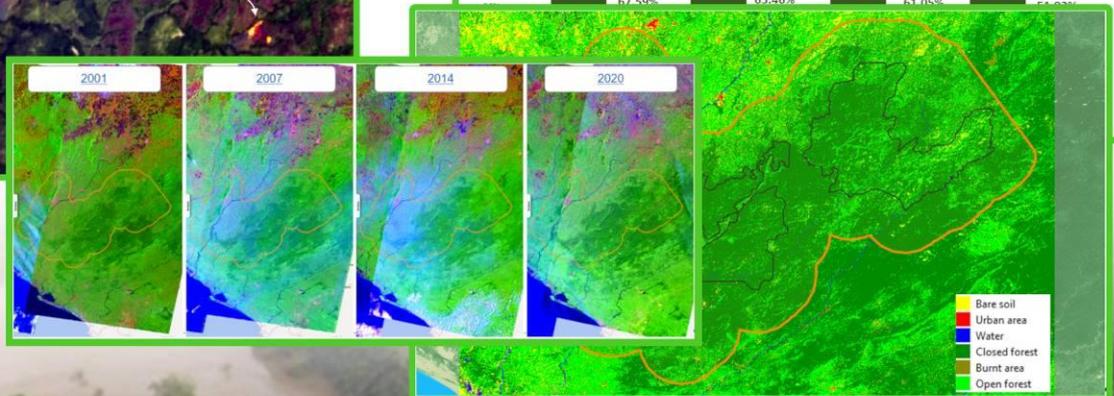
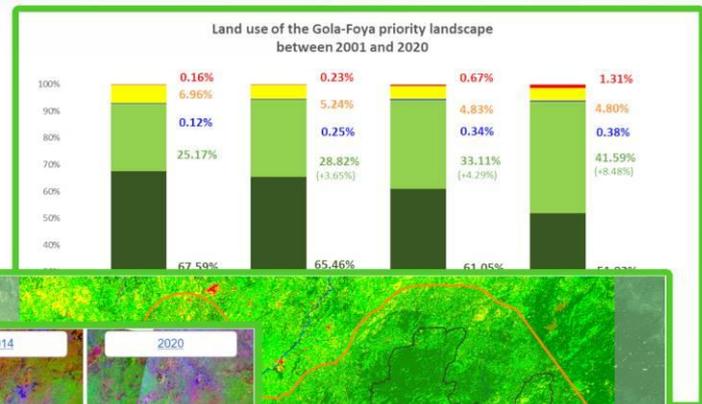
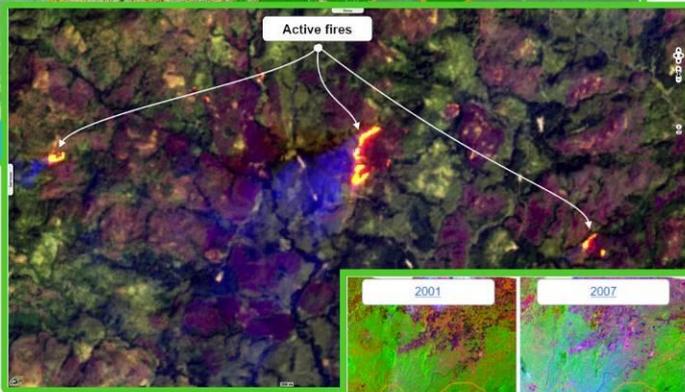
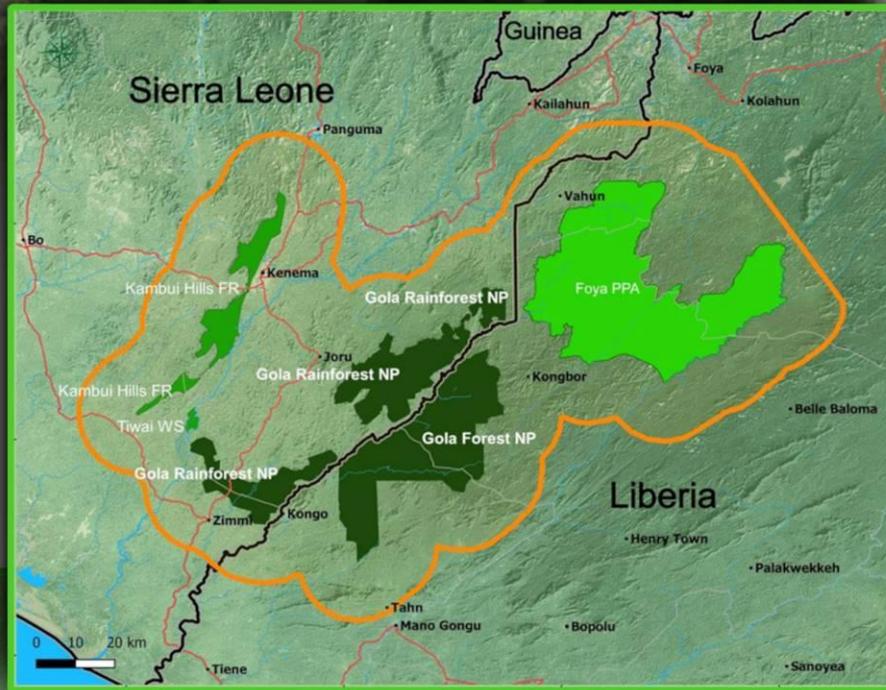


Paysage prioritaire Gola-Foya



Le paysage de Gola-Foya, partagé entre la Sierra Leone et le Libéria, abrite de vastes étendues de forêt dense humide. C'est une zone importante de conservation, protégeant plus de 60 espèces menacées dont le céphalophe zèbre, de nombreux primates et l'éléphant de forêt. Cette forêt a un rôle primordial pour atténuer l'impact des changements climatiques. BirdLife et ses partenaires travaillent avec les communautés et l'administration locale pour développer des moyens de subsistance durables et améliorer la gestion des aires protégées.

Le paysage englobe le parc national Gola Rainforest, le parc national Gola Forest, la réserve forestière Kambui Hills, le sanctuaire de faune Tiwai et l'aire protégée proposée Foya (voir le programme [PAPFor](#)).

Ce document montre l'évolution de l'occupation du sol dans le paysage entre 2001 et 2020 en utilisant des images satellitaires optiques Landsat-5/7/8. L'étude donne aussi des exemples de déforestation, de feux actifs et d'aires brûlées détectés par les satellites Sentinel du programme européen Copernicus.



Evolution de l'occupation du sol dans le paysage prioritaire de Gola-Foya

[2D_layer_stack](#)

Fig.1: Carte du paysage prioritaire de Gola-Foya.

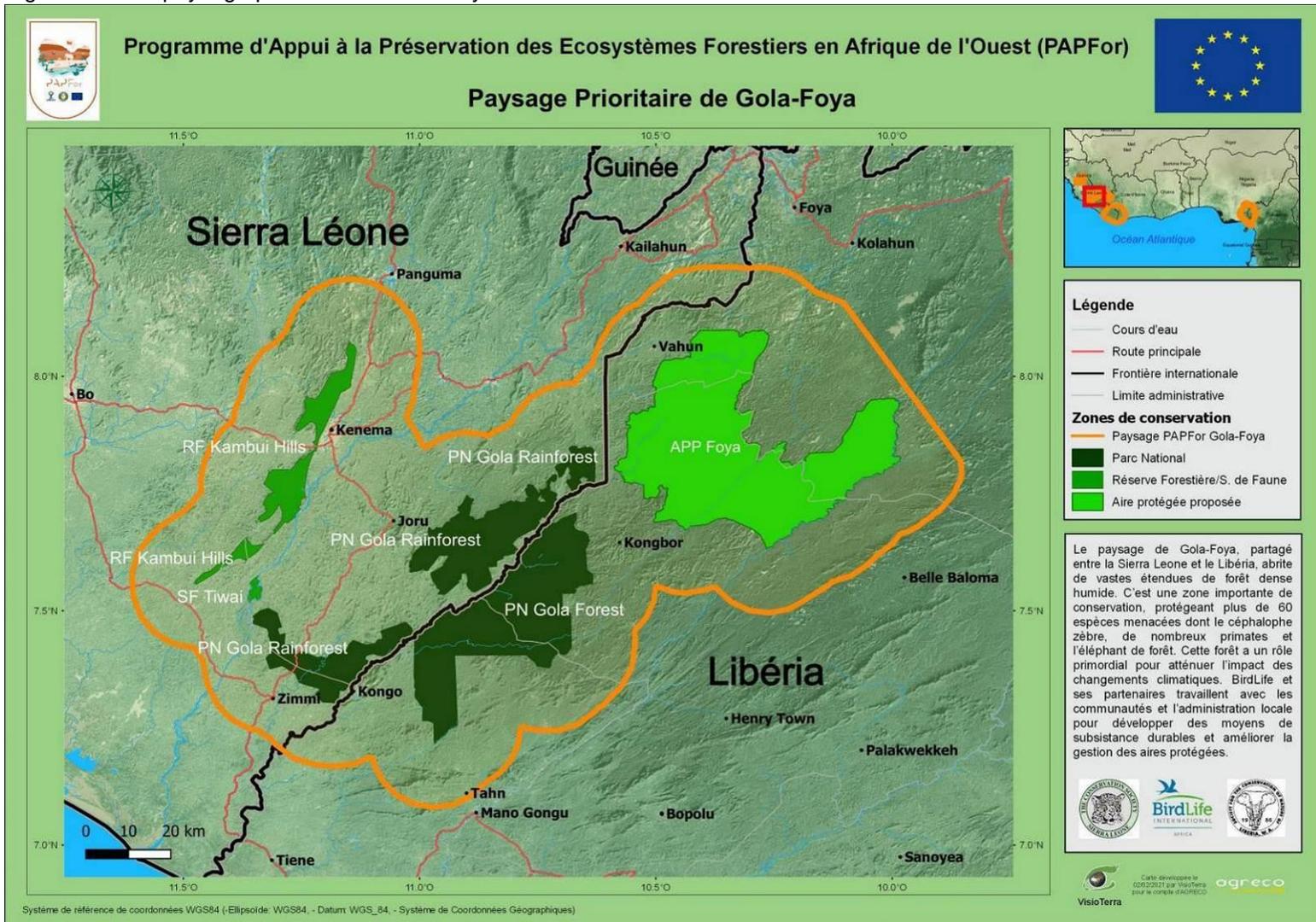
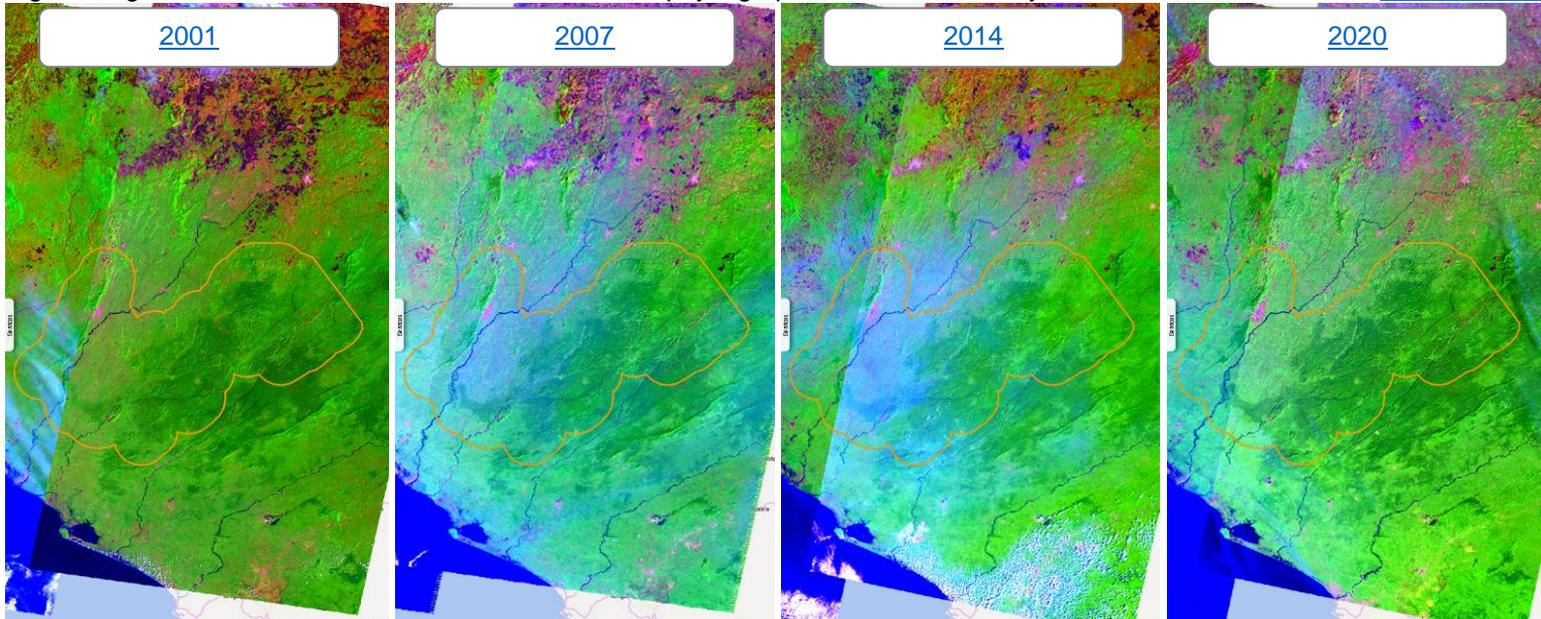


Fig.2: Images Landsat de 2001, 2007, 2014 et 2020 du paysage prioritaire de Gola-Foya.

[animation_2D](#)



La classification de 2001 (Fig.3) a été calculée à partir d'images Landsat-7.

Les classes d'occupation du sol utilisées sont :

- Sol nu
- Bati
- Eau
- Forêt
- Aire brûlée
- Forêt dégradée

La classification de 2007 (Fig.4) a été calculée à partir d'images Landsat-5.

Entre 2001 et 2007, on peut constater une dégradation de la forêt à l'ouest du paysage avec une extension urbaine de la ville de Kenema. Cependant, le couvert forestier de l'ensemble des aires protégées du paysage semble préservé.

Occupation du sol du paysage prioritaire de Gola-Foya en 2001 et 2007

Fig.3: Carte d'occupation du sol de Gola-Foya en 2001.

