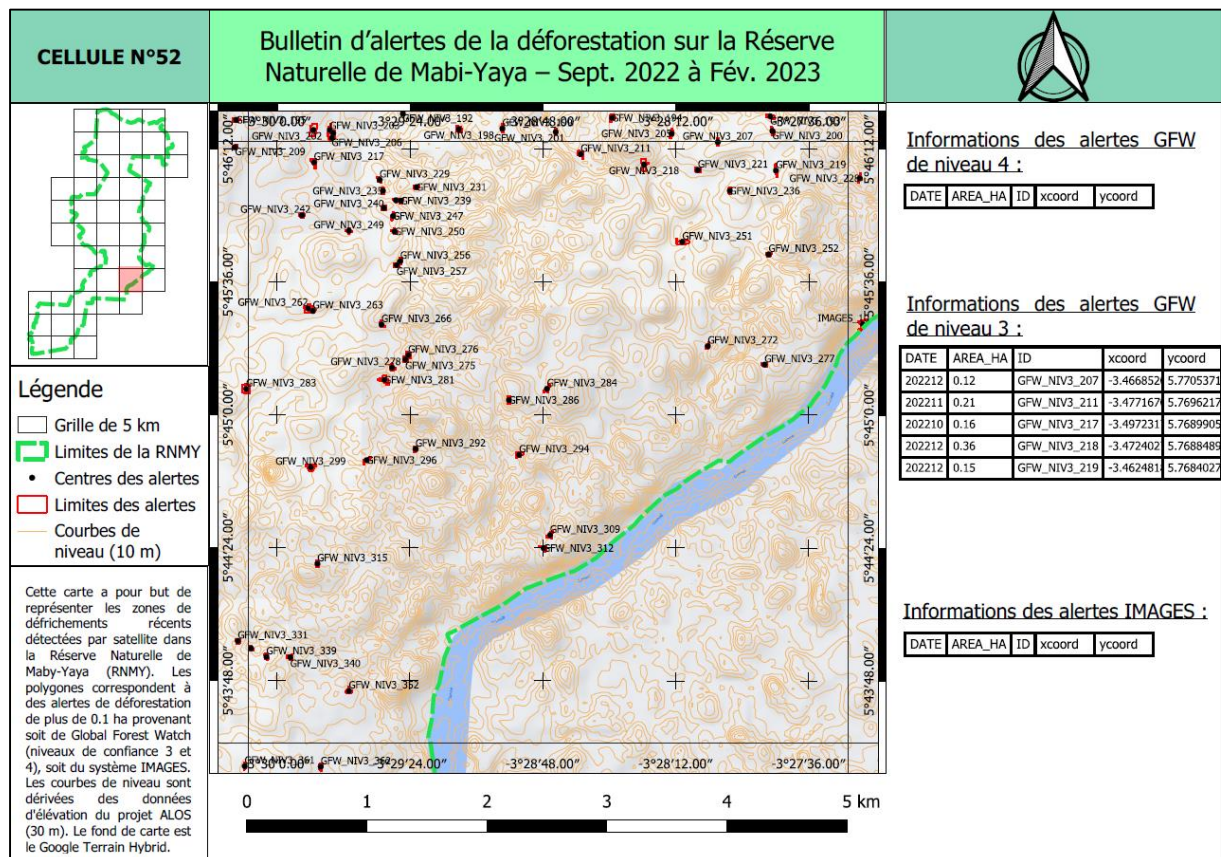


Support de formation

Formation avancée en Télédétection pour la mise en place de système de suivi des défrichements de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya

