts, pour la satisfaction des besoins domestiques, et l'accroissement des terres agricoles ont eu pour conséquence une dégradation grandissante des paysages environnementaux en Côte d'Ivoire [3]. La forte pression foncière qui en résulte aboutit à des modifications profondes du milieu forestier [4] notamment une forte urbanisation, les inondations et l'érosion des terres, représentent des risques environnementaux et sociaux très graves ([5], [6]). Les impacts naturels aux conséquences les plus lourdes concernent plus les zones où la densité de population est très importante [7].

Le bassin versant de la Lobo qui fait l'objet de cette étude est situé dans le domaine forestier de la Côte d'Ivoire et a fait l'objet de plusieurs études. Les études de [8] et [9] sur le bassin versant de la Lobo mettent en évidence les fluctuations hydro-pluviométriques et la disponibilité actuelle et future des ressources en eau. Pour ces auteurs, il y a un déficit pluviométrique compris entre 10 % et 20 % et un excédent hydrométrique depuis 1994. Cette situation suggérerait que l'état de surface subit une forte pression anthropique. Ce qui justifie cette étude qui vise à évaluer la dynamique de l'occupation du sol sur le bassin versant de la Lobo.

2 PRESENTATION DU BASSIN VERSANT DE LA LOBO

Situé au centre-ouest de la Côte d'Ivoire, entre 6°05'W et 6°55'W de longitude Ouest et entre 6°02'N et 7°55'N de latitude Nord, le bassin versant de la Lobo couvre une superficie d'environ 12 723 km². Son lit se développe sur environ 597 km de long (Figure 1).

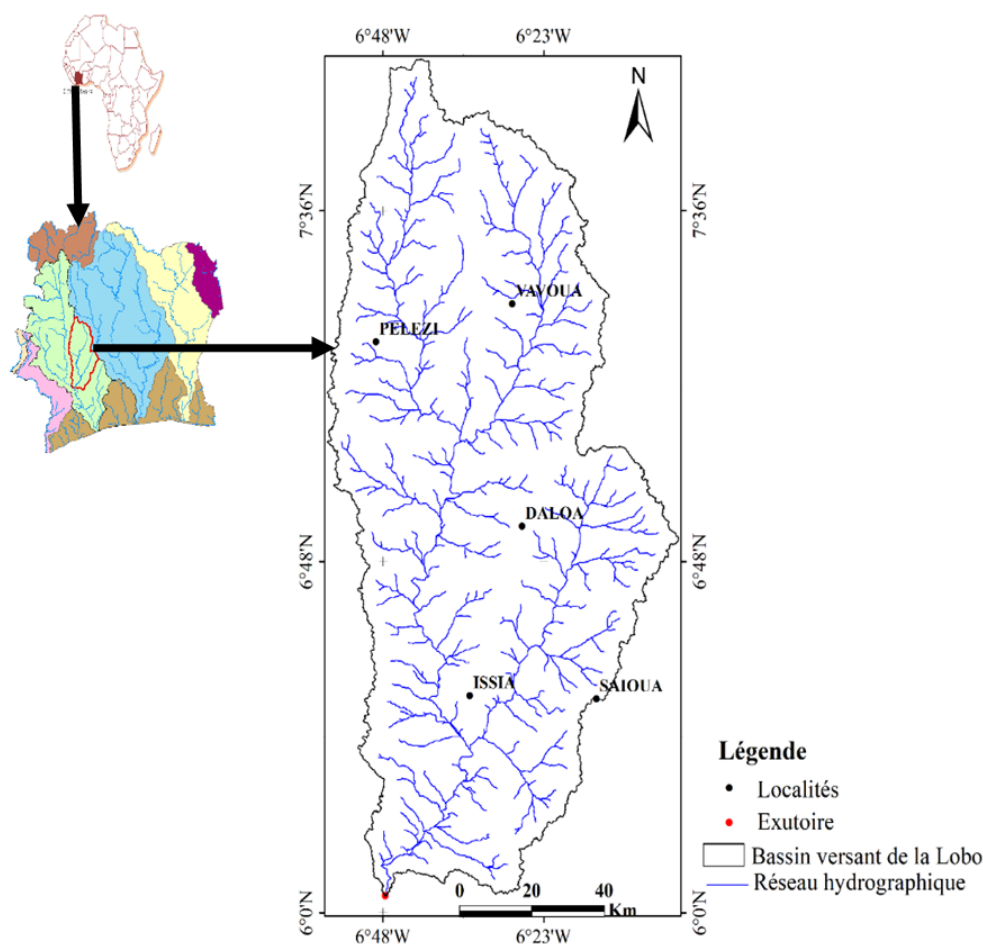


Fig. 1. Localisation du bassin versant de la Lobo

Le relief du bassin de la Lobo est monotone dans son ensemble avec des singularités par endroits. Son altitude varie entre 163 m et 617 m et se présente généralement comme une pénéplaine [10]. Le bassin est composé de deux grands types de relief (Figure 2). Ce sont les plaines et les plateaux.