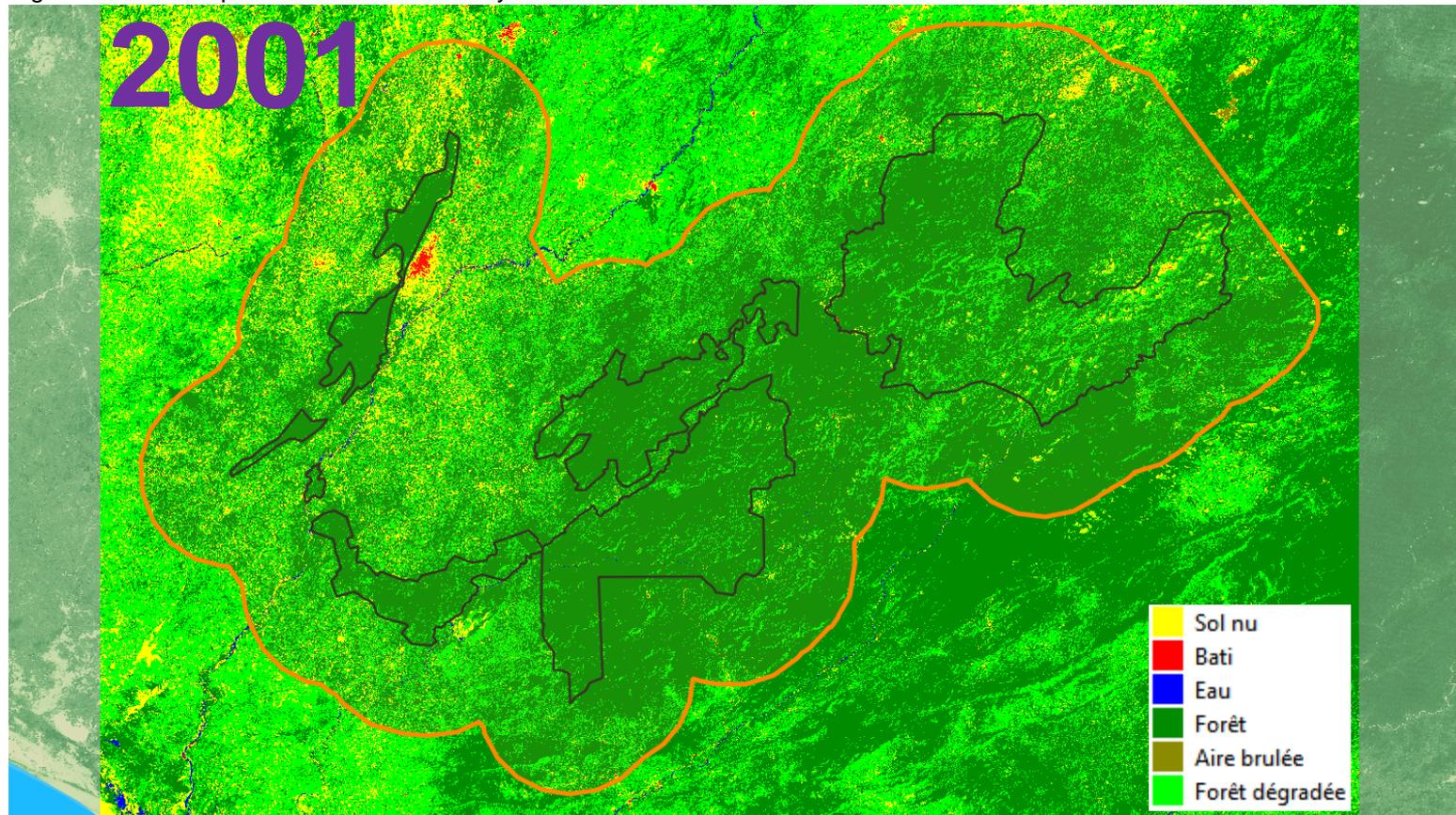
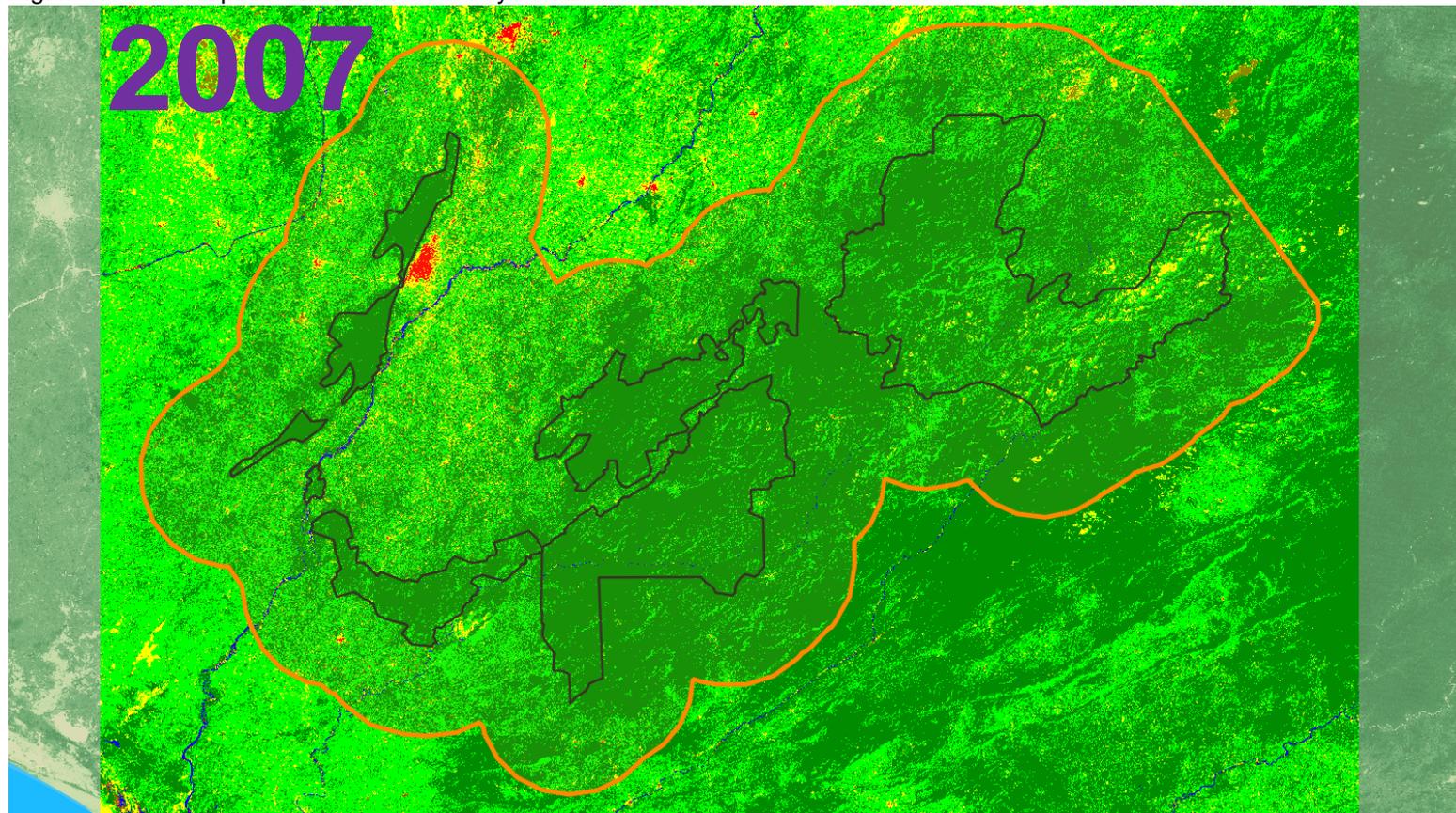


Fig.4: Carte d'occupation du sol de Gola-Foya en 2007.



La classification de 2014 (Fig.5) a été calculée à partir d'images Landsat-8. La classification de 2020 (Fig.6) a elle aussi été calculée à partir d'images Landsat-8.

La comparaison des deux classifications souligne une nette déforestation entre 2014 et 2020 dans le paysage en dehors des aires protégées pour lesquelles le couvert forestier demeure préservé. On note néanmoins une faible diminution de la forêt dans l'aire protégée proposée (APP) de Foya.

On constate aussi une expansion urbaine prononcée de la ville de Kenema.

Occupation du sol du paysage prioritaire de Gola-Foya en 2014 et 2020

Fig.5: Carte d'occupation du sol de Gola-Foya en 2014.

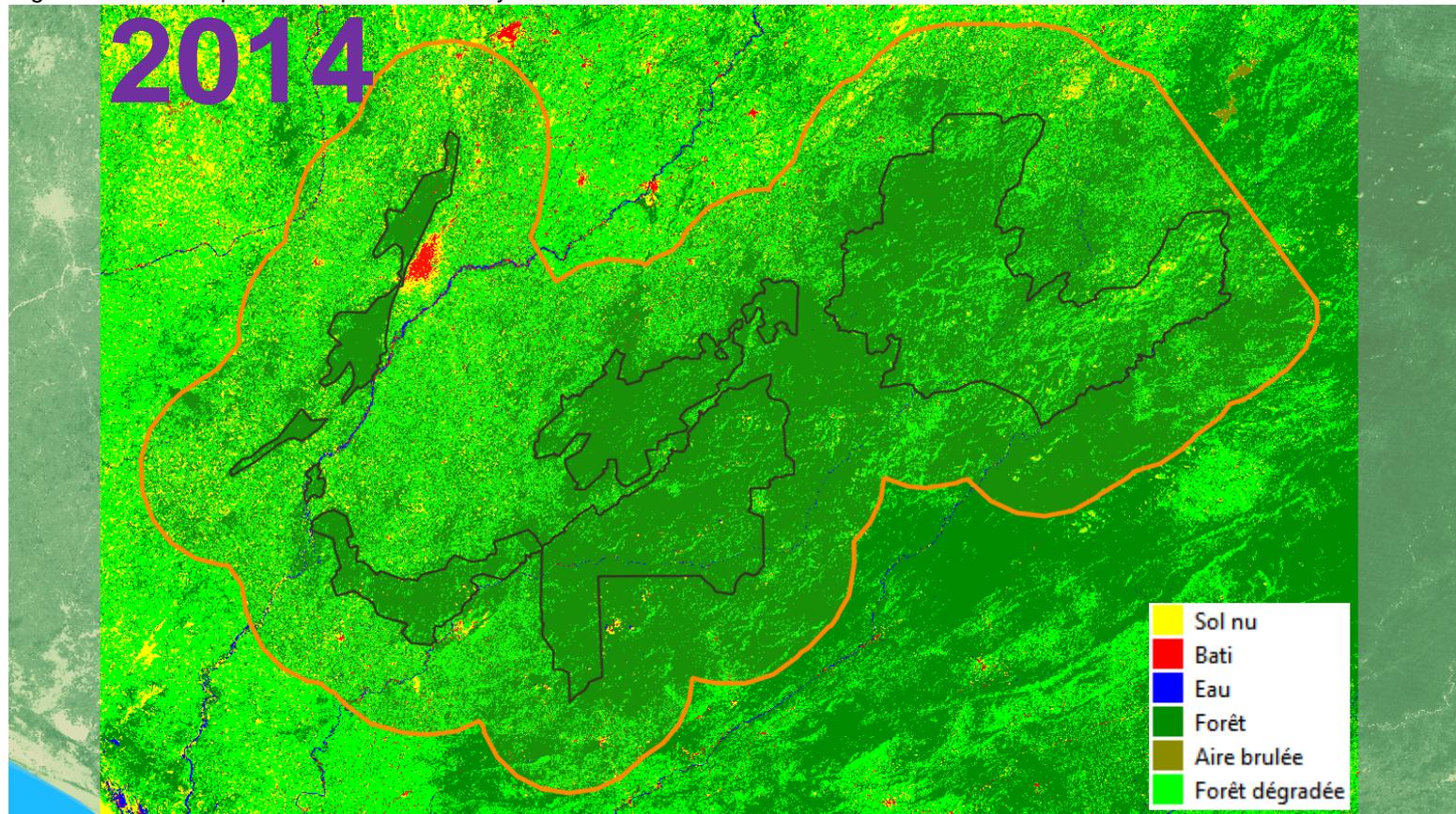
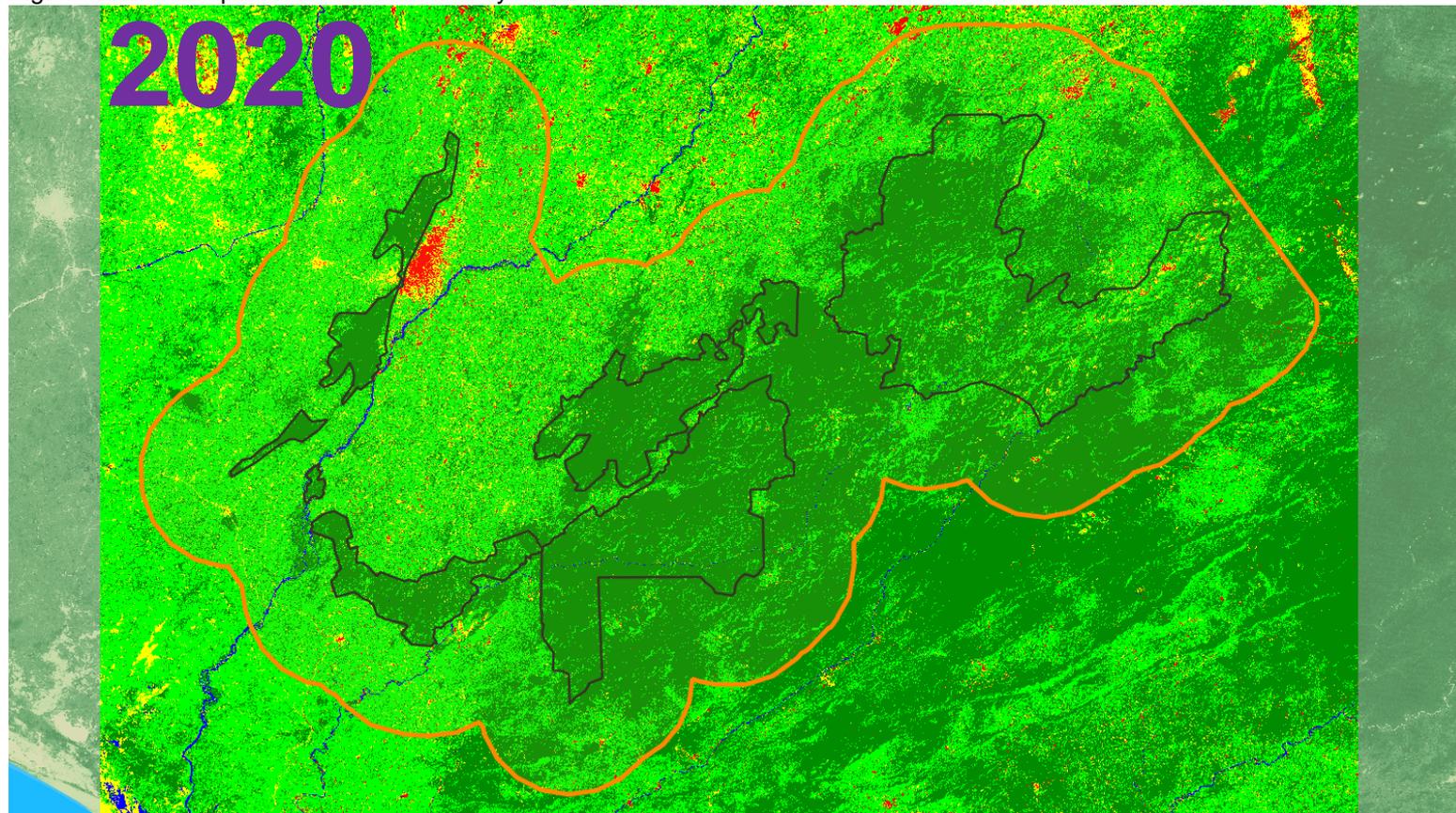


Fig.6: Carte d'occupation du sol de Gola-Foya en 2020.



Dans ce qui suit (pages 4 à 8), on calcule les statistiques pour les différentes étendues spatiales -paysage entier, -parcs nationaux, -réserves forestières et -aire protégée proposée.

Fig.8 montre l'évolution des différentes classes d'occupation du sol dans le paysage prioritaire de Gola-Foya (Fig.7) de 2001 à 2020.

On constate que le couvert forestier a subi une dégradation progressive entre 2001 et 2020. Cette croissance suit une loi exponentielle d'un facteur 2. On observe une perte de 2.13% durant la période 2001-2007, une perte de 4.41% durant la période 2007-2014 et une perte de 9.13% durant la période 2014-2020.

L'expansion urbaine suit elle aussi une croissance exponentielle avec des statistiques de 0.16% (2001), 0.23% (2007), 0.67% (2014) et 1.31% (2020).

Evolution de l'occupation du sol dans le paysage de Gola-Foya

Fig.7: Vue intégrale du paysage prioritaire de Gola-Foya montrant l'étendue sur laquelle les statistiques ont été calculées.