Tiodionwa Ouattara et Etienne Duperron

23/02/2023





SOMMAIRE

INTRODUCTION	4
OBJECTIF	5
1_ EVALUATION DES OUTILS ET PRODUITS EXISTANTS DE SUIVI DE LA DEFORESTATION ET DE LA DEGRADATION FORESTIERE (J1).....	6
1.1. Présentation des différents systèmes de suivi retenus	6
1.1.a. Données GLAD (Global Land Analysis & Discovery).....	6
1.1.b. Données RADD (RAдар for Detecting Deforestation).....	8
1.1.c. Plateforme GFW (Global Forest Watch).....	10
1.1.d. Plateforme nationale IMAGES	12
1.2. Exercices d'application	14
1.2.a. Téléchargement des différentes alertes.....	14
1.2.b. Extraction sur la zone d'étude.....	17
1.2.c. Manipulation des données GLAD	18
1.2.d. Manipulation des données RADD et GFW.....	21
1.2.e. Manipulation des données IMAGES	23
2_ EVALUATION DES CHANGEMENTS DU COUVERT FORESTIER PAR SATELLITE (J2).....	24
2.1. Outils et catalogues de données de Télédétection.....	24
2.1.a. Earth Explorer.....	24
2.1.b. Planet Explorer via QGIS	24
2.1.c. Google Earth Engine	24
2.2. Exercices d'application	24
2.2.a. Plugin QGIS Planet Explorer.....	24
2.2.b. Google Earth Engine : production d'une image composite et moissonnage de données	24
3_ PRODUCTION D'UN BULLETIN D'ALERTE POUR LE SUIVI OPERATIONNEL (J3)	25
3.1. Finalisation des alertes	25
3.1.a. Reprojection dans un système métrique.....	25
3.1.b. Vectorisation en polygones.....	26
3.1.c. Calcul de surface et dernier filtrage.....	26
3.1.d. Création d'un identifiant	28
3.1.e. Conversion en points GPS	29



3.2.	Préparation des autres données requises et mise en forme.....	32
3.2.a.	Ajout de données de contexte.....	32
3.2.b.	Définition de la grille de segmentation.....	32
3.2.c.	Mise en forme des différentes couches.....	34
3.3.	Mise en page et production du bulletin.....	34
3.3.a.	Les cinq éléments de base d'une carte.....	35
3.3.b.	La mise en page de type Atlas.....	36
3.3.c.	Mini carte de localisation et numéro de cellule.....	38
3.3.d.	Ajout des graticules.....	39
3.3.e.	Affichage dynamique des informations des alertes	40
CONCLUSION		42



INTRODUCTION

Il existe aujourd'hui en Côte d'Ivoire une diversité de solutions pour le suivi des changements de couverts forestiers, qu'il s'agisse de suivi de la déforestation, de la dégradation des forêts ou de la régénération. Ce sont des systèmes nationaux ad-hoc développés à destination des autorités nationales impliquées dans la gestion des terres et programmes nationaux (ex. REDD+), ou des systèmes « clé-en-main » développés à l'échelle pantropicale voire globale par des instituts de recherche internationaux et disponibles pour le grand public. Malgré les efforts considérables de développement, ces systèmes de suivi ont du mal à être déployés chez les acteurs de la conservation et du développement durable car ils produisent des informations de nature différentes, parfois divergentes, difficiles à traduire en termes d'activités humaines sur le terrain, ce qui explique leur faible utilisation opérationnelle.

L'enjeu du suivi de la déforestation et en particulier des forêts humides en Côte d'Ivoire se situe à plusieurs niveaux, en particulier : 1) la persistance des nuages quasiment sur toute l'année, 2) la rapidité des processus en jeu (ex. jours, semaines) et 3) la finesse spatiale des processus (ex. coupe ou mortalité d'arbre isolé du fait de la coupe sélective ou méthode de production de cacao). Les données et outils d'Observation de la Terre (Télédétection) offrent des solutions pour mesurer et détecter ces changements de manière fiable et répétée dans le temps sur de grandes étendues. Cependant aucune solution n'est parfaite, et il est nécessaire de bien comprendre les solutions existantes (avantages et limites) et connaître les possibilités de développer son propre système de suivi selon ses attentes et priorités (choix de la méthode de détection des changements, type d'alerte, fréquence de suivi, unité minimale de détection, etc.).