Les plaines ont une altitude variée entre 160 et 240 m et sont localisées au sud du bassin ou elles correspondent au tracé du cours d'eau. Quant aux plateaux, ils occupent le reste du bassin et présentent des altitudes variant entre 240 et 320 m notamment dans l'extrême nord du bassin, un massif de roches vertes en forme de croissant culmine à environ 617 m d'altitude. Cet ensemble comporte dans l'extrême nord-ouest quelques intrusions de dôme granitique des altitudes entre 400 et 480 m. Des sommets isolés comme les buttes cuirassées dont l'altitude est supérieure parfois à 480 m se distinguent au sein des intrusions granitiques [11].

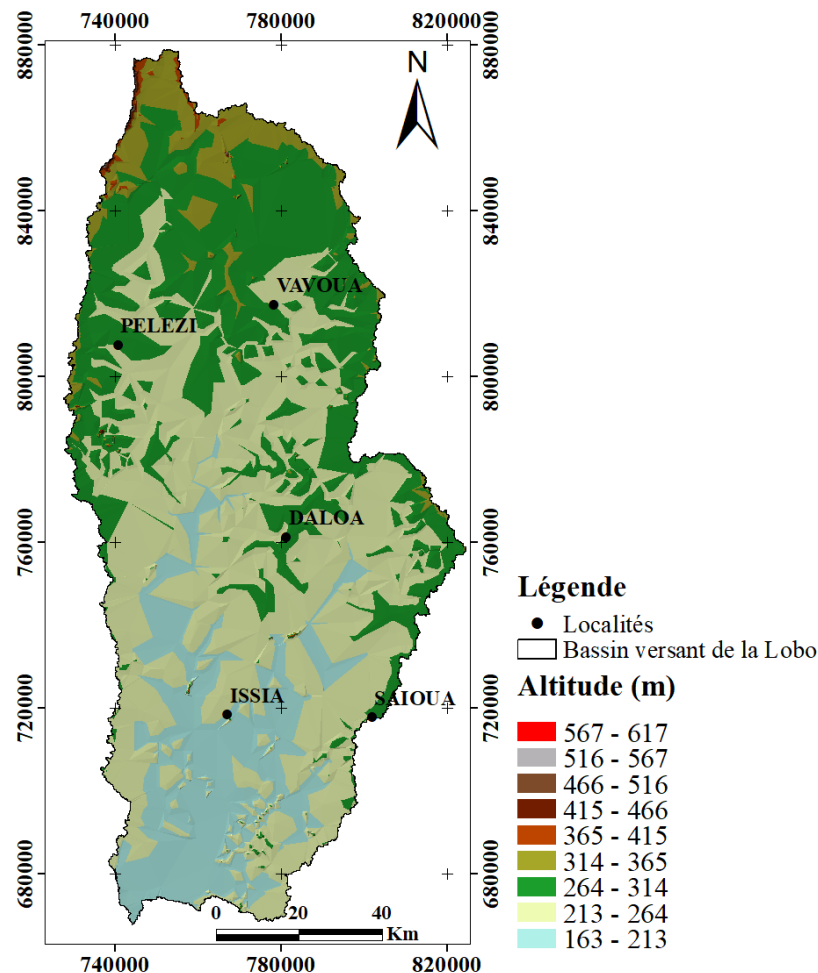


Fig. 2. Relief du bassin versant de la Lobo

3 MATÉRIEL ET MÉTHODES

3.1 MATÉRIEL

Le matériel utilisé est constitué de données pluviométriques, cartographiques, STRM, d'images Landsat et de logiciels (TerrSet, ENVI 4.7). Les scènes utilisées dans cette étude sont 197-55, 197-56, 198-55 des images satellitaires Landsat TM de 1986 et OLI de 2014. Ces images sont enregistrées et corrigées radiométriquement et géométriquement. Le logiciel TerrSet a été utilisé pour la détermination des gains, des pertes et les changements nets de classes de l'occupation du sol à partir de la fonction Land Change Modeler. Le logiciel ENVI 4.7 a permis divers traitements: géo-référencement, analyse multi spectrales, analyse topographique, le traitement des images satellitaires et la numérisation du réseau.

3.2 MÉTHODES

3.2.1 CARTOGRAPHIE DE L'OCCUPATION DU SOL DU BASSIN VERSANT DE LA LOBO

Les images satellitaires constituent une des principales ressources pour la cartographie de l'occupation du sol. Le traitement des images TM et OLI de Landsat de 1986 et 2014 permet de discriminer les types d'occupation du sol de la zone d'étude. Les images téléchargées sont les scènes 198-55, 197-55 et 197-56 des années 1986 et 2014 de Landsat. Plusieurs étapes sont adoptées pour réaliser la carte d'occupation du sol: le prétraitement, la classification et l'évaluation.