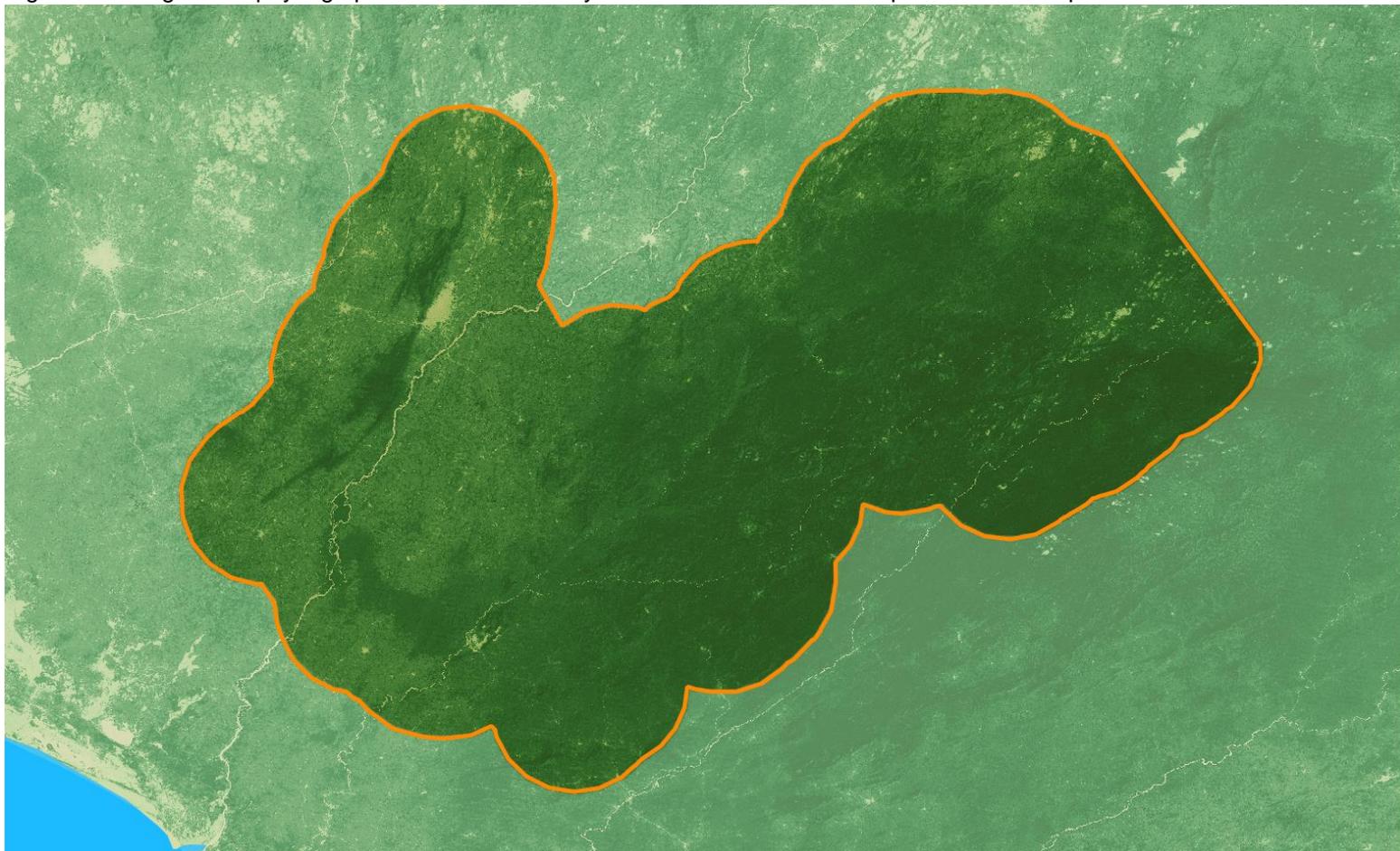


Fig.8: Evaluation de l'occupation du sol du Paysage Prioritaire pour la Conservation (PPC) de Gola-Foya en 2001, 2007, 2014 et 2020 (statistiques calculées sur le paysage entier).

L'occupation du sol du paysage prioritaire Gola-Foya entre 2001 et 2020

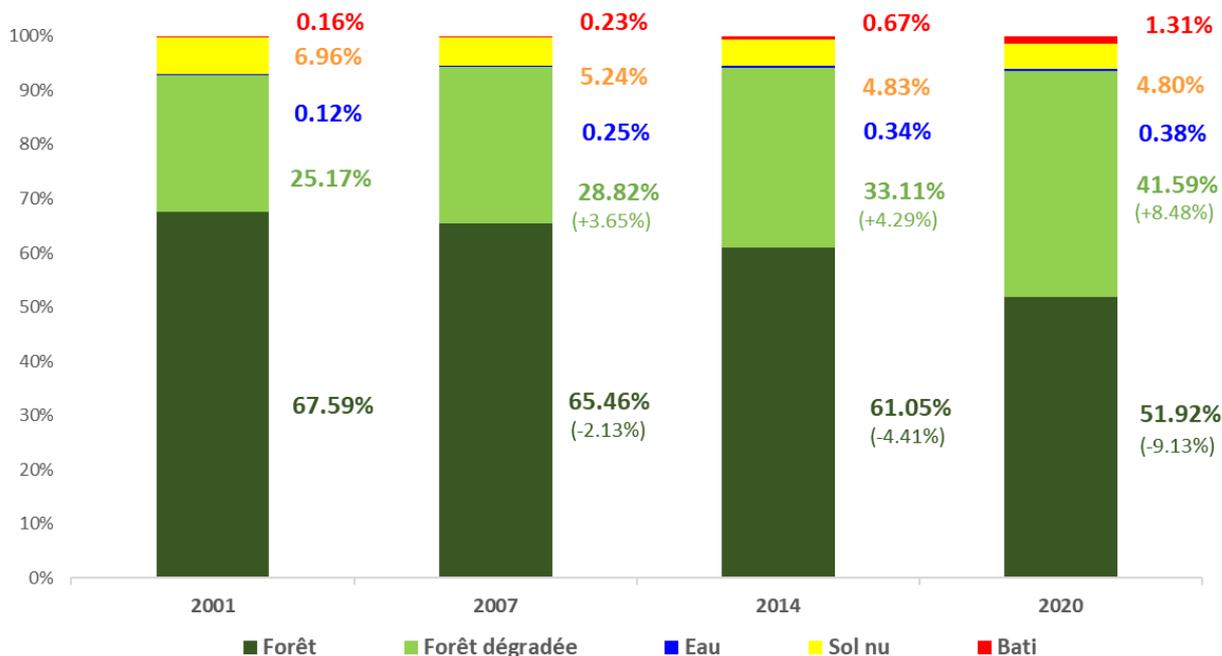


Fig.10 montre l'évolution des différentes classes de l'occupation du sol dans les deux parcs nationaux (le parc national *Gola Rainforest* et le parc national *Gola Forest*) du paysage prioritaire de Gola-Foya (Fig.9) entre 2001 et 2020.

Ces parcs nationaux sont essentiellement occupés par la forêt (environ 90%).

On peut constater que ce couvert forestier a été préservé entre 2001 et 2020 avec de faibles pertes de : **0.19%** durant la période 2001-2007, **0.64%** durant la période 2007-2014 et **0.65%** durant la période 2014-2020.

On observe néanmoins quelques établissements humains récents dans le parc national Gola Forest.

Evolution de l'occupation du sol dans les parcs nationaux du paysage de Gola-Foya

Fig.9: Vue des parcs nationaux du paysage prioritaire de Gola-Foya.

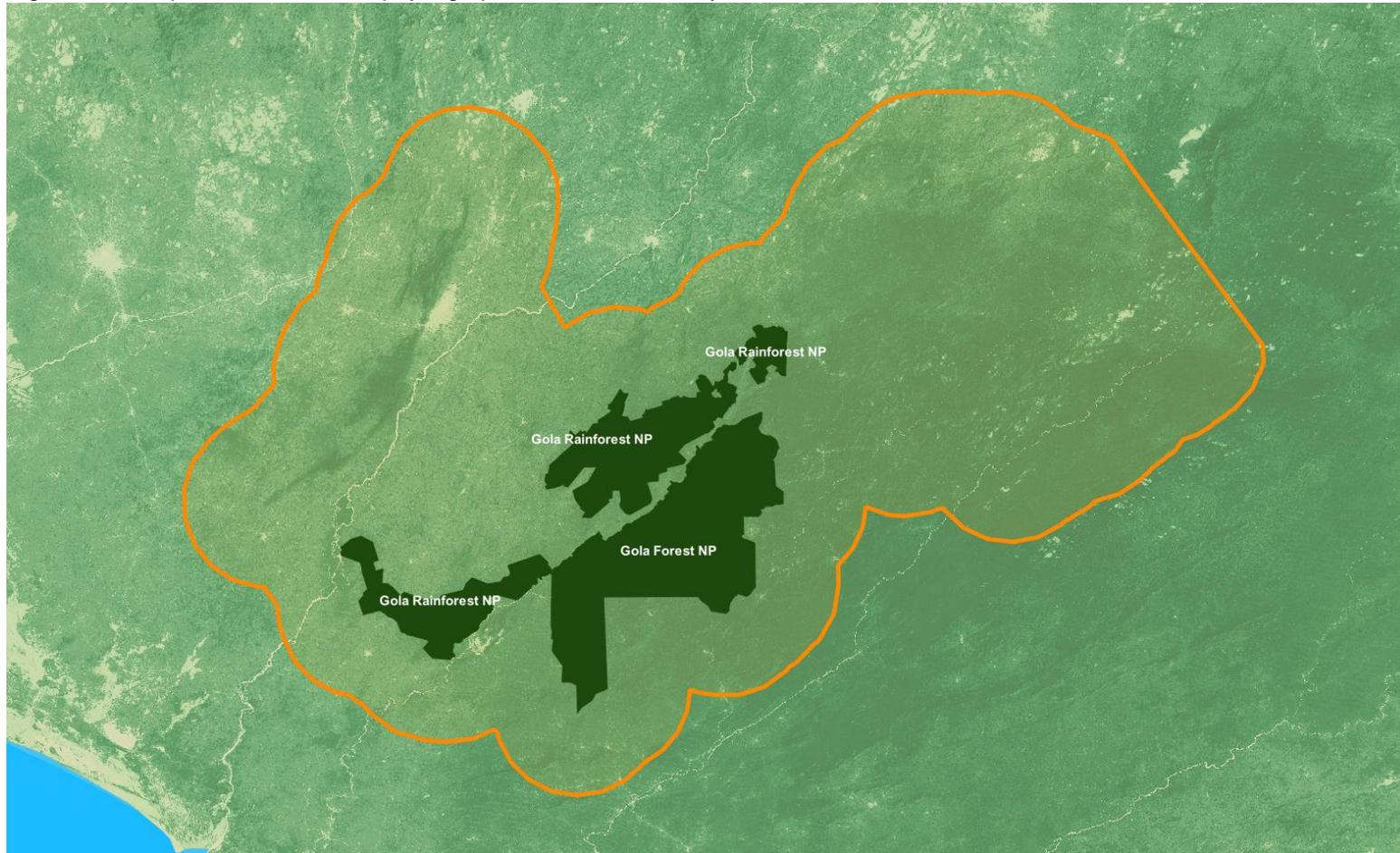


Fig.10: Evaluation de l'occupation du sol des parcs nationaux du paysage prioritaire de Gola-Foya en 2001, 2007, 2014 et 2020 (statistiques calculées sur l'emprise montrée en Fig.9).

L'occupation du sol des parcs nationaux du paysage prioritaire Gola-Foya entre 2001 et 2020

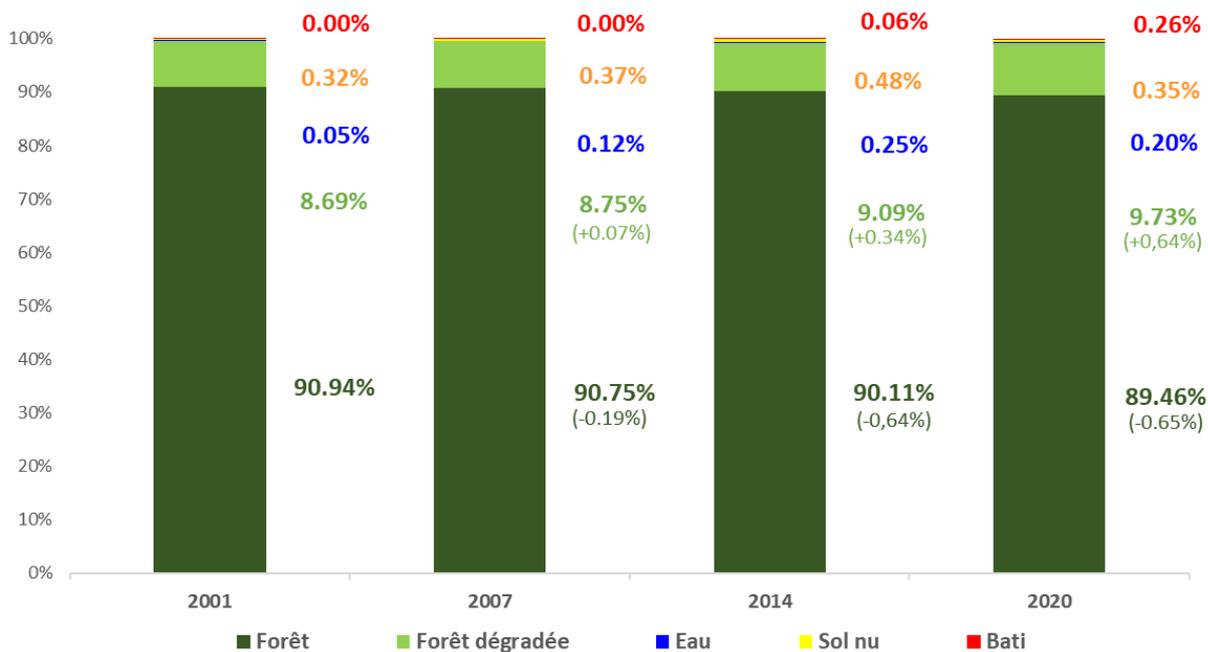


Fig.12 montre l'évolution des différentes classes de l'occupation du sol dans la réserve forestière Kambui Hills et le sanctuaire de faune Tiwai du paysage prioritaire de Gola-Foya (Fig.11) entre 2001 et 2020.

Ces réserves forestières sont elles aussi essentiellement occupées par la forêt (environ 90%).

On peut constater que le couvert forestier a subi une dégradation progressive entre 2001 et 2014 avec une accélération entre 2014 et 2020. En effet, les pertes du couvert forestier s'établissent à 1.13% durant la période de 2001-2007, 2.74% durant la période 2007-2014 et 6.61% durant la période 2014-2020.

Ces pertes sont plus prononcées que celles observées dans les parcs nationaux (voir Fig.9 et Fig.10).

Evolution de l'occupation du sol dans les réserves forestières du paysage de Gola-Foya

Fig.11: Vue des réserves forestières du paysage prioritaire de Gola-Foya.

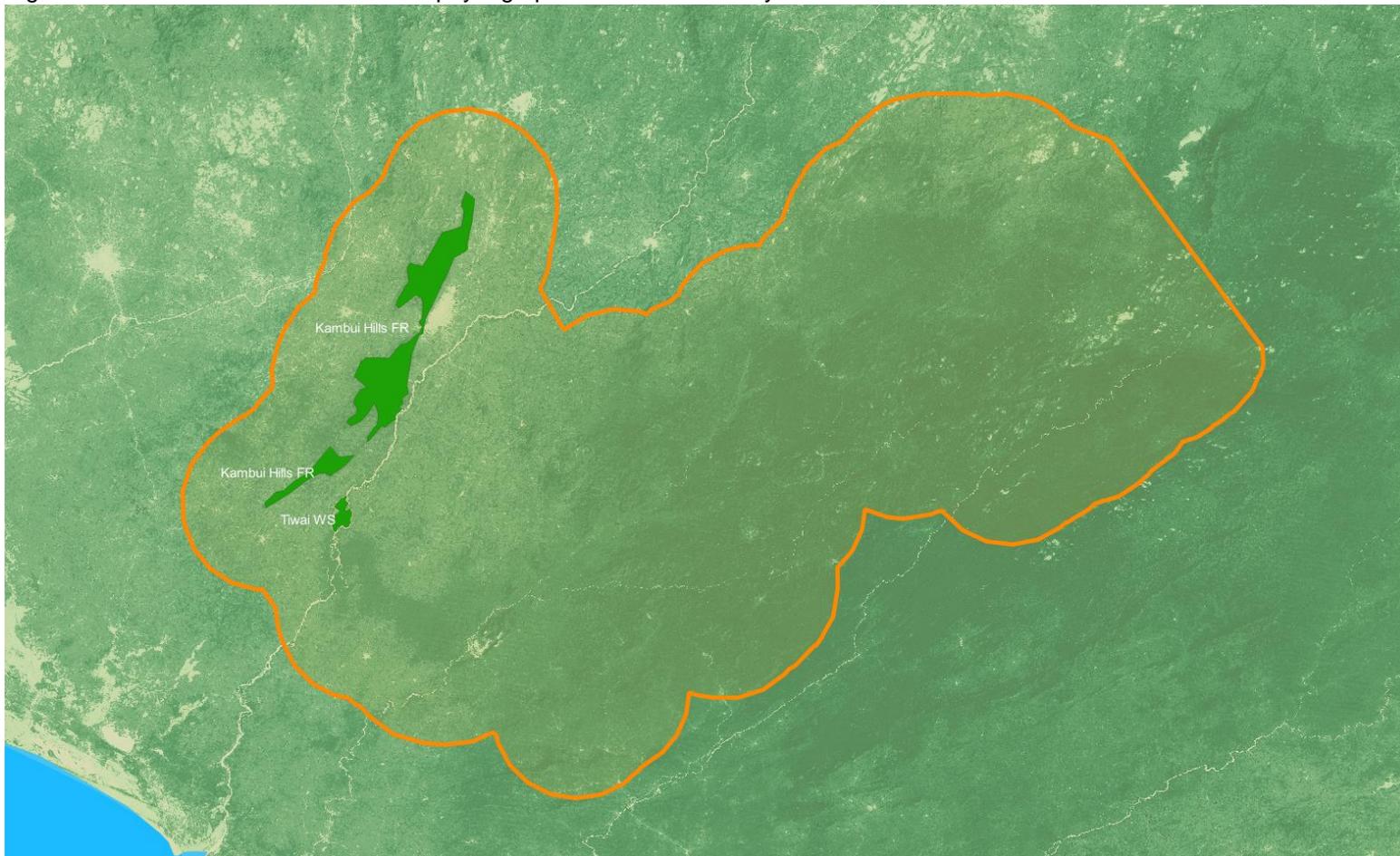


Fig.12: Evaluation de l'occupation du sol des réserves forestières du paysage prioritaire de Gola-Foya en 2001, 2007, 2014 et 2020 (statistiques calculées sur l'emprise montrée en Fig.11).