L'ONG Nitidæ est engagée dans la mise en œuvre d'activités de développement zéro-déforestation dans le territoire de la Région de la Mé depuis 2016, et en particulier dans le cadre du projet PRM2 « Préserver la biodiversité de Mabi-Yaya & Renforcer le développement socio-économique de la Mé » en partenariat avec l'OIPR. Par ailleurs Nitidæ, à travers son laboratoire d'analyses spatiales et environnementales (Nitidæ Lab') réalise des suivis des terres dans la région (cartographie de l'occupation du sol de la Région de la Mé depuis 2016). Les télédétecteurs du Lab' ont proposé une première version rapide (mars 2020) de Bulletin d'alerte de la déforestation pour la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya afin d'accompagner les opérations de terrain de l'OIPR. Cette première version a été discutée (juillet 2022) et fait ressortir des besoins d'adaptation de l'outil notamment sur le seuil de détection, unité minimale de cartographie (0,5 ha), alignement des restitutions cartographiques sur un quadra de 2km, besoin de vérification sur le terrain et renforcement des capacités des agents aux techniques de télédétection et production des bulletins d'alerte. Afin d'avancer sur ces différents sujets, il a été convenu de proposer un module de formation technique avancée en télédétection dédié au système de suivi des forêts.



OBJECTIF

La formation qui s'est déroulée du 28 Novembre au 02 Décembre 2022 a eu pour objectif de développer des compétences en télédétection afin de proposer un système d'alerte et de suivi de la déforestation pertinent et utile pour la gestion de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya, également applicable sur d'autres réserves ou forêt classées en Côte d'Ivoire.

Ce module de formation théorique de 3 jours a visé en particulier les objectifs suivants :

- Acquérir des connaissances et une bonne compréhension des systèmes de suivi existants (avantages, limites) ;
- Maîtrise des outils de production de données satellites pertinentes (date, résolution, indices) ;
- Bonne compréhension des méthodes de détection des changements ;
- Production d'une chaîne de traitement de détection des changements ;
- Production de bulletin d'alerte de la déforestation dédié à l'intervention sur le terrain.

Le module a été suivi d'une mission de vérification/validation de plusieurs alertes avec les formateurs afin d'appuyer plus efficacement l'OIPR dans le suivi des défrichements.



1_ EVALUATION DES OUTILS ET PRODUITS EXISTANTS DE SUIVI DE LA DEFORESTATION ET DE LA DEGRADATION FORESTIERE (J1)

1.1. Présentation des différents systèmes de suivi retenus

Cette dernière décennie a vu naître plusieurs systèmes ou outils de surveillance de la forêt ivoirienne. Ces principaux systèmes comprennent une carte de référence, un système d'alerte de déforestation et une plate-forme d'analyse, de visualisation et de partage des données. Les principaux fonctionnels sont présentés en détail ci-dessous.

1.1.a. Données GLAD (Global Land Analysis & Discovery)

Le laboratoire de recherche GLAD de l'Université de Maryland mené par le Professeur Matthew Hansen produit et met à disposition diverses données à échelle mondiale. Celles-ci comprennent des alertes de déforestation quasiment en temps réel à partir d'images optiques Landsat (30 m de résolution et fréquence de repassage théorique de 8 jours). Seulement les deux dernières années sont couvertes, donc 2022 et 2023 actuellement.

Le postulat est qu'une perte de plus de 50% de la surface de la canopée au sein d'un pixel correspond à de la déforestation. Il n'y a pas de différenciation entre perturbations anthropiques et naturelles étant donné la difficulté d'automatiser cette différenciation à très grande échelle.