Pour cette étude, la classification supervisée par maximum de vraisemblance a été utilisée par ce qu'elle tient compte des données obtenues au cours des sorties de terrain. Cinq classes d'occupation du sol majeures ont été définies (Tableau I). Ces cinq types d'occupations du sol sont représentatifs de l'espace étudié.

Tableau 1. Classes d'occupation du sol choisies pour la zone d'étude

Classes	Description
Eau	Classe est constituée de lacs, de rivières, eaux de surface libre
sols nus/habitats	Zones urbanisées, routes, espaces avec couverture végétale absente ou herbeuse
Forêt dégradée	Espaces couverts par la forêt dégradée
Culture vivrière/ jachère	Surfaces cultivées et les espaces ayant une végétation peu dense, végétation après reprise.
Forêt dense /Culture pérenne	Espaces couverts par une mosaïque de forêt et culture pérenne à forte réflectance

3.2.2 ANALYSE STATISTIQUE DES UNITES DE L'OCCUPATION DU SOL SUR LE BASSIN VERSANT DE LA LOBO

La modification de l'occupation du sol est appréciée par les variations spatio-temporelles des superficies des classes d'occupation du sol entre 1986 et 2015. L'analyse diachronique des images couvrant le bassin versant de la Lobo a permis de mieux apprécier la modification de l'occupation du sol. A partir des statistiques obtenues pour chaque classe d'occupation du sol en pixels, le taux d'évolution de ces classes a été calculé par la relation suivante:

$$T = \frac{V_1 - V_0}{V_0} \times 100 \quad (1)$$

Avec:

T: taux d'évolution de la végétation entre les deux dates d'observation;

V_0 : la proportion de la classe d'occupation du sol prise à l'état initiale et;

V_1 : la proportion de la classe d'occupation du sol prise à l'état final.

3.2.3 ANALYSE DES CHANGEMENTS

L'analyse des changements du couvert végétal est réalisée à partir du logiciel TerrSet. Ce logiciel à été conçu par l'Université Clark au Etats Unis. Le logiciel TerrSet intègre les outils d'analyse des systèmes d'informations géographiques (SIG) et de traitement d'images. L'outil Land Change Modeler (LCM) a été utilisé pour l'évaluation des changements entre les années 1986 et 2014. Cet outil permet une estimation des changements (pertes, gains, changements nets) par la création de graphiques.

4 RESULTATS

4.1 OCCUPATION DU SOL SUR LE BASSIN VERSANT DE LA LOBO

Une analyse des différentes images a permis de mettre en évidence une modification de l'occupation du sol en général et du couvert végétal. Les différents thèmes de l'occupation ont été regroupés en cinq (5) grandes entités qui sont: forêt dense/culture pérenne, forêt dégradée, culture vivrière/jachère, sol nu /habitat et cours d'eau. La carte d'occupation du sol de 1986 obtenue (Figure 3) montre que près de la moitié de la zone d'étude est constituée de forêt dense/culture pérenne soit 41,58 % de la zone d'étude. Cette forêt était une partie de la forêt classée de Dania et du parc de la Marahoué située du côté sud-ouest et sur le réseau hydrographique à l'Est de la zone d'étude. Elle s'étale principalement au Nord, Nord-Ouest, à l'ouest,

à l'Est et au Sud de la zone d'étude. Les cultures pérennes concernent les plantations de café, cacao, anacarde. La forêt dégradée représentait 31,89 % de la zone d'étude soit 4068,49 km². Elles sont fortement représentées au centre ouest du bassin versant de la Lobo. Les cultures vivrières/jachères sont disséminées sur toute la zone d'étude, principalement à l'Ouest, à l'est et au Sud. Les cultures vivrières concernent le riz, le manioc, l'igname et les maraîchères. Elles correspondent à 3,17 % du bassin versant de la Lobo. La classe sols nus/habitats correspond aux habitats construits dans les règles d'urbanisation et des habitats précaires. Il y a également des sols nus. Cette classe couvrait 2 897,10 km² soit 22,90 % de la zone d'étude. Quant au cours d'eau, il vaut 0,46 % de la zone d'étude. Il correspond au réseau hydrographique et aux retenues sur le bassin versant de la Lobo.

La carte d'occupation du sol de 2014 obtenue (Figure 3) montre que la classe forêt dense/culture pérenne représente 48,57 % de la zone d'étude soit 6 178,94 km². Cette classe est en partie constituée de plantations industrielles d'hévéas, d'anacarde et de teck qui ont la même réflectance qu'une forêt naturelle. Elle est disséminée sur tout le bassin versant. Concernant la forêt dégradée, elle correspond à 9,52 % de la zone d'étude. Elle s'étale principalement au Centre Nord et Sud de la zone d'étude. Les cultures vivrières/jachères sont disséminées sur toute la zone d'étude, principalement à l'ouest, à l'est et au sud. Les cultures concernent le riz, l'igname, le manioc et les maraîchères (Figure 4). Cette classe correspondait à 9,14 % du bassin versant de la Lobo soit 1163,02 km². 31,35 % de la zone d'étude est constituée de sol nu/habitat soit 3 989,60 km². Il y a également des sols nus. Ils peuvent également comprendre les terrains en cours de lotissement ou en construction. Cette classe est représentée sur tout le bassin versant de la Lobo. Les cours d'eau représentaient 1,42 % du bassin versant de la Lobo.