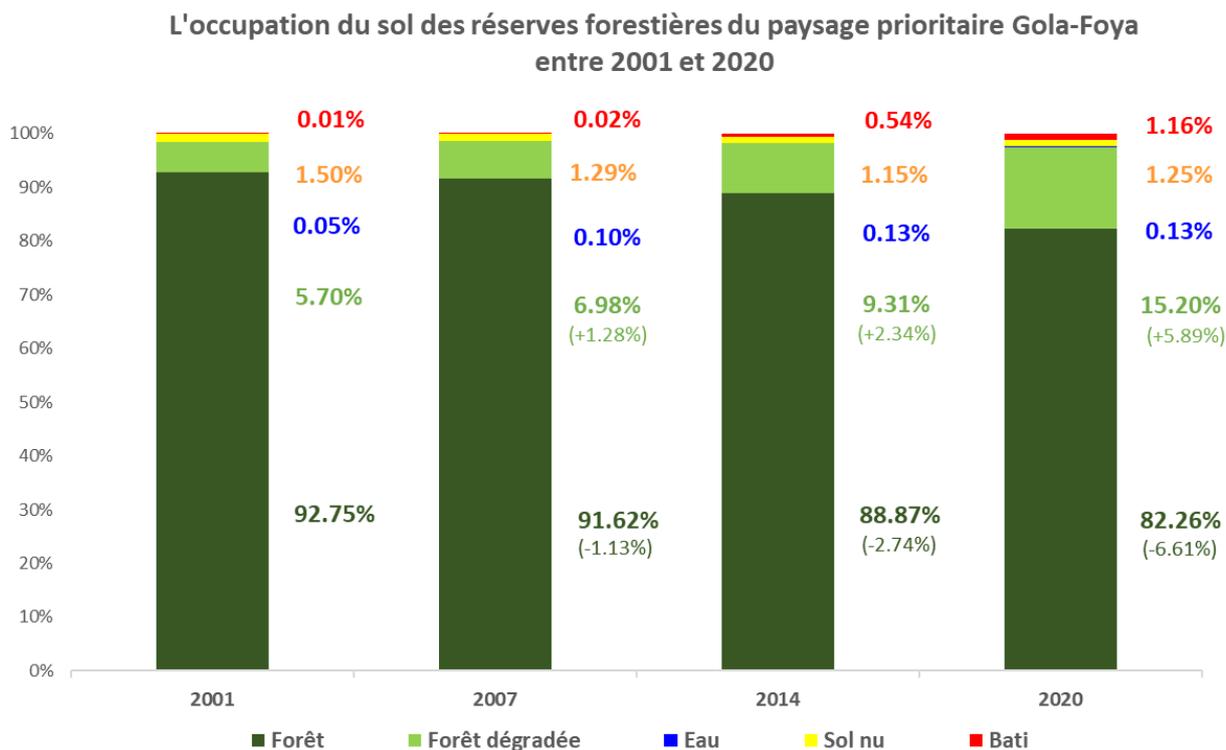


Fig.14 montre l'évolution des différentes classes de l'occupation du sol dans l'aire protégée proposée (APP) de Foya dans le paysage prioritaire de Gola-Foya (Fig.13) entre 2001 et 2020.

Comparée aux parcs nationaux (Fig.9 et Fig.10) et aux réserves forestières (Fig.11 et Fig.12) pour lesquels la forêt représentait environ 90% de leurs surfaces totales, l'aire protégée proposée de Foya offre un couvert forestier moindre pour s'établir à 75%.

On peut constater que ce couvert forestier a été préservé entre 2001 et 2020 avec d'assez faibles pertes de : **0.34%** durant la période 2001-2007, **0.84%** durant la période 2007-2014 et **1.99%** durant la période 2014-2020.

On observe aussi une activité humaine croissante dont témoigne la classe « Bâti » en 2020.

Evolution de l'occupation du sol dans l'aire protégée proposée de Foya

Fig.13: Vue de l'aire protégée proposée de Foya.

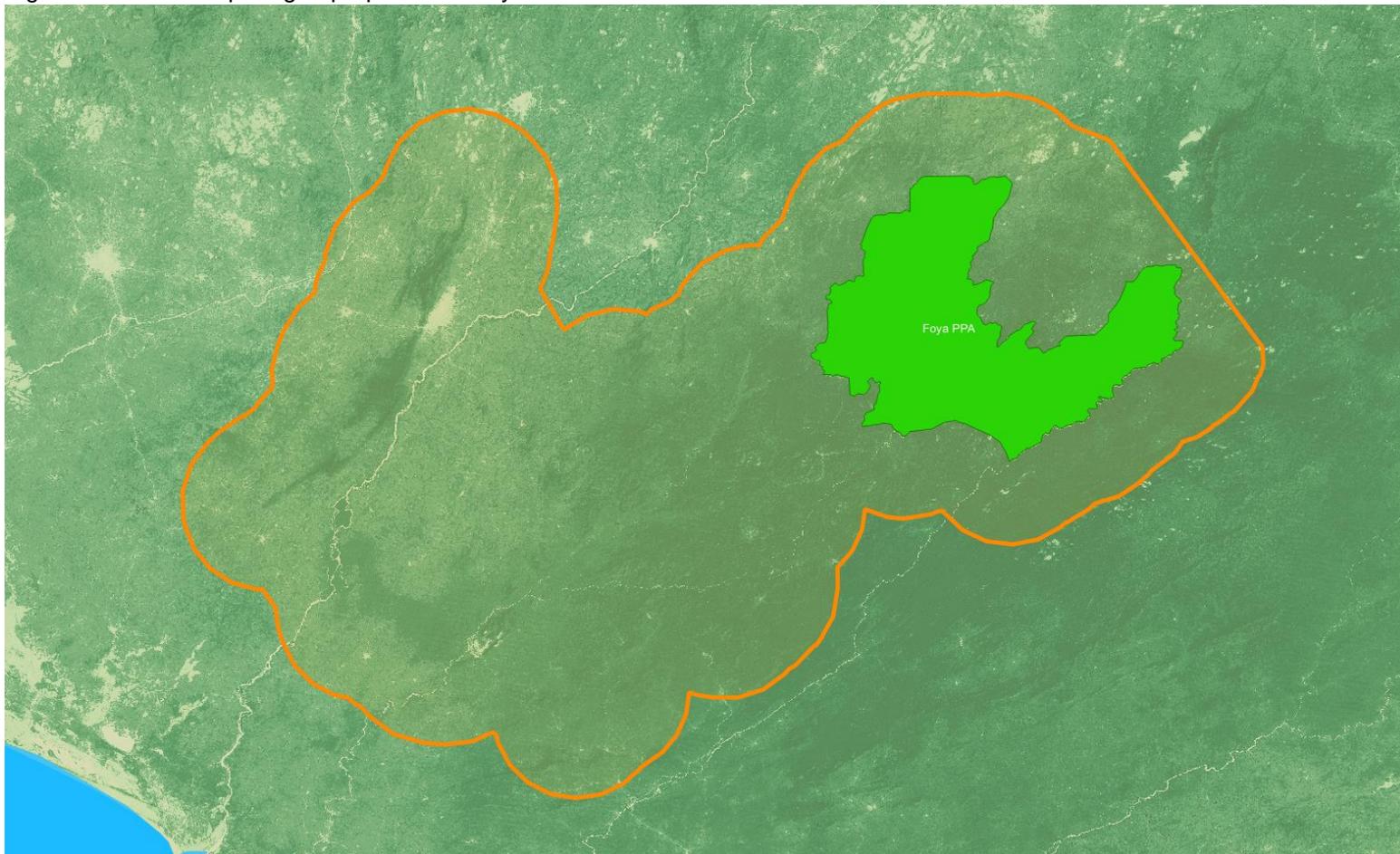


Fig.14: Evaluation de l'occupation du sol de l'aire protégée proposée de Foya en 2001, 2007, 2014 et 2020 (statistiques calculées sur l'emprise montrée en Fig.13).

L'occupation du sol de l'APP de Foya entre 2001 et 2020

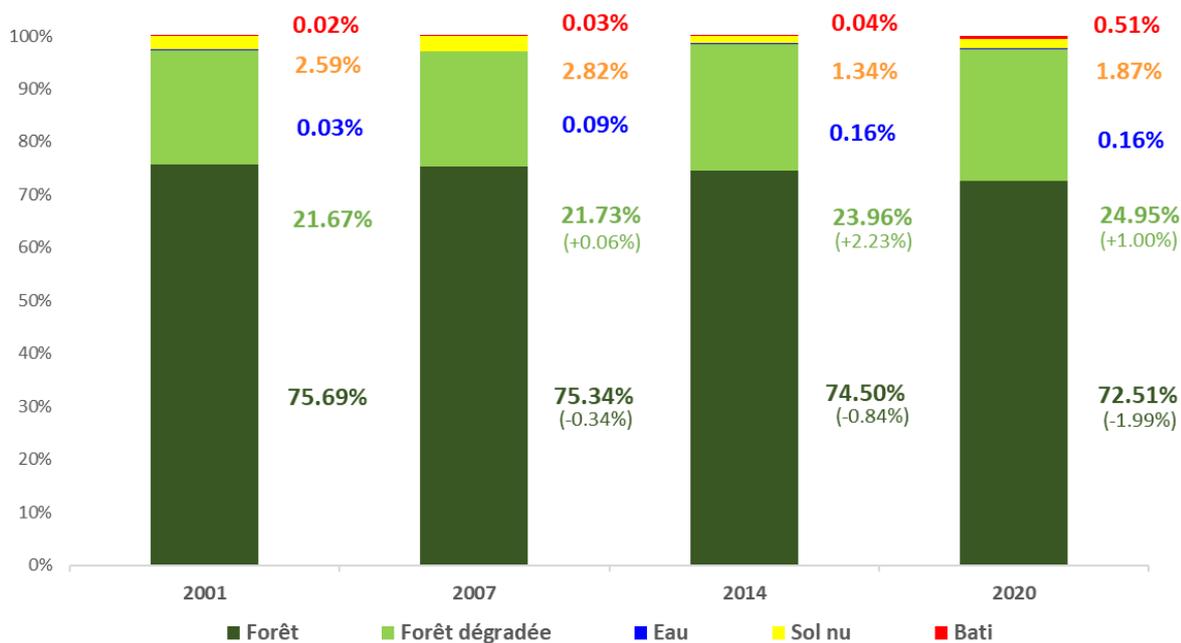


Fig.15 synthétise la déforestation par période dans tout le paysage prioritaire Gola-Foya. Les zones en gris représentent les zones déforestées avant 2001, les zones en bleu sont celles déforestées entre 2001 et 2007, les zones en jaune sont celles déforestées entre 2007 et 2014 et les zones en rouge sont celles déforestées entre 2014 et 2020. Cette dominante rouge témoigne de l'accélération de la déforestation dans la dernière période.

Fig.16 montre l'évolution de la perte du couvert forestier par période dans les quatre unités de conservation : -paysage entier, -parcs nationaux, -réserves forestières et -aire protégée proposée.

On constate que les parcs nationaux ont été préservés alors que les réserves forestières ont subi une perte croissante de leurs forêts.

Perte du couvert forestier dans les différentes unités de conservation entre 2001 et 2020

Fig.15: Déforestation par période dans le paysage de Gola-Foya entre 2001 et 2020.

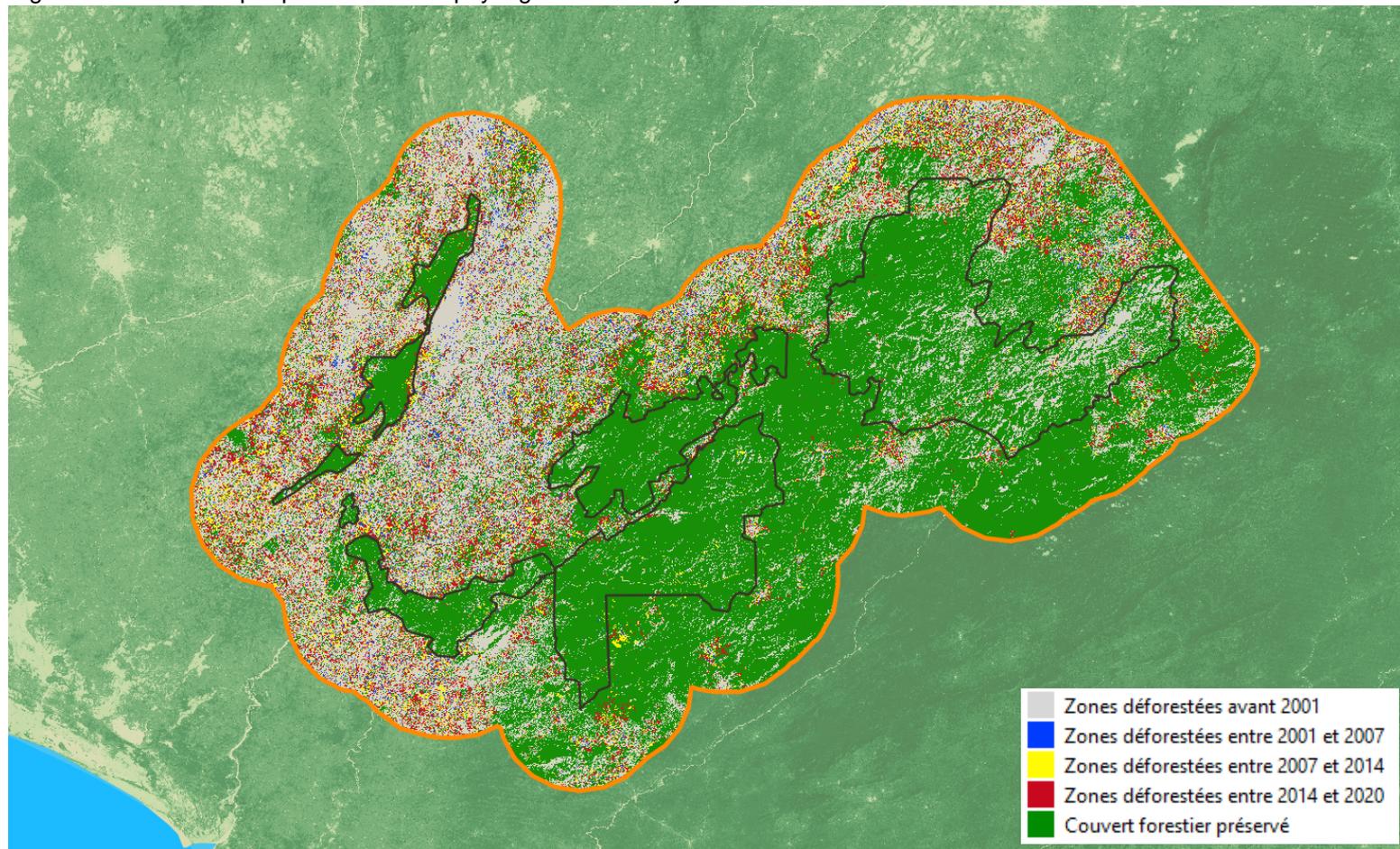
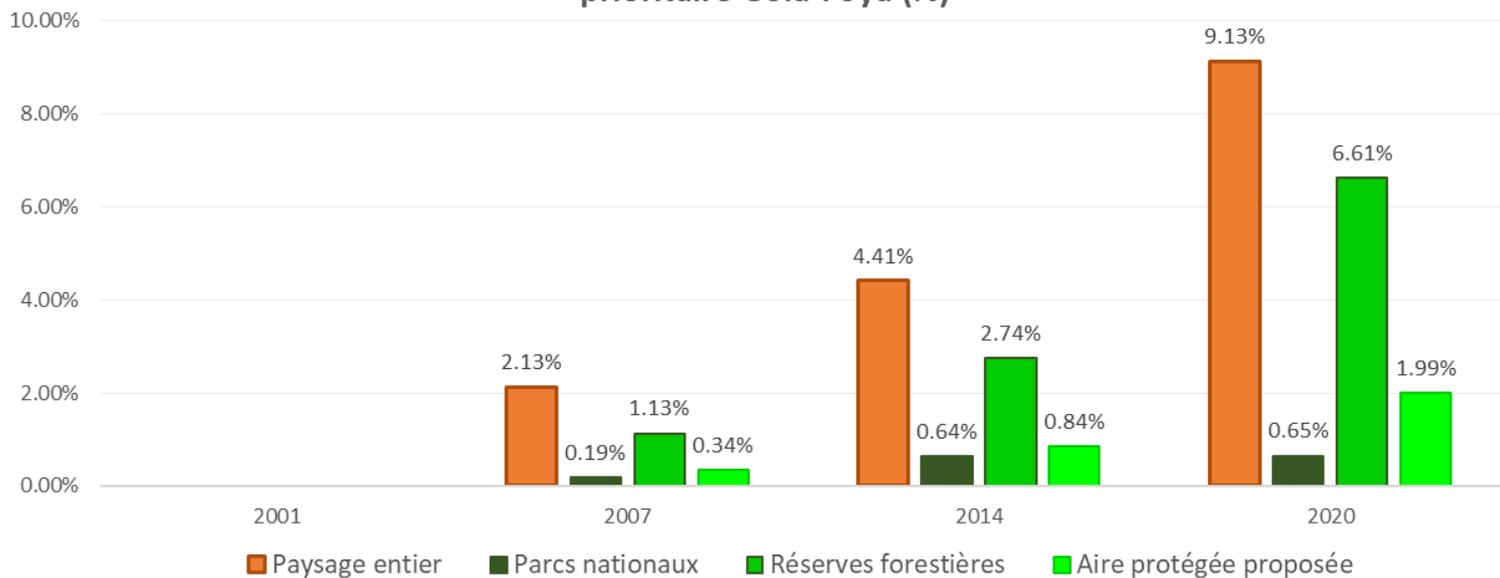


Fig.16: Perte du couvert forestier par période dans les différentes unités de conservation entre 2001 et 2020.