Les données sont consolidées par détection multi-dates, ce qui permet de définir différents niveaux de confiance. Si une alerte est détectée une seule fois, elle est classée en *probable*. Par contre, si elle est de nouveau détectée (une ou plusieurs fois) dans les 4 prochaines observations satellites ou les 180 jours suivants, alors elle est classée en *confirmée*.

Les données sont encodées en jour de l'année (*Date Of the Year* ou *DOY* en anglais). Par exemple, si l'on a la valeur 234 dans un pixel pour les alertes de 2022, cela veut dire qu'il y a eu un épisode de déforestation au sein de ce pixel le 22 août 2022. Il suffit pour cela de se référer à un calendrier indiquant le numéro de jour pour l'année choisie.

Ces deux informations sont séparées dans deux rasters différents. Le niveau de confiance des alertes encodé (0) pour pas d'alertes, (2) pour les alertes *probables*, et (3) pour les alertes *confirmées*. Et les alertes à proprement parler avec (0) pour pas d'alertes, et entre (1) et (365) pour l'indication du DOY.

Avantages

- Couverture quasi mondiale
- Méthodologie transparente et éprouvée scientifiquement ([Hansen et. al 2016](#))
- Système de détection des changements conservatif : très peu de faux positifs

Inconvénients

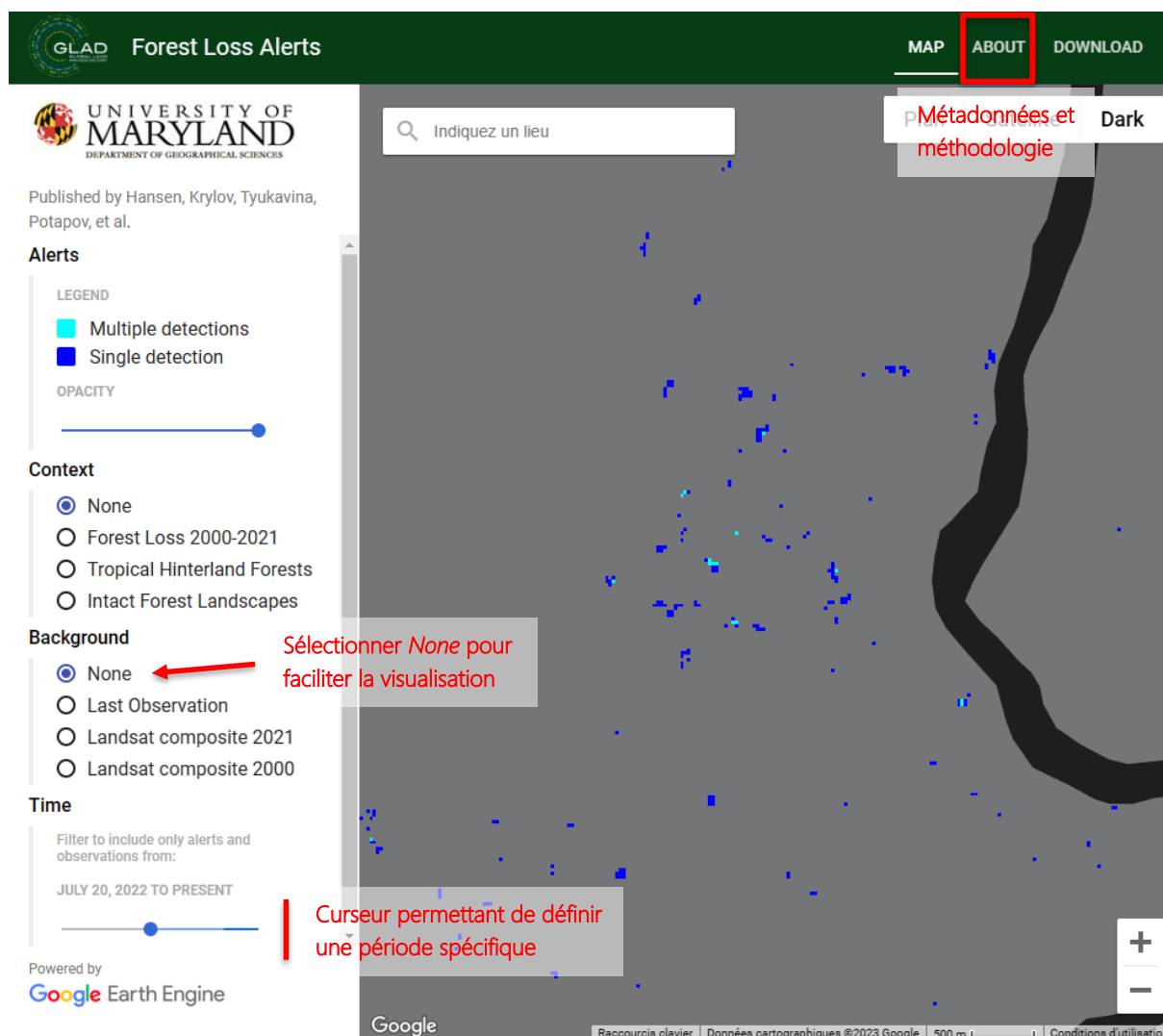
- Ne fournit pas d'estimation fiable en termes de surface mais en termes de nombre d'évènements