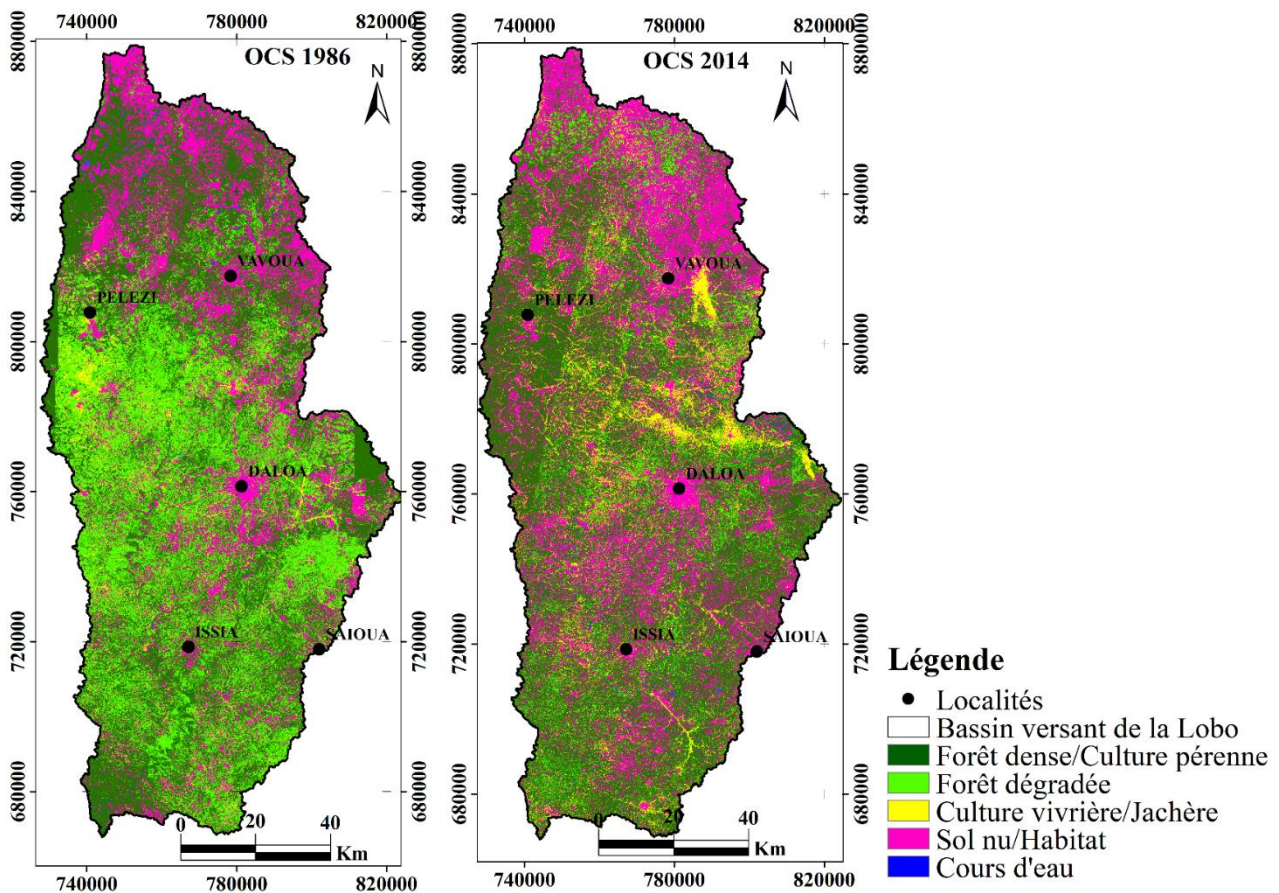


Fig. 3. Carte d'occupation du sol de 1986 et 2014

4.2 DYNAMIQUE DE L'OCCUPATION DU SOL DANS LE BASIN VERSANT DE LA LOBO

La figure 4 présente la dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de la Lobo entre 1986 et 2014. Deux tendances sont mises en évidence (une régression et une progression). L'analyse la figure 4 montre une régression de la classe forêt dégradée de 70,51 %. A l'opposé, on remarque une progression des classes: forêt dense /culture pérenne (16,81 %), culture vivrière/jachère (188,33 %), sol nu/habitat (36,90 %) et cours d'eau (208,70 %).