Perte du couvert forestier par période entre 2001 et 2020 dans le paysage prioritaire Gola-Foya (%)



Le parc national de Gola Forest est l'une des zones de conservation du paysage prioritaire de Gola-Foya. Il est situé dans le nord-ouest du Libéria et est à cheval sur les deux comtés de Gbarpolu et de Grand Cape Mount.

[FLEGT Watch](#) est un système de détection automatique de la déforestation dans l'Afrique Centrale et l'Afrique de l'Ouest en utilisant des images satellitaires radar [Sentinel-1](#). Cette section montre trois exemples de déforestation détectées par FLEGT Watch dans le parc national Gola Forest.

Dans chacun des exemples, on montrera les images radar Sentinel-1 (1^{ère} ligne) puis optique Sentinel-2 (2^{ème} ligne) avant (1^{ère} colonne a) et après (2^{ème} colonne b) l'événement de déforestation détecté automatiquement dans l'image radar (en haut et à droite).

Dans l'image radar (Fig.17), on constate une extension des zones déforestées dans la partie nord-ouest du parc national Gola Forest. L'analyse de l'image optique [Sentinel-2](#) (Fig.18) confirme que la forêt (Fig.18a) a été nettement coupée en avril 2020 (Fig.18b).



FLEGT Watch au Libéria Paysage de Gola-Foya

Parc National Gola Forest Event #1341631 - LBR VT01

[2D layer stack](#)

Fig.17: Sentinel-1A moyenne 23-02-2020 → 30-03-2020 (a) et 11-04-2020 (b).

[vue_gauche](#) [vue_droite](#) [animation](#)

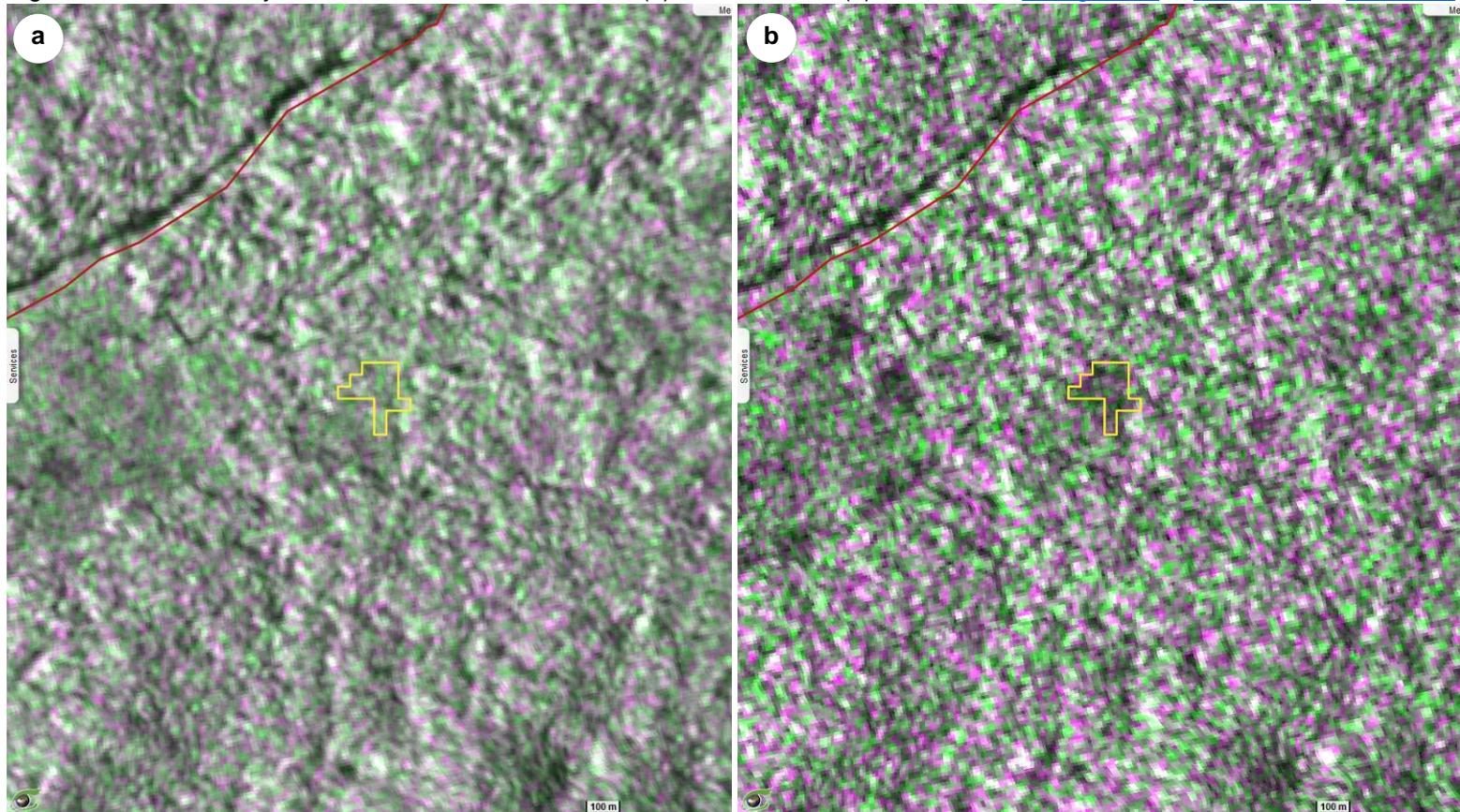
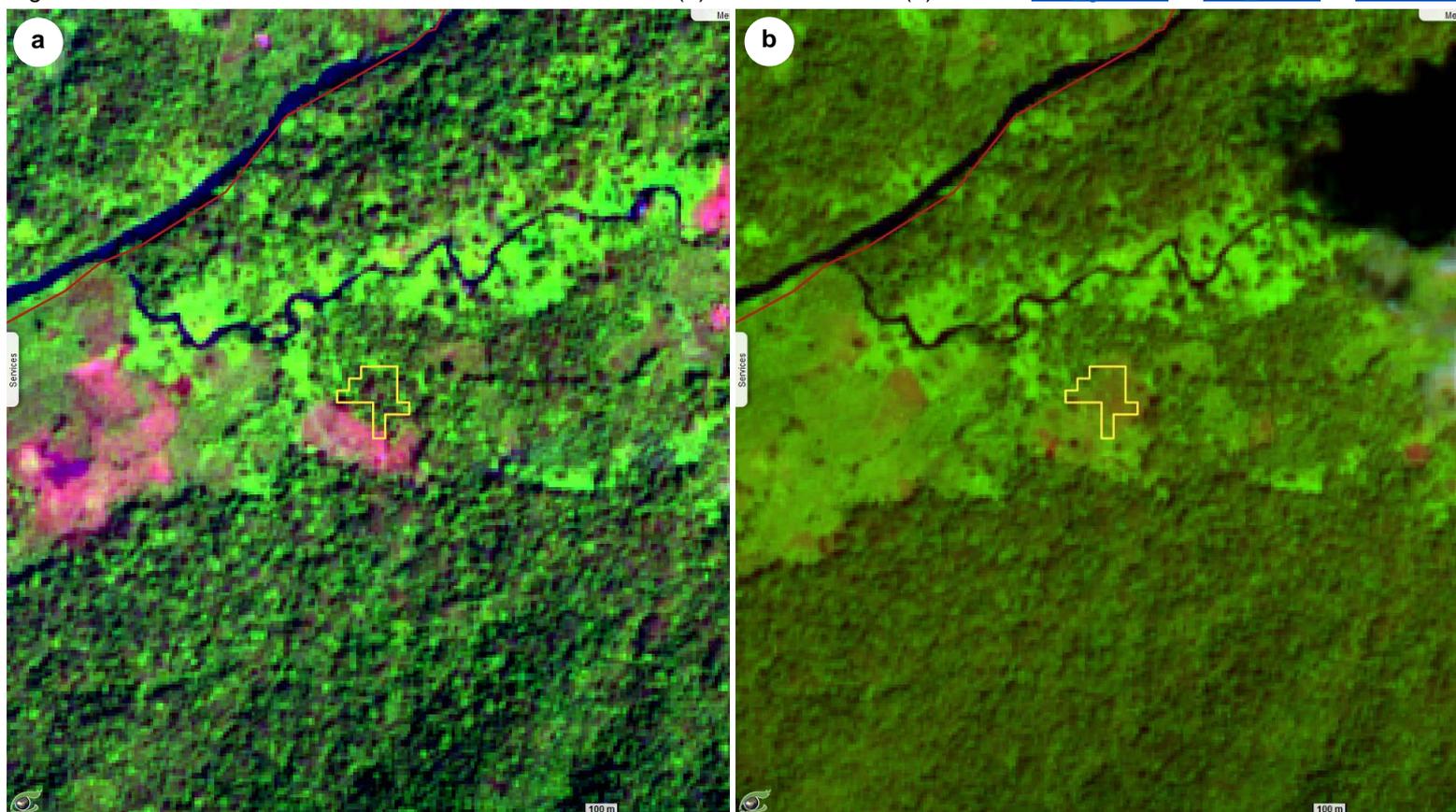


Fig.18: Sentinel-2A et Sentinel-2B observées le 14-01-2020 (a) et le 14-11-2020 (b).

[vue_gauche](#) [vue_droite](#) [animation](#)



Comme le montre la Fig.19, le système FLEGT Watch a détecté une déforestation étendue entre le 23 avril et le 5 mai 2020. Cette déforestation survient dans la partie nord-ouest du parc national Gola Forest, à 200 mètres au sud-est du village de Nyekehun.

L'analyse de l'image optique Sentinel-2 (Fig.20) confirme que les reliquats de forêt observés en Fig.20a ne sont plus présents en Fig.20b. On notera que le couvert nuageux quasi permanent sur la zone a obligé la recherche de données optiques bien avant l'événement du 05 mai 2020 (première image sans nuages le 14.01.2020) et bien après l'événement (première image sans nuages le 14.11.2020).



FLEGT Watch au Libéria

Paysage de Gola-Foya

Parc National Gola Forest
Event #1341647 - LBR VT01

[2D_layer_stack](#)

Fig.19: Sentinel-1A moyenne 18-03-2020 → 23-04-2020 (a) et 05-05-2020 (b).

[vue_gauche](#) [vue_droite](#) [animation](#)

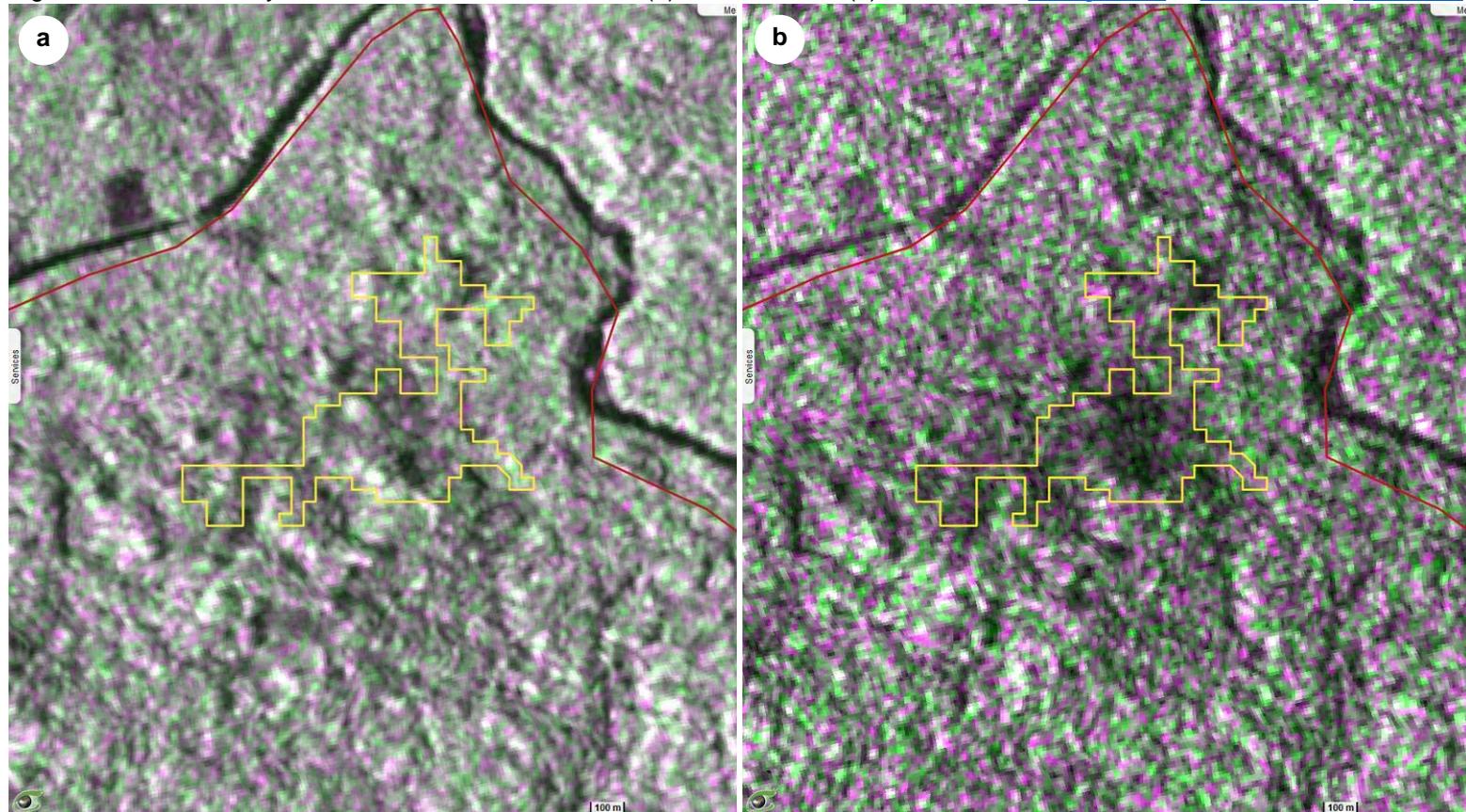
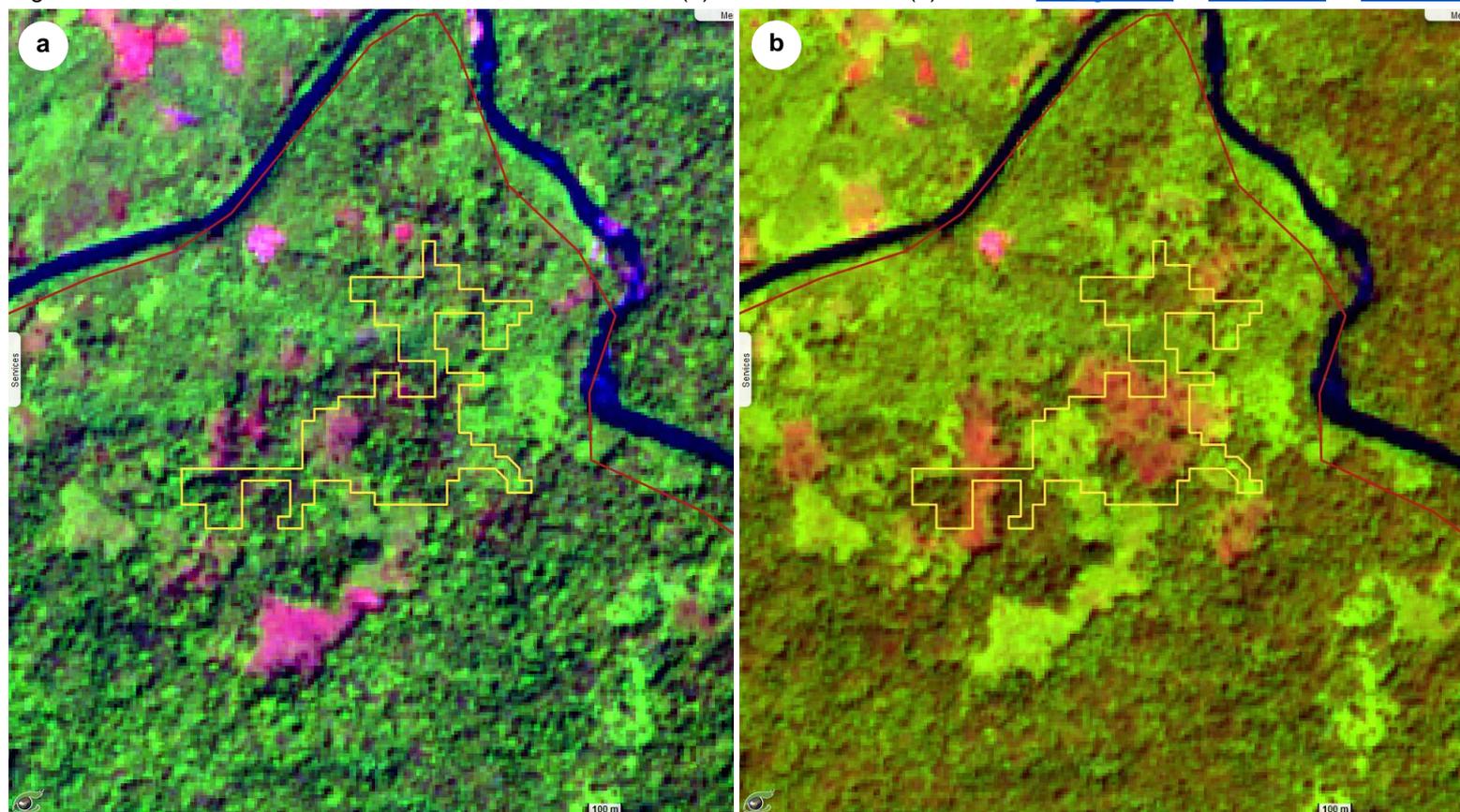