- Définition uniforme de la « forêt » : arbres de plus de 5m de haut avec une canopée fermée de plus de 30% (à l'échelle du pixel de 30m) : les plantations peuvent également être prise en compte
- Basé sur des images optiques donc moins approprié pour la Côte d'Ivoire (présence récurrente de nuages)

Les données peuvent être explorées en suivant ce lien : glad-forest-alert.appspot.com

Il faut zoomer suffisamment pour pouvoir voir des alertes qui sont indiquées en bleu ciel ou bleu foncé selon le niveau de confiance. Des données de contexte comme l'historique de déforestation entre 2000 et 2021 sont disponibles. Plusieurs fonds de carte supplémentaires à partir d'images satellites composites sont également présents. Il y en a un par défaut et il est préférable de le désactiver pour mieux visualiser les alertes. Il est aussi possible de filtrer les alertes selon une période spécifique depuis aujourd'hui en modifiant la date jusqu'à laquelle on remonte à l'aide d'un curseur. Cette sélection concerne seulement la visualisation. L'onglet *About* contient un rappel des métadonnées et informations sur la méthodologie.





1.1.b. Données RADD (RAдар for Detecting Deforestation)

Le laboratoire GRS (*Geo-information Science and Remote Sensing*) de l'Université de Wageningen produit également des données intéressantes en termes d'alertes de déforestation. La méthodologie emploie des images radar Sentinel-1 (10 m de résolution et fréquence de repassage entre 6 et 12 jours). Les alertes remontent jusqu'au 1^{er} janvier 2019 pour l'Afrique. Pour le reste du monde, seulement à partir du 1^{er} janvier 2020.

Toute perturbation du couvert forestier, complète ou partielle à l'échelle du pixel, peut être considérée comme de la déforestation. C'est un modèle probabiliste entraîné sur des séries temporelles qui détermine si la variation du signal de rétrodiffusion correspond ou non à une perte de couvert forestier. Il n'y a pas de différenciation entre perturbations anthropiques et naturelles étant donné la difficulté d'automatiser cette différenciation à très grande échelle.

Comme pour les données GLAD, les données RADD sont consolidées par détection multi-dates et classées selon différents niveaux de confiance. Après une première détection, la probabilité que le signal ne corresponde pas non plus à de la forêt sur les observations suivantes est recalculée à chaque fois. Le délai maximal est de 90 jours à partir de la première détection. En fonction des résultats, les alertes sont soit écartées (faux positifs), soit classées en *non confirmées* (probabilités intermédiaires), soit classées en *confirmées* (probabilités hautes).