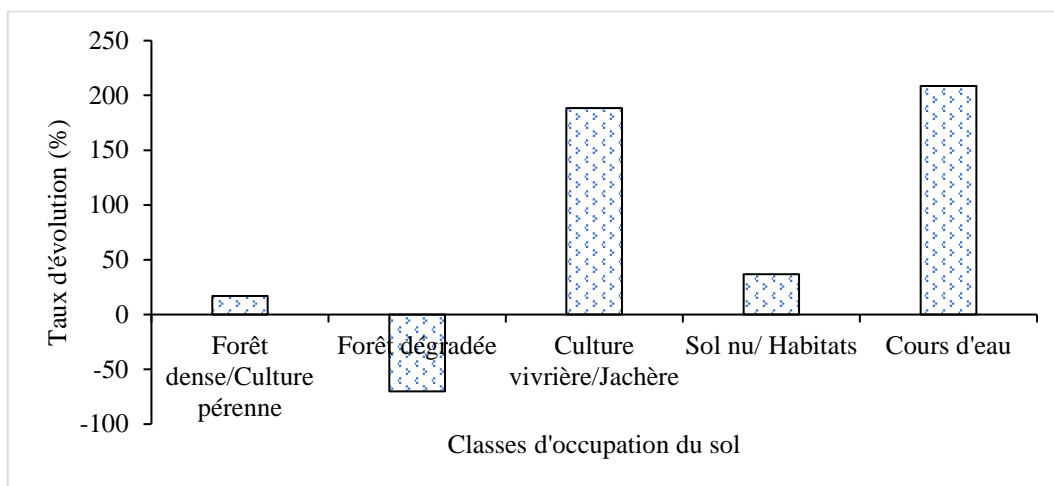


Fig. 4. Evolution de l'occupation du sol entre 1986 et 2014

Les modifications de l'occupation du sol sont assez nettes et se traduisent de façon qualitative et quantitative par les changements dans l'espace géographique et l'évolution des superficies figure 4 et figure 5.



Fig. 5. Dégradation du sol au profit de l'agriculture à Dema (département de Vavoua) (Deguy, Août 2017)

4.3 ANALYSE DES CHANGEMENTS D'OCCUPATION DU SOL AVEC LCM ENTRE 1986 ET 2014

Les pertes et les gains des classes d'occupation du sol entre 1986 et 2014 sont illustrés à la figure 6. En prenant en compte les pertes et les gains des différentes classes d'occupation du sol pendant la période 1986-2014, les cours d'eau ont réalisé un gain de 0,60 % de leur surface. La classe des sols nus/habitats a gagné 5,25 % sur le bassin versant de la Lobo. Quant à la classe culture vivrière/jachère, elle a fait un gain de 3,72 %. Concernant la forêt dégradée, elle a perdu 13,91 % sur le bassin versant de la Lobo. Sur la même période, la forêt dense/culture pérenne a fait un gain de 4,34 %.

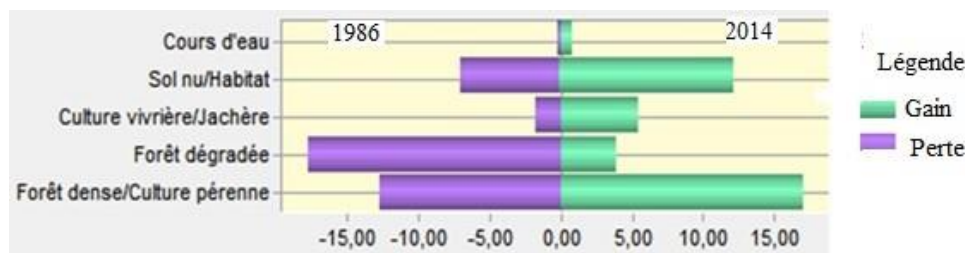


Fig. 6. Gains et perte des classes d'occupation du sol entre 1986 et 2014 (%)

Les transformations des différentes classes d'occupation du sol entre 1986 et 2014 sont représentées à la figure 7. Cette figure met en évidence les pertes, les persistances et les gains des différentes classes d'occupations du sol sur le bassin versant de la Lobo. La figure 7 A représente les transformations réalisées au cours de la période 1986-2014 par la classe sol nu/habitat. Les pertes en sol nu/habitat sont prononcées à l'est, au nord et sud du bassin versant de la Lobo. Quant aux gains, ils se situent au nord-ouest, nord-est et au sud pour cette classe. Concernant les persistances, elles sont au niveau des localités. La figure 7 B montre les transformations subies de la classe culture vivrière/jachère au cours de la période 1986-2014. Les pertes en culture vivrière/jachère sont plus visibles à l'ouest et disséminées au sud. Les gains sont plus perceptibles au nord, à l'est et au sud (Figure 7 B). La figure 7 C met en évidence les transformations de la forêt dense/culture pérenne pendant la période 1986-2014. Les forêts denses/cultures pérennes ont disparu à l'ouest et à l'est. Cette classe a gagné le centre du bassin versant de la Lobo en 2014 (Figure 7 C). Les transformations de la classe forêt dégradée au cours de la période 1986-2014 sont illustrées par la figure 7 D. Les pertes en forêt dégradée sont visibles au centre, au sud et à l'ouest du bassin versant de la Lobo.