Fig.20: Sentinel-2A et Sentinel-2B observées le 14-01-2020 (a) et le 14-11-2020 (b).

[vue_gauche](#) [vue_droite](#) [animation](#)



Dans l'image radar (Fig.21), on observe une coupe claire survenue entre le 5 et le 17 mai 2020. Cette déforestation survient dans la partie nord-ouest du PN Gola Forest à 400 mètres au sud du village de Morta.

L'analyse de l'image optique Sentinel-2 (Fig.22) confirme que la forêt (Fig.22a) a été nettement coupée (Fig.22b) laissant apparaître une clairière d'un peu moins d'un (1) hectare.

Ce phénomène de « grignotage » aux pourtours des parcs est courant ; en particulier lorsqu'il survient à proximité de villages.

On notera ici la proximité de la frontière entre le Libéria et le Sierra-Leone.



FLEGT Watch au Libéria

Paysage de Gola-Foya

Parc National Gola Forest
Event #1341678 - LBR VT01

[2D_layer_stack](#)

Fig.21: Sentinel-1A moyenne 30-03-2020 → 05-05-2020 (a) et 17-05-2020 (b).

[vue_gauche](#) [vue_droite](#) [animation](#)

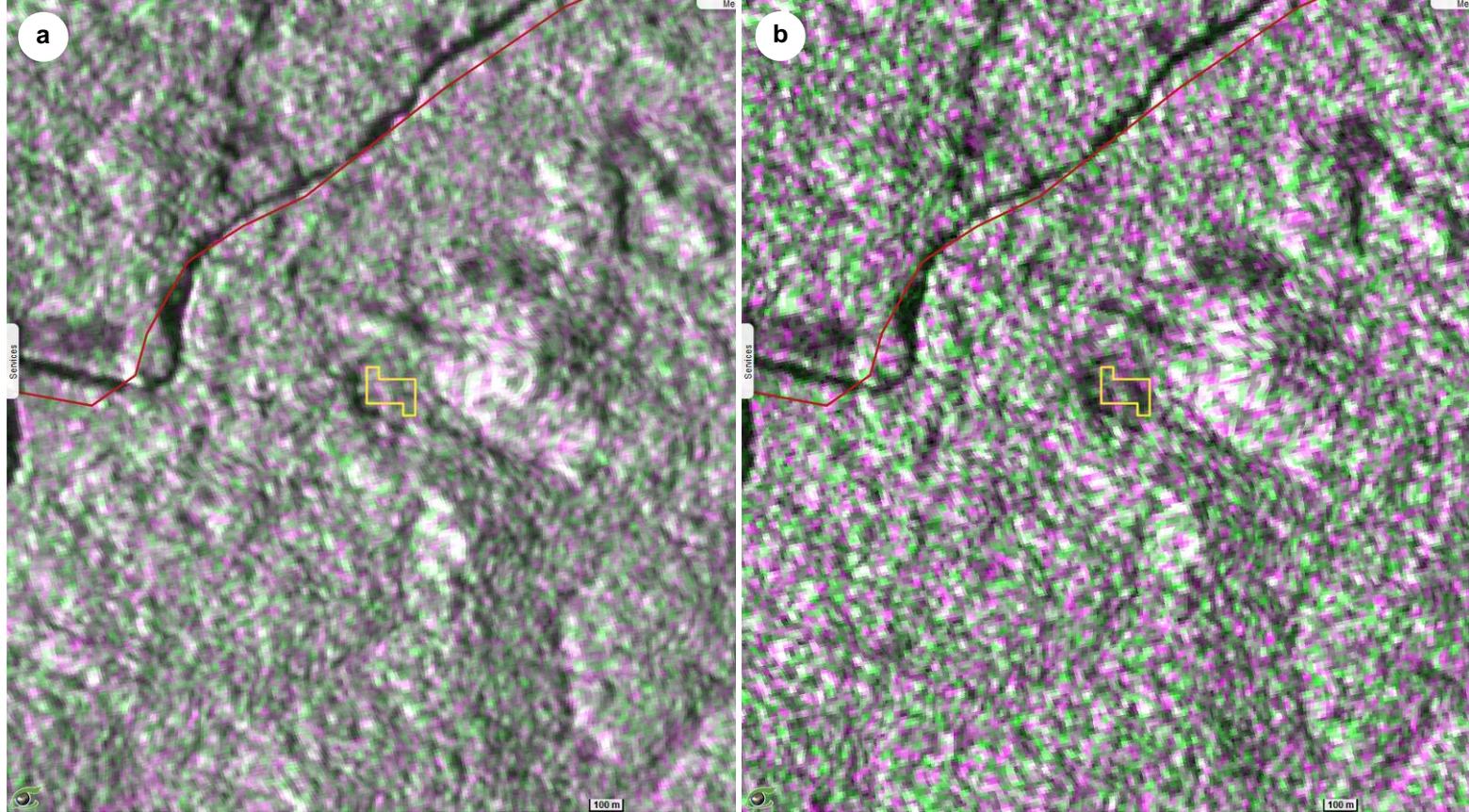


Fig.22: Sentinel-2A et Sentinel-2B observées le 14-01-2020 (a) et le 14-11-2020 (b).

[vue_gauche](#) [vue_droite](#) [animation](#)

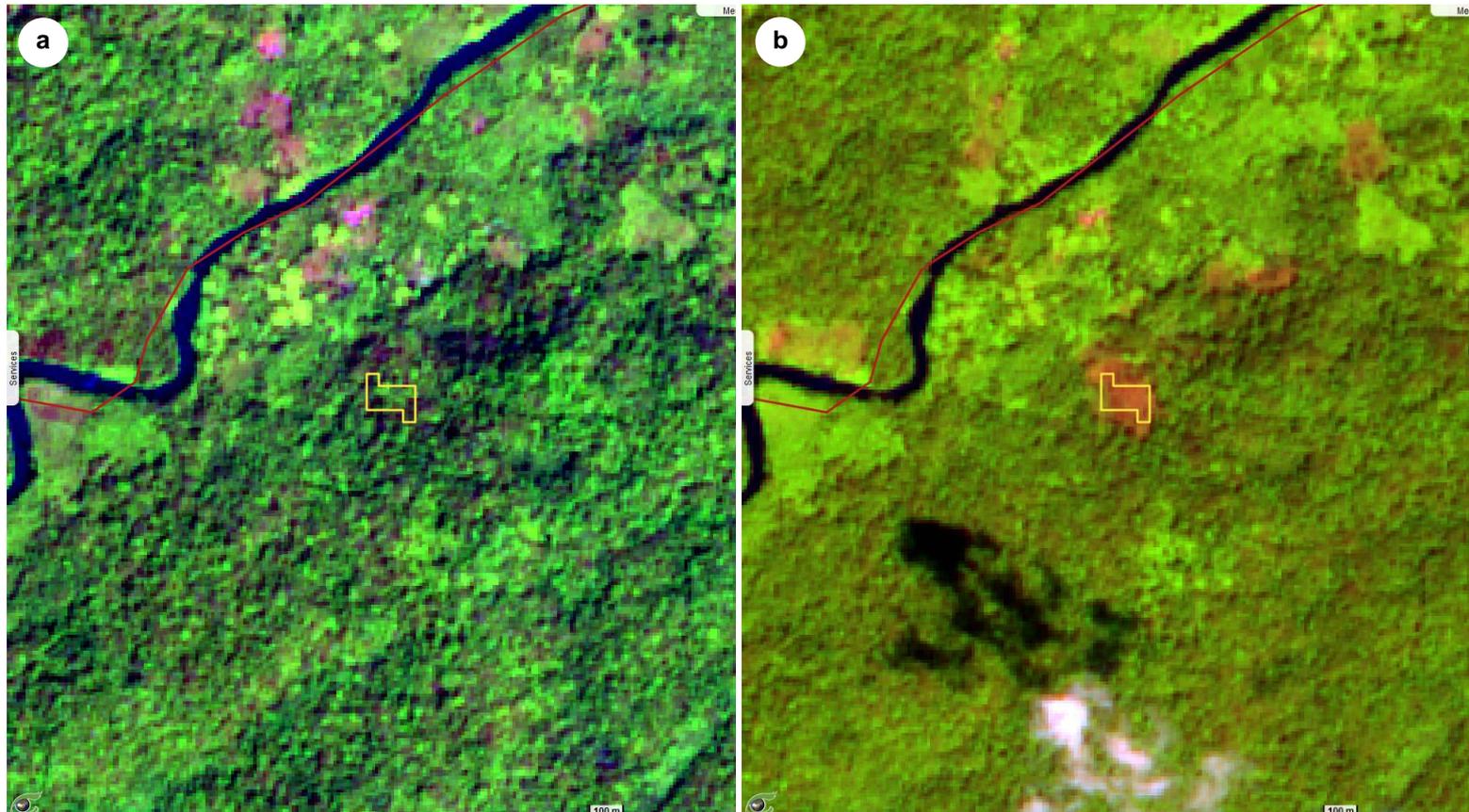


Fig.23 montre le bulletin périodique généré par un géoservice de **suivi des aires brûlées et des feux actifs** dans le paysage prioritaire Gola-Foya entre 2015 et 2021. Ce bulletin périodique a été produit par la plateforme [CAFWS](#) développée par VisioTerra.

La première et la deuxième section du bulletin périodique fournissent des informations sur le nom du géoservice, le site, le(s) indicateur(s) à calculer (feux actifs, aires brûlées...) et la période de temps pendant laquelle fonctionnera le géoservice. La troisième section permet à l'utilisateur de choisir la période pour laquelle on souhaite afficher les résultats (la période est ici annuelle). La quatrième section concerne les résultats de l'agrégation spatiale des aires brûlées. La courbe rouge montre la présence (valeur 255 sur l'axe des ordonnées) ou absence (valeur 0 sur l'axe des ordonnées) d'aire brûlée dans la zone d'étude pendant la période définie. La cinquième section montre les résultats de l'agrégation temporelle des aires brûlées. Les zones où une aire brûlée a été détectée au moins une fois pendant la période d'étude sont restituées en rouge. Ici, par exemple (Fig.23), les aires brûlées sont celles détectées en 2017.

Fig.24 montre en rouge les aires brûlées détectées automatiquement en 2020 et 2021.

Aires brûlées – Bulletin périodique

Paysage de Gola-Foya

[2D layer stack](#)

Fig.23: Vue du bulletin périodique avec les aires brûlées détectées par année entre 2015 et 2021.

[bulletin périodique](#)

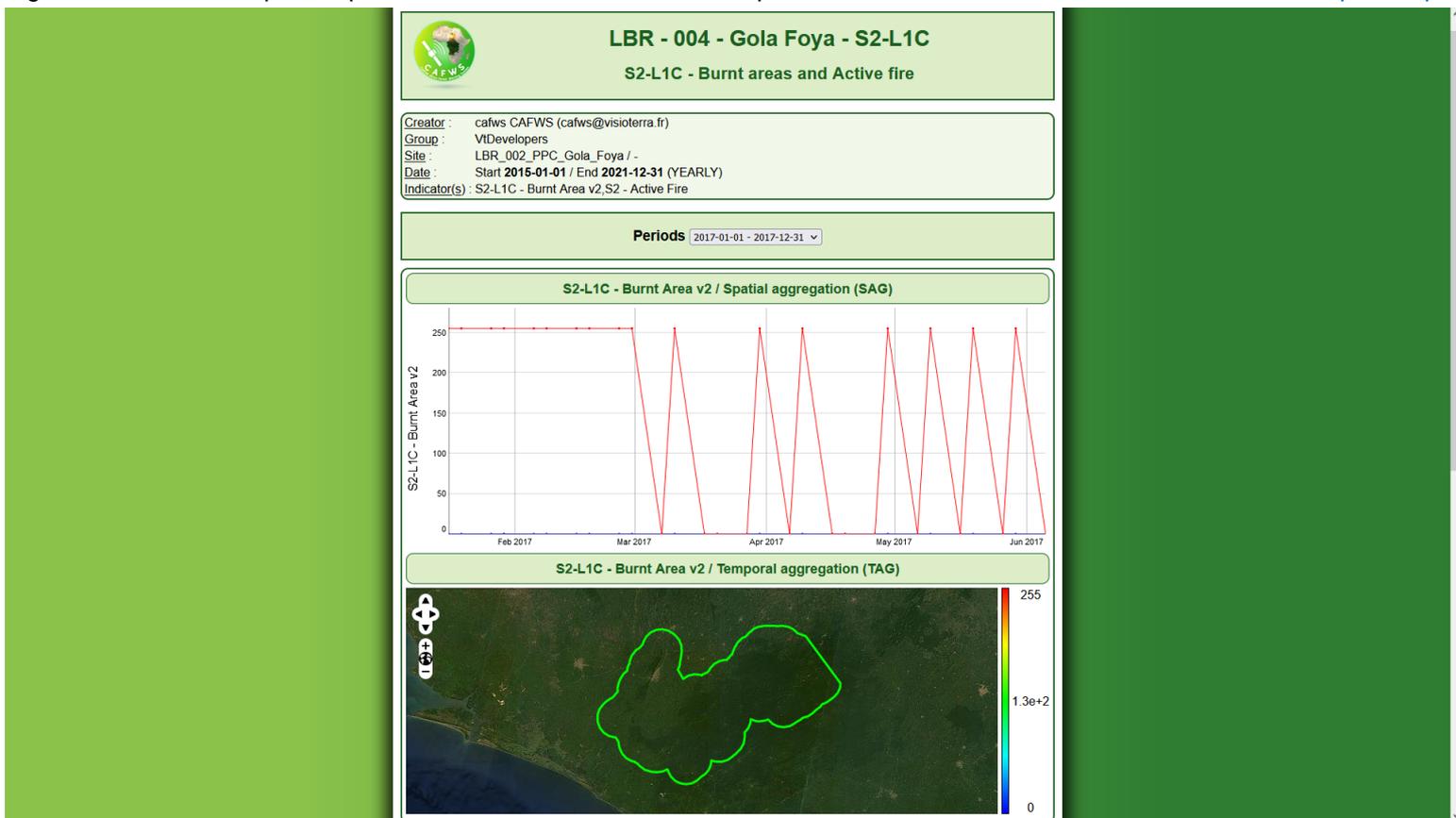


Fig.24: Aires brûlées détectées automatiquement en 2020 et 2021.