Les données sont encodées d'une façon spécifique à la plateforme sur laquelle elles sont disponibles (GFW, voir ci-dessous partie 1.1.b). Un seul raster regroupe le niveau de confiance et la date des alertes. Les valeurs de ses pixels sont des entiers dont le premier chiffre correspond au niveau de confiance : (2) pour les alertes *non confirmées*, (3) pour les *confirmées*. Le reste correspond à la date en nombre de jour depuis le 31 décembre 2014. La valeur (0) est utilisée pour indiquer l'absence d'alerte. Voici quelques exemples :

20001 : alerte *non confirmée* le 1^{er} janvier 2015 (1 jour depuis le 31 décembre 2014)

30055 : alerte *confirmée* le 24 février 2015 (55 jours depuis le 31 décembre 2014)

21847 : alerte *non confirmée* le 21 janvier 2020 (1847 jours depuis le 31 décembre 2014)

32316 : alerte *confirmée* le 4 mai 2021 (2316 jours depuis le 31 décembre 2014)

32783 : alerte *confirmée* le 14 août 2022 (2783 jours depuis le 31 décembre 2014)

Avantages

- Pas d'absence de détection en présence d'une couverture nuageuse (données radar pénétrantes)
- Méthodologie associée à un article scientifique ([Reiche et al. 2021](#))
- Masquage préalable avec une cartographie mondiale des forêts tropicales denses humides ([Turubanova et al. 2018](#))
- Système de détection des changements conservatif : très peu de faux positifs car un tamisage des alertes est appliqué (surface minimum de 0.2 ha soit 20 pixels)

Inconvénients

- Sensibilité aux variations d'humidités qui peut induire de fausses détections (ex : forêts marécageuses)