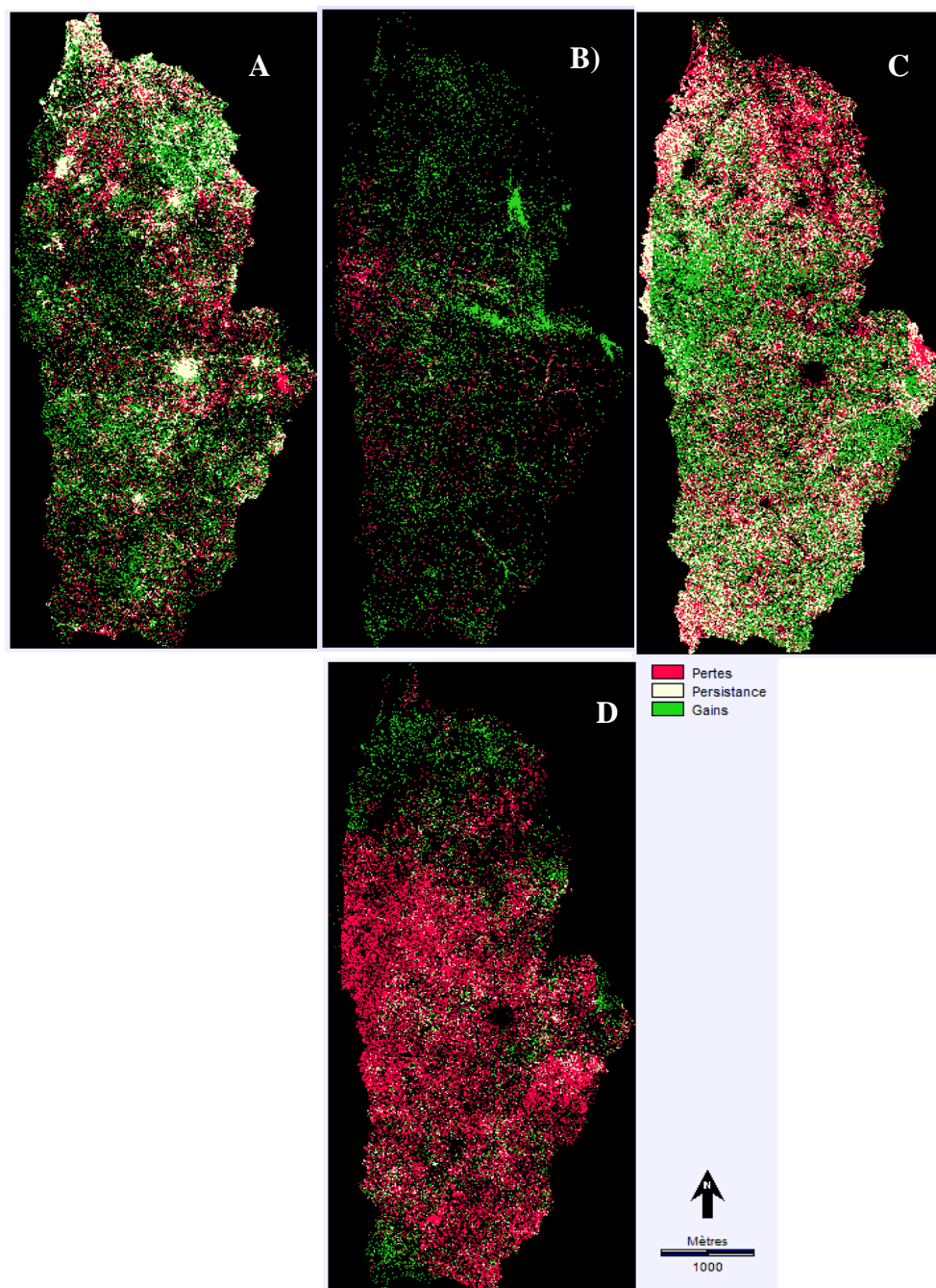


Fig. 7. Transformation des classes d'occupation du sol entre 1986 et 2014: A) Sol nu/Habitat, B) Culture vivrière/Jachère, C) Forêt dense/Culture pérenne, D) Forêt dégradée

La figure 8 montre les changements nets entre les différentes classes d'occupation du sol. La classe forêt dégradée a perdu 317 ha. Les classes cours d'eau, sol nu/habitat, culture vivrière/jachère et forêt dense/culture pérenne ont acquis en superficie respectivement 14 ha, 120 ha, 84 ha et 99 ha.