[animation](#)

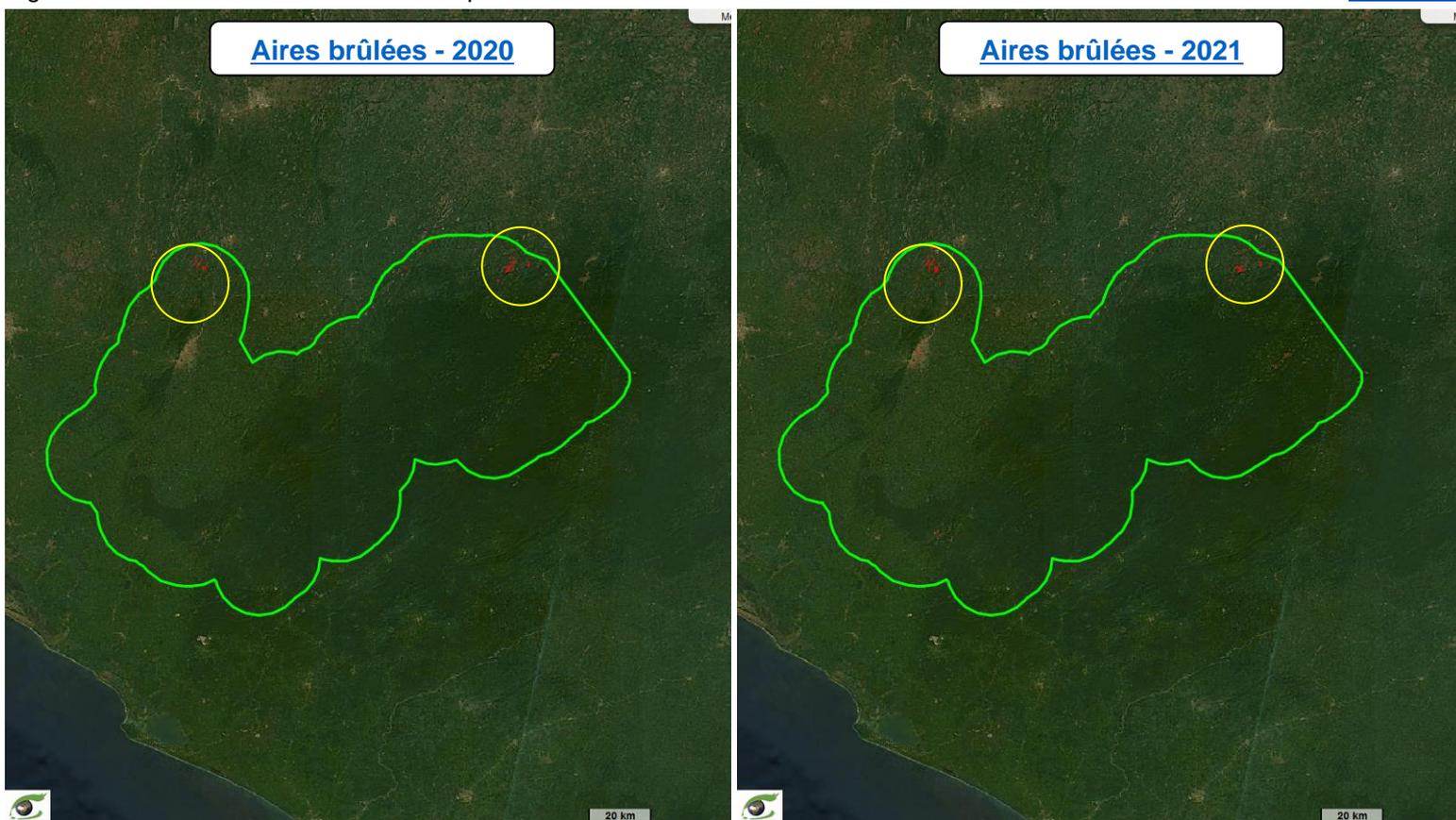
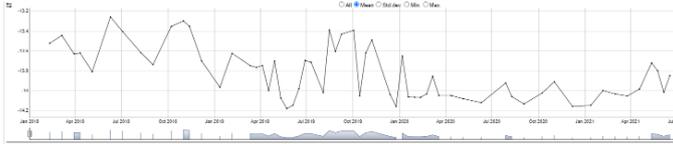


Fig.25 montre une image Sentinel-2 qui exploite la richesse des bandes spectrales de son instrument multispectral MSI. Ici, les bandes 11, 8 et 2 correspondent au moyen-infrarouge, au proche infra-rouge et au bleu. Ces trois bandes 11, 8, 2 ont été affectées aux plans rouge, vert et bleu respectivement. La tuile Sentinel-2 (Fig.25) a été acquise en saison sèche le **14 janvier 2020**.

Fig.26 montre en marron le résultat de la segmentation des aires brûlées observées sur l'image Fig.25. De cette segmentation, on peut calculer les occurrences des aires brûlées au cours du temps tel qu'illustré dans le graphe ci-dessous.



Aires brûlées – Exemples Paysage de Gola-Foya

[2D layer stack](#)

Fig.25: Image Sentinel-2A acquise le 14-01-2020 montrant des aires brûlées.

[vue 2D](#) [animation](#)

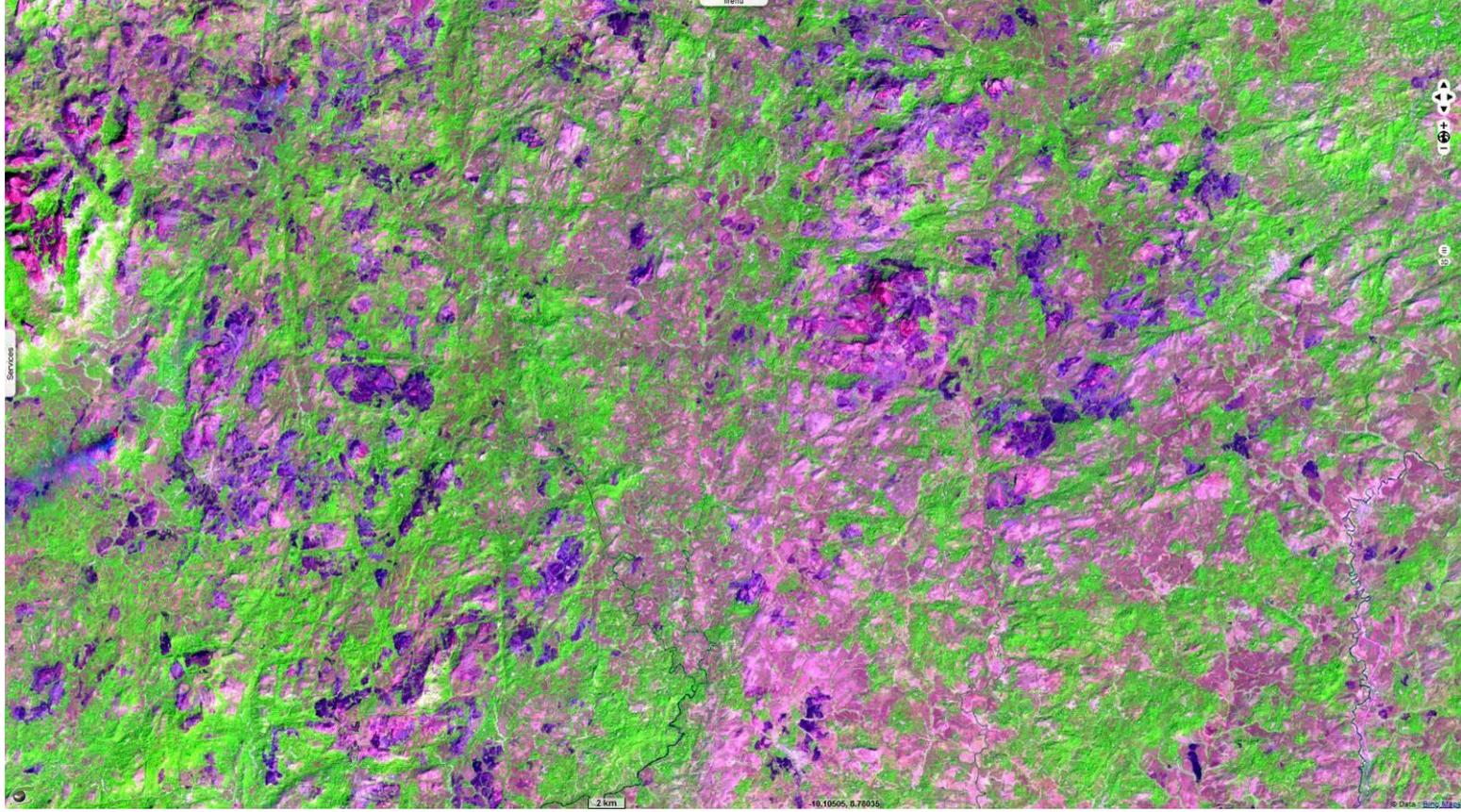


Fig.26: Aires brûlées extraites automatiquement à partir de l'image Sentinel-2A acquise le 14-01-2020.

[vue 2D](#)

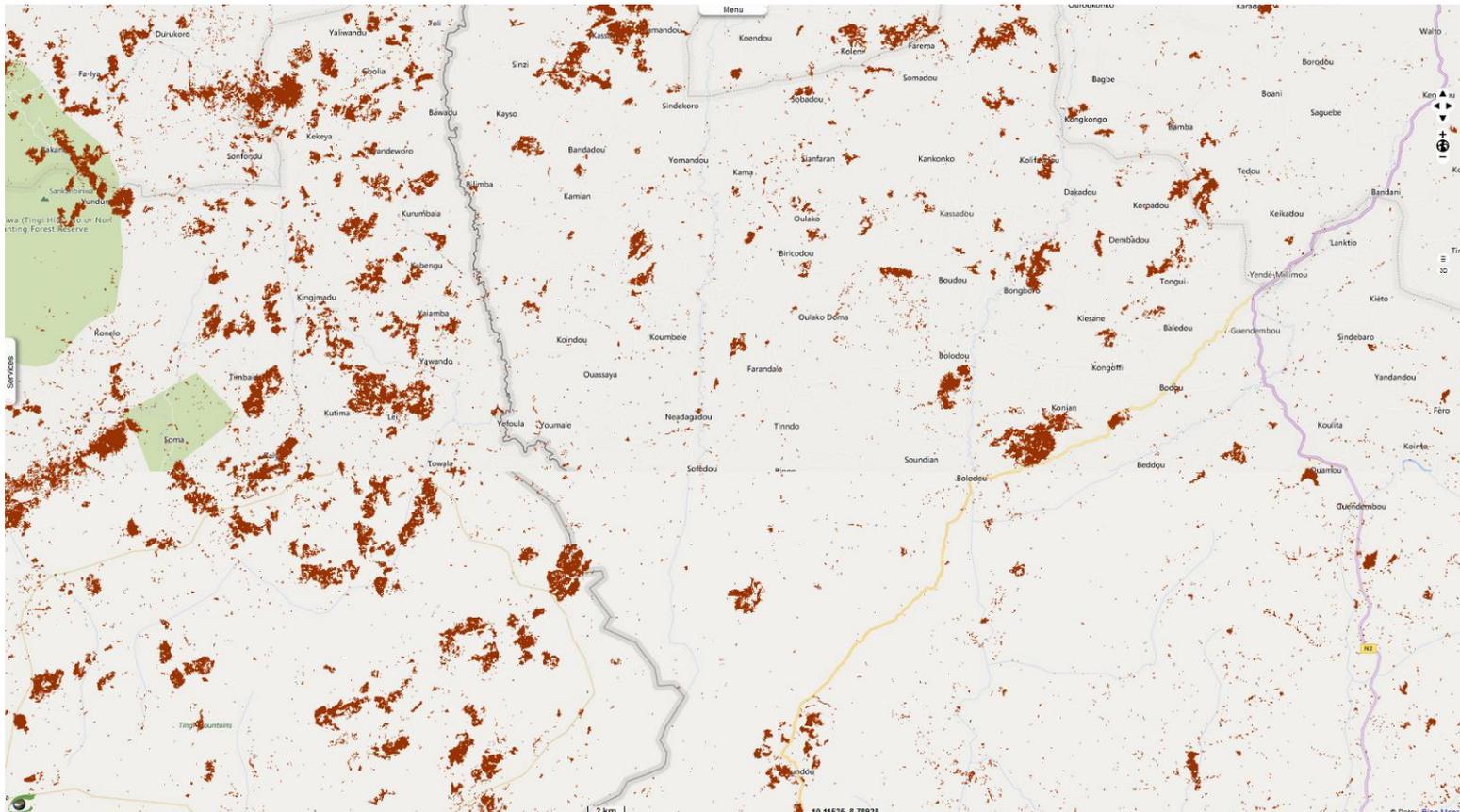


Fig.27 montre le bulletin périodique généré par le même géoservice de **suivi des aires brûlées et des feux actifs** dans le paysage prioritaire de Gola-Foya entre 2015 et 2021 avec l'indicateur des feux actifs. Les zones rouges dans la section de l'agrégation temporelle représentent les zones où un front de feu actif a été observé au moins une fois pendant la période d'étude.

Fig.28 montre en rouge les feux actifs détectés automatiquement en 2017 et 2020.

L'indicateur des feux actifs est calculé à partir de données optiques Sentinel-2 en utilisant l'indice BAIS2 (*Burned Area Index for Sentinel-2*).

$$BAIS2 = \left(1 - \sqrt{\frac{B06 * B07 * B8A}{B4}} \right) * \left(\frac{B12 - B8A}{\sqrt{B12 + B8A}} + 1 \right)$$

Feux actifs – Bulletin périodique

Paysage de Gola-Foya

[2D layer_stack](#)

[bulletin périodique](#)

Fig.27: Vue du bulletin périodique avec les feux actifs détectés par année entre 2015 et 2021.