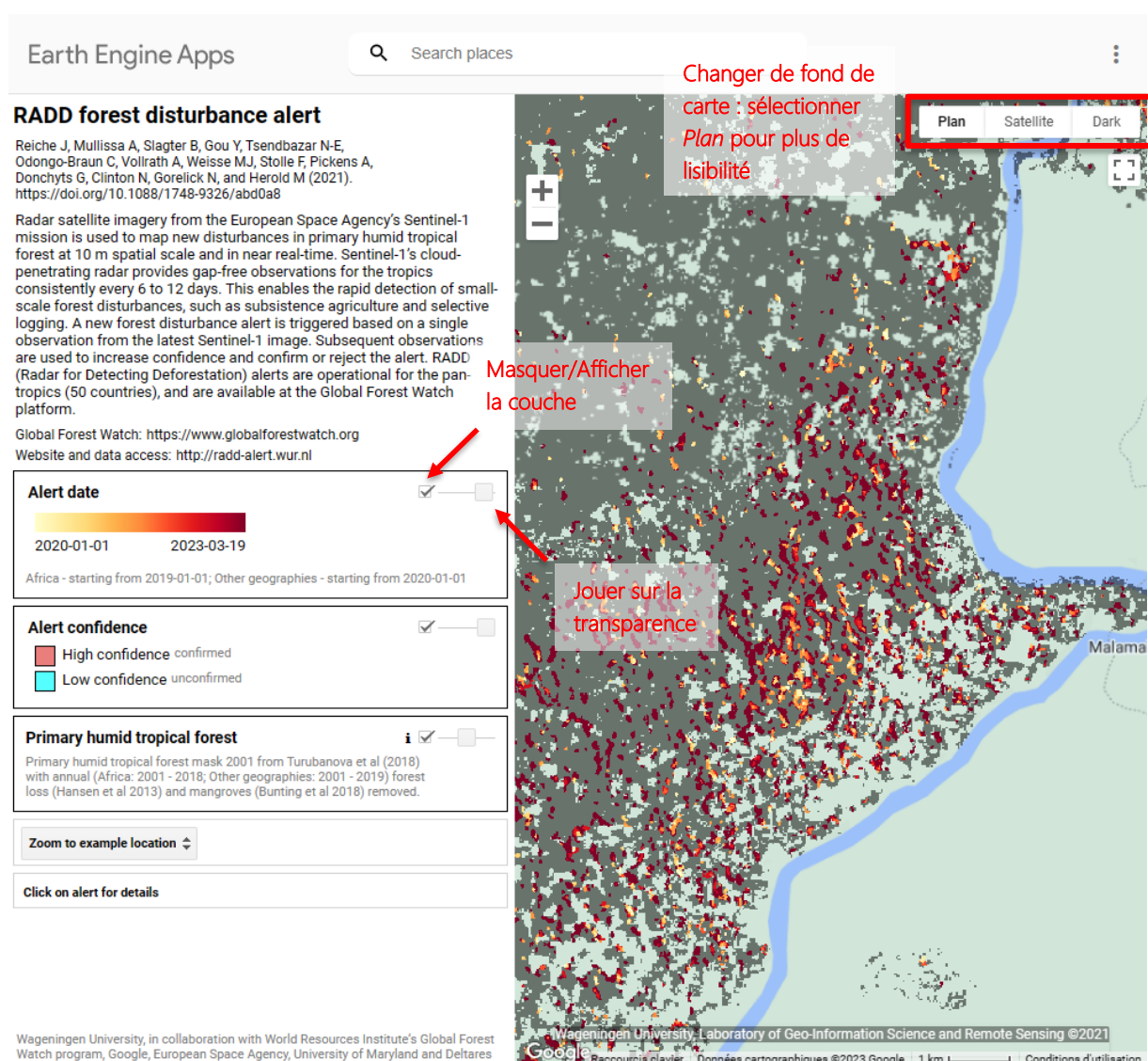


- Le masquage préalable est aussi un inconvénient étant donné qu'il se base sur une donnée produite à échelle mondiale : des incohérences ou décalages peuvent apparaître à échelle locale

Les données peuvent être explorées en suivant ce lien :

<https://nrtwur.users.earthengine.app/view/raddalert>

Les alertes sont indiquées selon un nuancier qui va du jaune au rouge selon si elles sont anciennes ou récentes. Le niveau de confiance (en rouge pâle ou bleu ciel) ainsi que le masque des forêts tropicales denses humides (en noir) sont également disponibles. Il est possible d'afficher ou de masquer chacune de ces couches et de jouer sur la transparence. Plusieurs fonds de carte Google Maps sont disponibles (Plan, Satellite ou Dark). Le fond de carte Plan est le plus adapté pour visualiser au mieux les alertes.



Plus d'informations comme les métadonnées et la méthodologie sur ce site : [RADD Forest Disturbance Alert - WUR](#)



1.1.c. Plateforme GFW (Global Forest Watch)

La plateforme GFW a été développée dans le cadre d'un partenariat entre l'Université de Maryland et Google Earth Engine. Diverses données à échelle mondiale relatives aux forêts sont disponibles dessus dont des alertes de déforestation en temps réel. Cette donnée est le résultat de l'agrégation de plusieurs systèmes d'alerte préexistants (GLAD Landsat, GLAD Sentinel-2 et RADD).

La définition de la déforestation est donc multiple pour ces données. Pas non plus de différenciation entre perturbations anthropiques et naturelles.

Une consolidation des données est effectuée en affectant un niveau de confiance selon si les alertes ont été détectées par un ou plusieurs systèmes. Cela vient en plus de la consolidation de chacun des systèmes et permet d'avoir un niveau de confiance homogène.