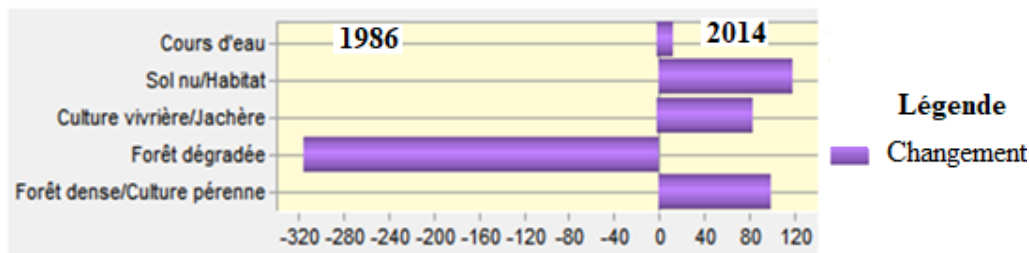


Fig. 8. Analyse des changements nets par classe d'occupation du sol entre 1986 et 2014

5 DISCUSSION

La précision globale des différentes cartes d'occupation du sol est respectivement de 98,20 et 99,96 % pour 1986 et 2014 avec des coefficients kappa de 0,97 et 0,99. Les différents types d'occupation du sol de la zone d'étude sont les sols nus/habitats, les plans d'eau et une couverture végétale (forêts dégradées, jachère, plantations d'hévéa, de cacao, d'anacarde). Le bassin versant de la Lobo est hautement anthropisé, car les sols nus occupent entre 22 % et 31% de la zone d'étude. Il y a une prolifération des cultures vivrières /jachères et des forêts denses/cultures pérennes. La forte conversion des forêts dégradées en sols nus/habitats durant la période 1986 - 2014 est constatée. Cette situation est due à une forte colonisation agricole par les migrants de l'ancienne boucle de café-cacao venus de l'est de la Côte d'Ivoire [12]. Par ailleurs, l'utilisation des feux -de brousse pour une agriculture extensive [10], l'exploitation abusive du bois et la création des plantations favorisent cette conversion. Cette colonisation accrue contribue à l'augmentation des pertes de sol [13].

La dynamique de l'occupation du sol révèle que de 1986 à 2014, la forêt dégradée a connu une régression de 70,51 %. Les sols nus/habitats, forêts denses/cultures pérennes, des cultures vivrières/jachères et et cours d'eau ont progressés respectivement de 36,90 %; 16,81 %, 188,33 % et 208,70 %. Cette progression de la superficie des unités anthropisées entre 1986 et 2014 serait liée d'une part à l'augmentation de la population dans le secteur d'étude et d'autre part à une demande croissante des terres agricoles [14]. En effet, de 1986 en 2014, la densité moyenne de la population du bassin versant de la Lobo est passée de 26 à 57 hbs/km² soit une progression de 119,23 % [15]. La diminution des forêts dégradées seraient liée à l'augmentation des sols nus/habitats, des zones de cultures vivrières/jachères et cultures pérennes ayant une réflectance de forêt dans la zone d'étude [16] et [17]. L'entrée de nouveaux produits agricoles comme l'hévéa et l'anacarde, qui sont des cultures de rente très peu exigeantes en eau.

6 CONCLUSION

La dynamique de l'occupation du sol indique une augmentation des classes sols nus/habitats, cultures vivrières/jachères, forêts denses /cultures pérennes et cours d'eau (208,70 %) respectivement de 36,90 %; de 16,81 % et de 188,33 % au détriment des forêts dégradées (70,51 %).

Pendant la période 1986-2014, les différentes classes d'occupation du sol ont subi des pertes et les gains. Les gains sont perçus au niveau des cours d'eau (0,60 %), des sols nus/habitats (5,25 %), des cultures vivrières/jachères (3,72 %) et la classe des forêts denses/cultures pérennes 4,34 %. Concernant la classe forêt dégradée, elle a perdu 13,91 % sur le bassin versant de la Lobo sur la même période. Concernant les changements nets entre les différentes classes d'occupation du sol, la classe forêt dégradée a perdu 317 ha. Les classes cours d'eau, sol nu/habitat, culture vivrière/jachère et forêt dense/culture pérenne ont acquis en superficie respectivement 14 ha, 120 ha, 84 ha et 99 ha.

RECONNAISSANCE

Au terme de cette étude, nous remercions vivement le Laboratoire Géosciences et Environnement de l'Université Nangui ABROGOUA, ainsi que le Laboratoire des Sciences et Technologie de l'Environnement de l'Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa pour leur contribution dans ce travail.