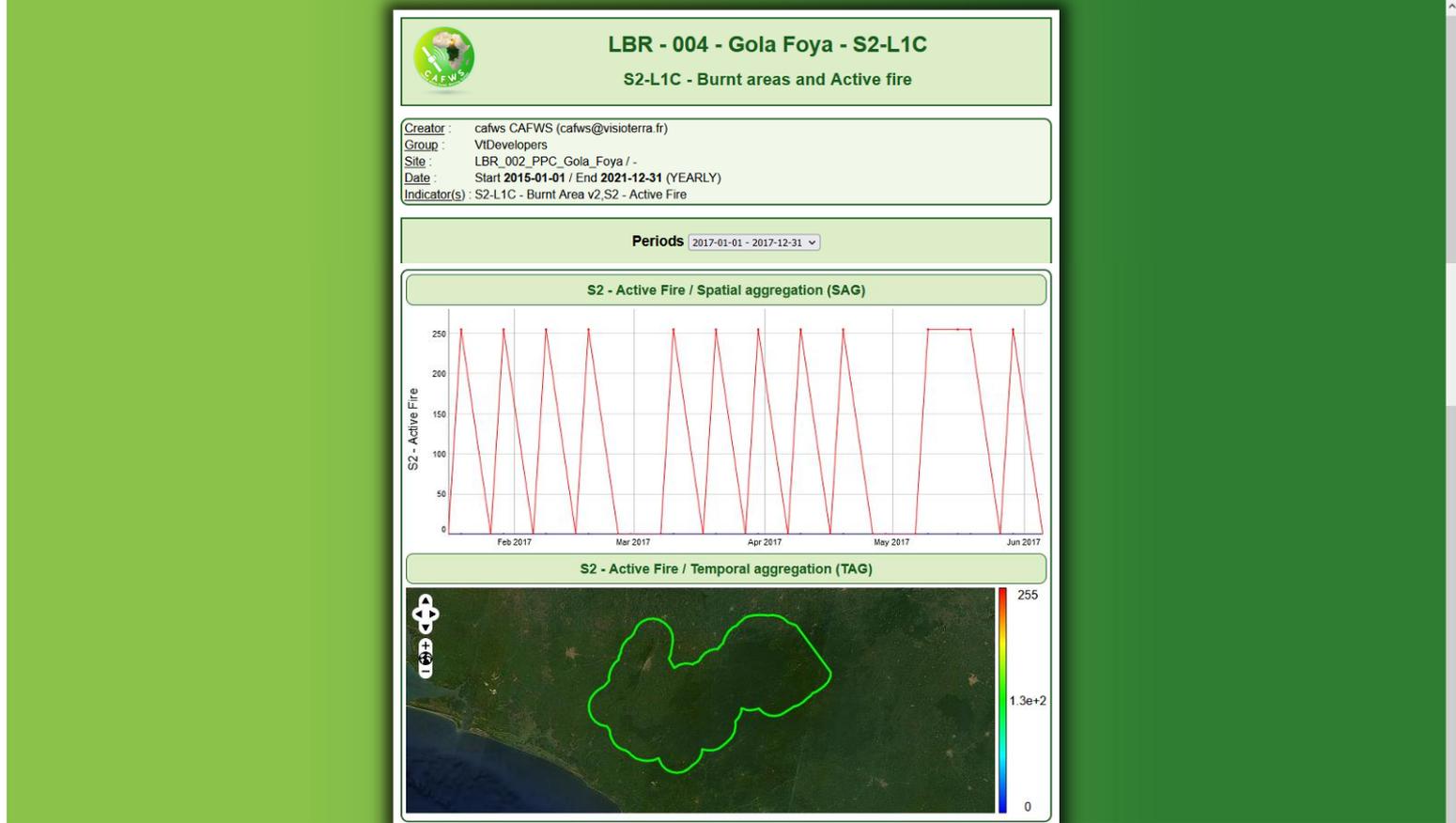


Fig.28: Feux actifs détectés automatiquement en 2017 et 2020.

[animation](#)

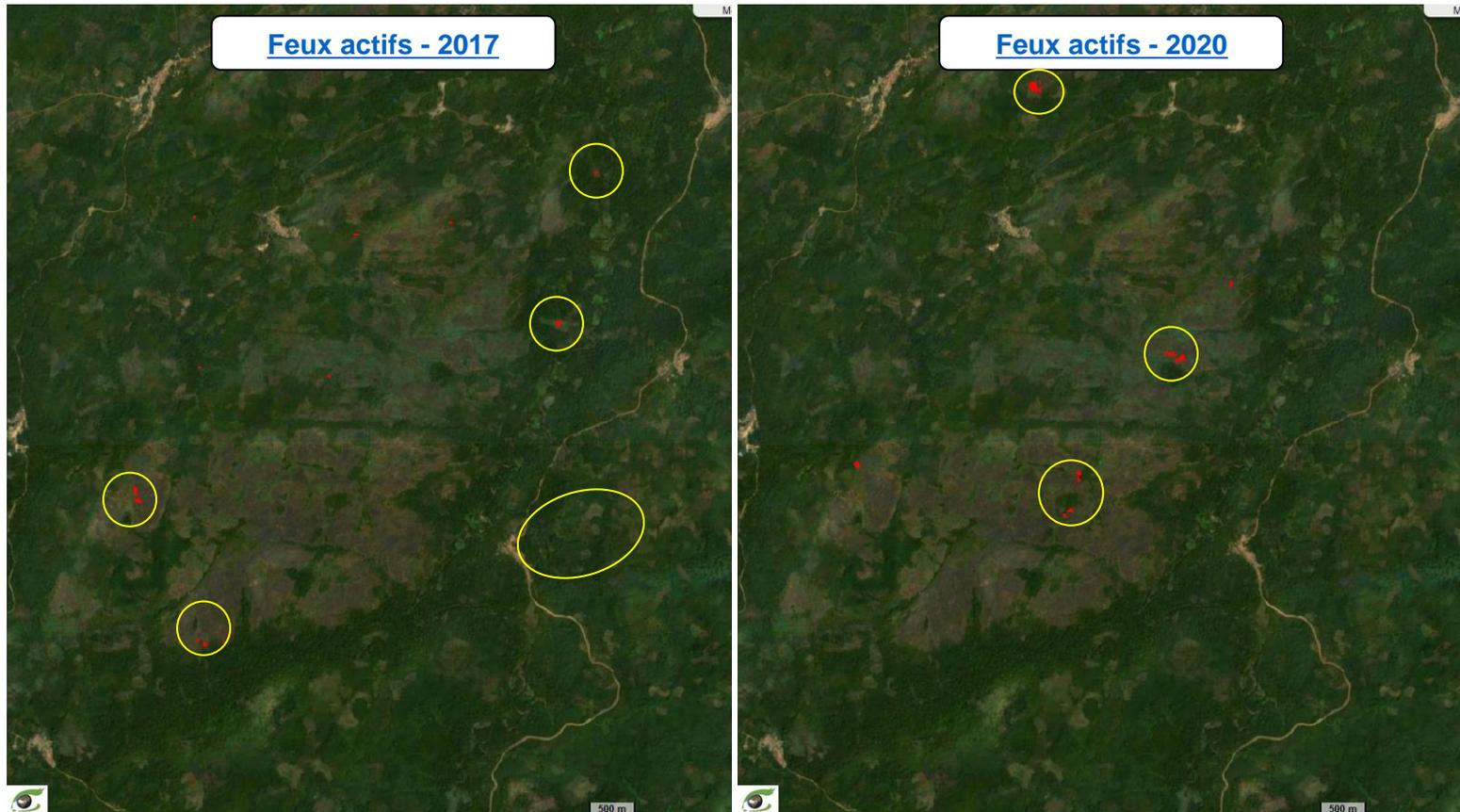


Fig.29 montre une image Sentinel-2 en composition colorée 12-11-2 acquise le 14 janvier 2020 en saison sèche comme en atteste le graphe des précipitations journalières ci-dessous. On observe des fronts de feux actifs apparaissant de couleur jaune orangé.

Fig.30 montre en rouge le résultat de la segmentation des fronts de feux actifs observés sur l'image Fig.29.

Ces feux actifs peuvent être signalés sous forme d'alerte.

Feux actifs – Exemples Paysage de Gola-Foya

[2D layer stack](#)

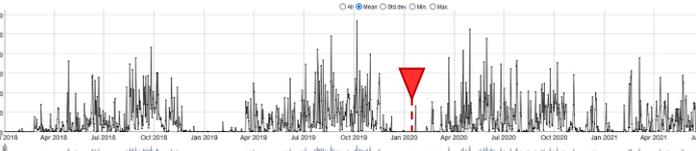


Fig.29: Image Sentinel-2A acquise le 14-01-2020 montrant des fronts de feux actifs.

[vue 2D](#) [animation](#)

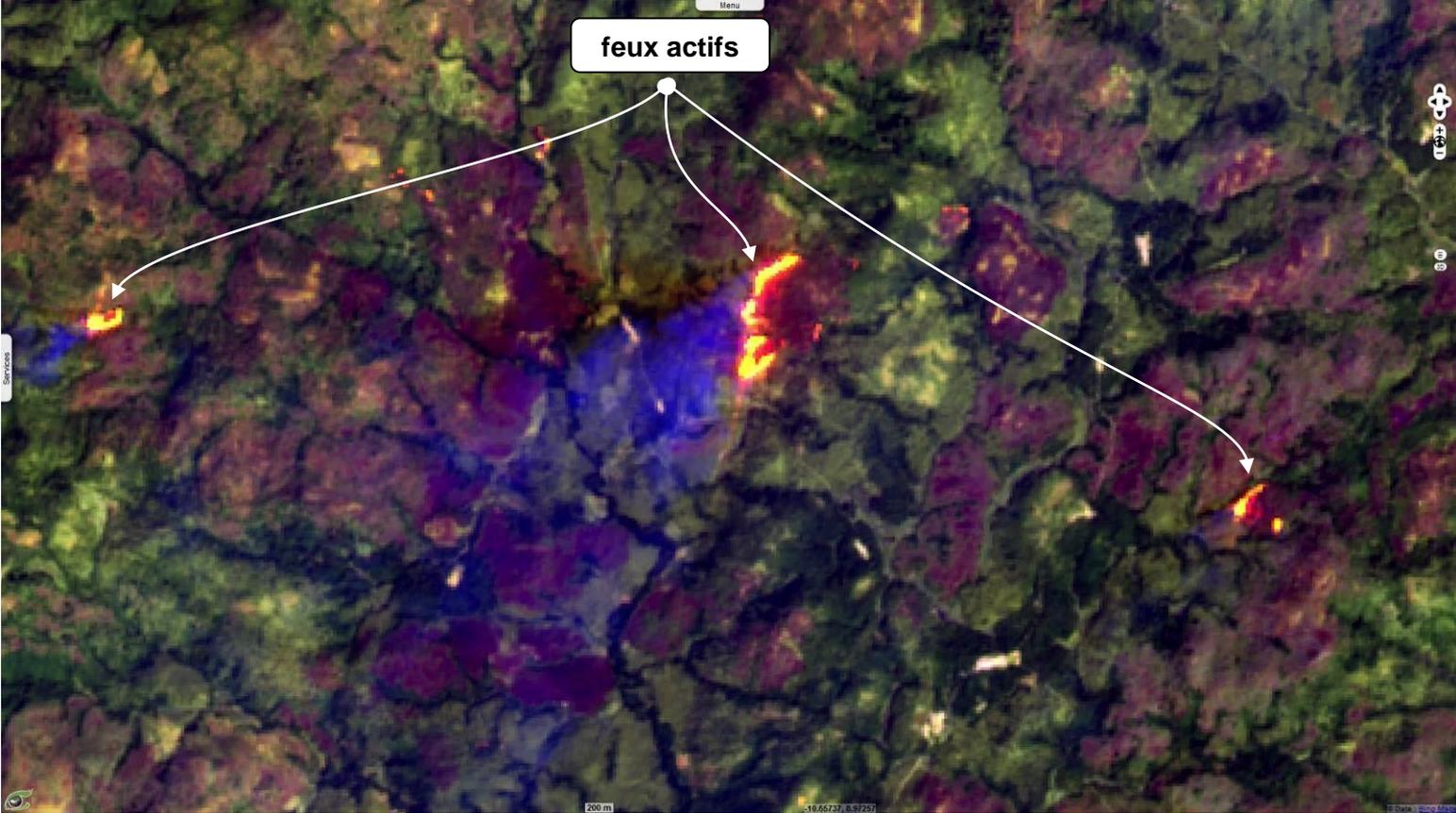
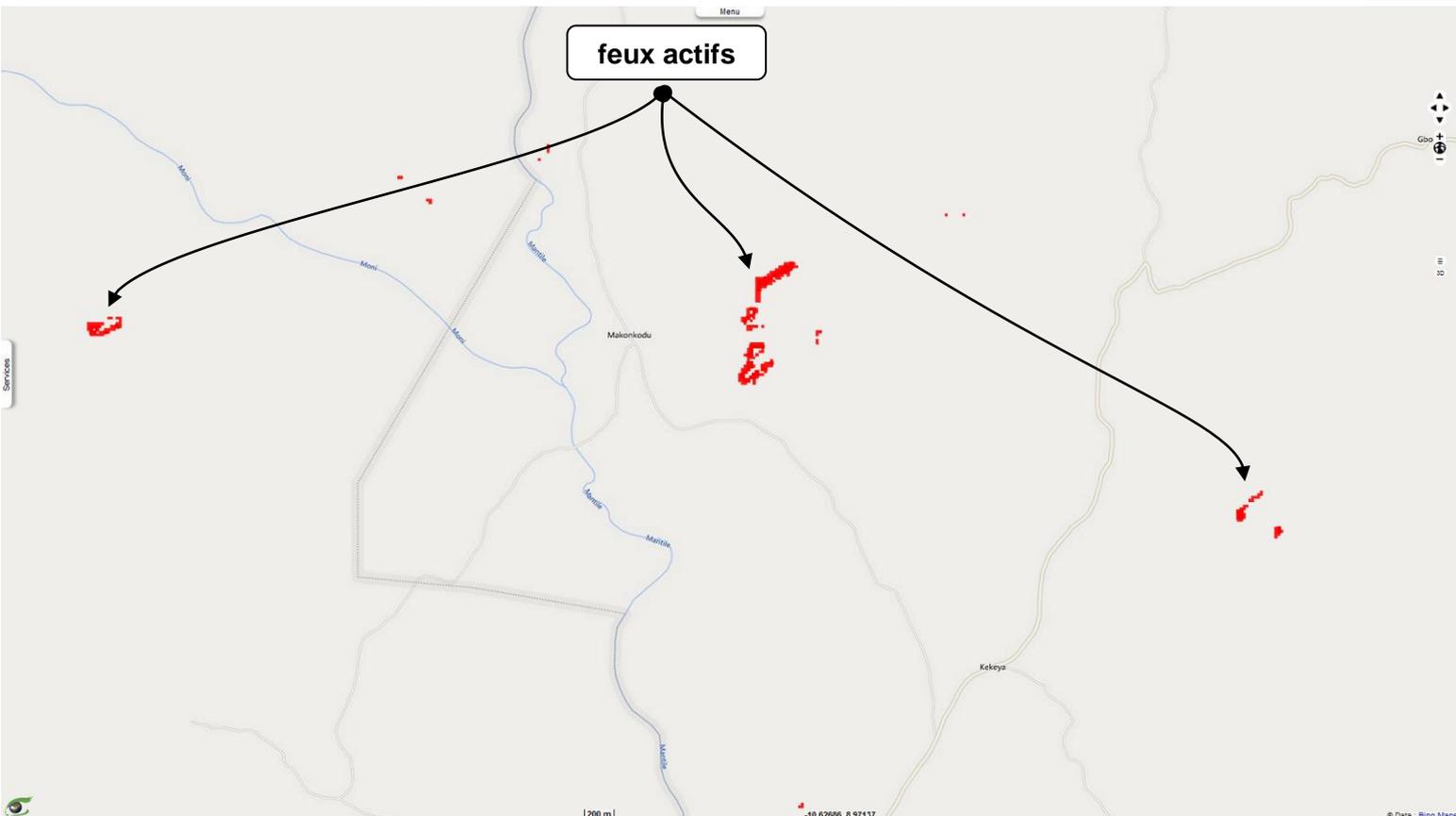


Fig.30: Feux actifs détectés automatiquement à partir de l'image Sentinel-2A acquise le 14-01-2020.

[vue 2D](#)





Cette étude est réalisée dans le cadre du programme **PAPFor** (Programme d'Appui à la Préservation des Ecosystèmes Forestiers en Afrique de l'Ouest) financé par l'Union européenne sur le 11^e FED et mis en œuvre par le consortium AGRECO-GITEC. VisioTerra a mobilisé son expertise pour les analyses de l'évolution de l'occupation des paysages prioritaires du Mont Nimba et de Gola-Foya, deux des six paysages financés par PAPFor.

Les résultats de l'analyse sont présentés à l'occasion du congrès des aires protégées d'Afrique (APAC) organisé par l'UICN à Kigali (Rwanda) du 18 au 23 juillet 2022. Cette présentation se fait en collaboration avec le projet **OBAPAO** (Observatoire pour la biodiversité et les aires protégées en Afrique de l'Ouest), une initiative du Programme BIOPAMA également financé par l'Union européenne, pour améliorer la conservation à long terme et l'utilisation durable des ressources naturelles dans les aires protégées et les communautés avoisinantes des pays d'Afrique, Caraïbes et Pacifique.

PAPFor est :

- ❖ financé par l'Union européenne
- ❖ mis en œuvre par
- en association avec



L'étude est :

- ❖ réalisée par
- ❖ présentée en collaboration avec