REFERENCES

- [1] Rey F., Ballais J. L., Marre A. et Rovera G. (2004). Rôle de la végétation dans la protection contre l'érosion hydrique de surface. *Comptes rendus géoscience*, 336 (11): 991-998.
- [2] Koua J. J. T., Anoh A. K., Soro D. T., Kouame J. K. et Jourda R. J. P. (2019). Evaluation of Agricultural Practices Scenarios for Reducing Erosion in Buyo Lake Catchment (Sassandra; Côte d'Ivoire) by Use of GIS. *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 7 (7): 154-171.
- [3] Kouadio Z. A., N'go Y. A., Djè K. B., Adou K. P. X., Goula B. T. A. et Savané I. (2018). Spatial Analysis of Erosive Runoff in the Mé Watershed (Côte d'Ivoire). *Journal of Water Science & Environment Technologies*, 3 (02): 376-382.
- [4] Brou Y. T (2010). Risques climatiques, pressions foncières et agriculture en Côte d'Ivoire. Global change: Facing risks and Threats to Water Resources (Proc. Of the sixth World FRIEND Conference, Fez, Morocco, October 2010). Publications - *International Association of Hydrological Sciences*, 340: 320-326.
- [5] Bouguerra S. A. (2018). Quantification Et Modelisation Du Transport Solide En Climat Semi-Aride, Cartographie Du Risque D'érosion Hydrique Au Moyen D'un Sig: *Cas Des Deux Bassins Versants Oued Boukiou Et Oued Boumessaoud (NW De L'algerie)*, Thèse Doctorat Université ABOUBEKR BELKAID, TLEMCCEN, 165p.
- [6] Koutoua A. J-P. (2019). Planification urbaine et développement du grand Abidjan: cas des villes d'Anyama, de Bingerville et de grand-Bassam, Thèse Université Felix Houphouët Boigny (Abidjan-Cocody), 353p.
- [7] Mulot V., Vignerot A. L. et Lambert-Hadid M. L. (2010). Le littoral face aux changements climatiques. La gestion des risques de submersion marine. *Méditerranée. Revue géographique des pays méditerranéens/Journal of Mediterranean geography*, (115), 131-137.
- [8] Yao A. B., Goula B. T. A., Kouadio Z. A., Kouakou K. E., Kane A. et Sambou S. (2012). Analyse de la variabilité climatique et quantification des ressources en eau en zone tropicale humide. Cas du bassin versant de la Lobo au Centre-Ouest de la Côte d'Ivoire, *Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies*, 19: 136-157.
- [9] Yao A. B. (2015). Evaluation des potentialités en eau du bassin versant de la Lobo en vue d'une gestion rationnelle (Centre Ouest de la Côte d'Ivoire), Thèse Unique de Doctorat de l'Université Nangui-Abrogoua, Côte d'Ivoire, 225p.
- [10] Avenard J. M. (1971). Aspect de la géomorphologie in Avenard J. M., Eldin M., Girard G., Sircoulon J., Touchebeuf P., Guillaumet J. L., Adjanohoun E. et Perraud A. (Eds.): Milieu naturel de Côte d'Ivoire. *Mémoire ORSTOM*, Paris, France, (50): 8-73.
- [11] Ibo G. J. (2007). Fronts pionniers et retraits de terres: points de vue sur la sécurisation du foncier en Côte d'Ivoire. *GEOTROPE, Revue de l'Institut de Géographie*, (1): 3-19.
- [12] N'Go Y. A. (2015). Hydrologie et dynamique de l'état de surface des terres dans le sud-ouest de la Côte d'Ivoire: impacts et moteurs de dégradation. Thèse de doctorat D'État Ès-Sciences Naturelles, 220 p.
- [13] Eblin S.G., Yao A.B., Anoh K.A. et Soro N. (2017). Cartographie de la vulnérabilité multifactorielle aux risques d'érosion hydrique des sols de la région d'Adiaké, sud-est Côtier de la côte d'ivoire. *Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 30: 197-216. <http://www.revist.ci>.
- [14] Akognongbe A., Abdoulaye D., Vissin, E. W. et Boko, M. (2014). Dynamique de l'occupation du sol dans le bassin versant de l'Oueme à l'exutoire de Bétérou (Bénin), *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 10 (2): 228 – 242.
- [15] Deguy Attoungbré Jean-Philippe (2021): Evaluation de la vulnérabilité à l'érosion hydriques des sols du bassin versant de la Lobo (Cote d'Ivoire): Approche par modélisation. Thèse de Doctorat Unique, Université NANGUI ABROGOUA, UFR Sciences et Gestions de l'Environnement, 194p.
- [16] Kouassi K. H., Koua T. J. J., Zro B. G. F. et N'Go Y. A. (2020). Contribution of a Geographical Information System to the study of soil erosion by water in the watershed of the hydro-agricultural dam of Babadou (Côte d'Ivoire). *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 28 (2): 458-467.
- [17] N'Go Y. A., Kouadio Z. A., Deguy A. J-P., Hien S. A., Goula B. T. A. and Savané I. (2018). Influence de la dynamique de l'occupation du sol sur la quantité de perte de sol au sud du bassin versant du Sassandra (Côte D'Ivoire). *International Journal of Advanced Research*, 6: 830-838. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/691>.