Les données sont encodées exactement comme les données RADD : un seul raster avec des valeurs entières combinant niveau de confiance et date en nombre de jour depuis le 31 décembre 2014. Un troisième niveau de confiance, indiqué par le chiffre (4), est présent en plus et correspond au cas où une alerte est détectée par plusieurs systèmes. C'est le niveau le plus élevé. Voici quelques exemples :

22588 : alerte *non confirmée* le 6 février 2022

32765 : alerte *confirmée* le 27 juillet 2022

42842 : alerte *détectée par plusieurs systèmes* le 12 octobre 2022 (date de la première détection)

Avantages

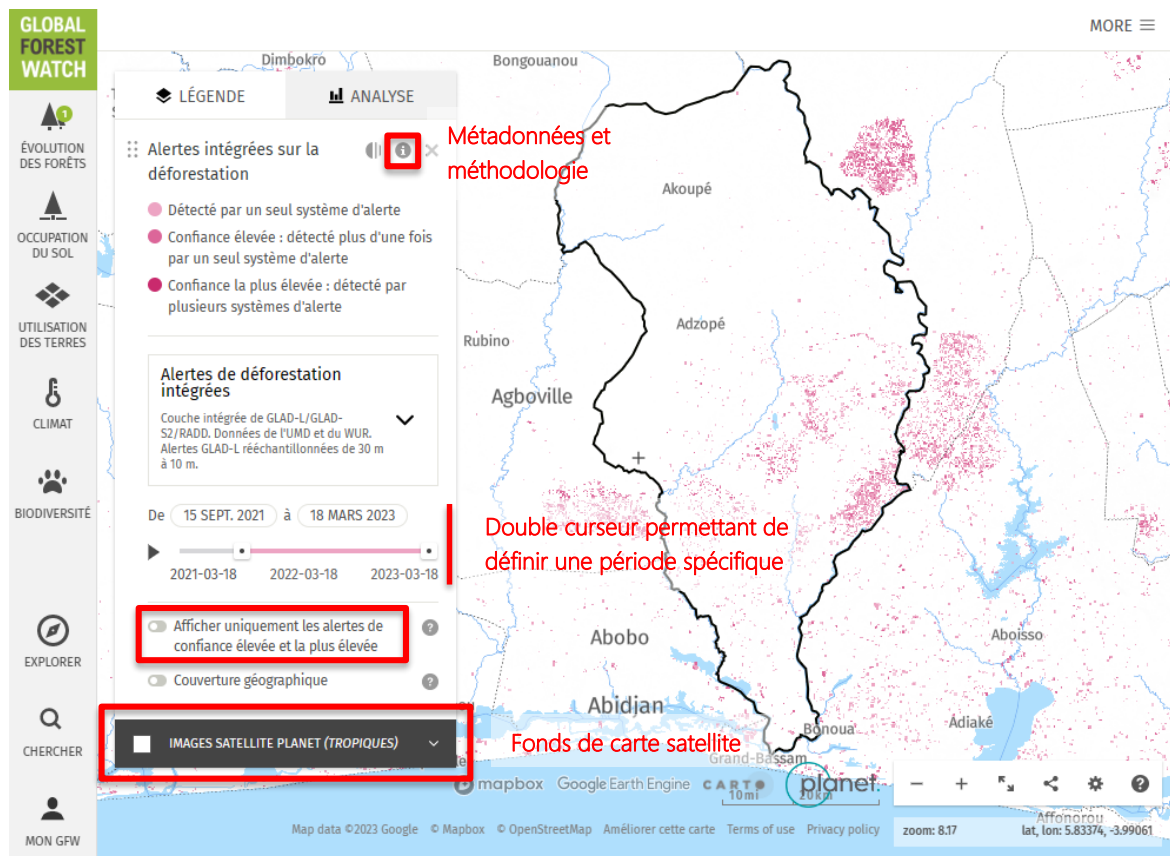
- Niveau de confiance encore plus élevé grâce au croisement de plusieurs systèmes d'alerte : grande utilité pour l'opérationnel
- Alertes aussi bien produites à partir d'images optiques que radar : continuité de la détection même en période nuageuse

Inconvénients

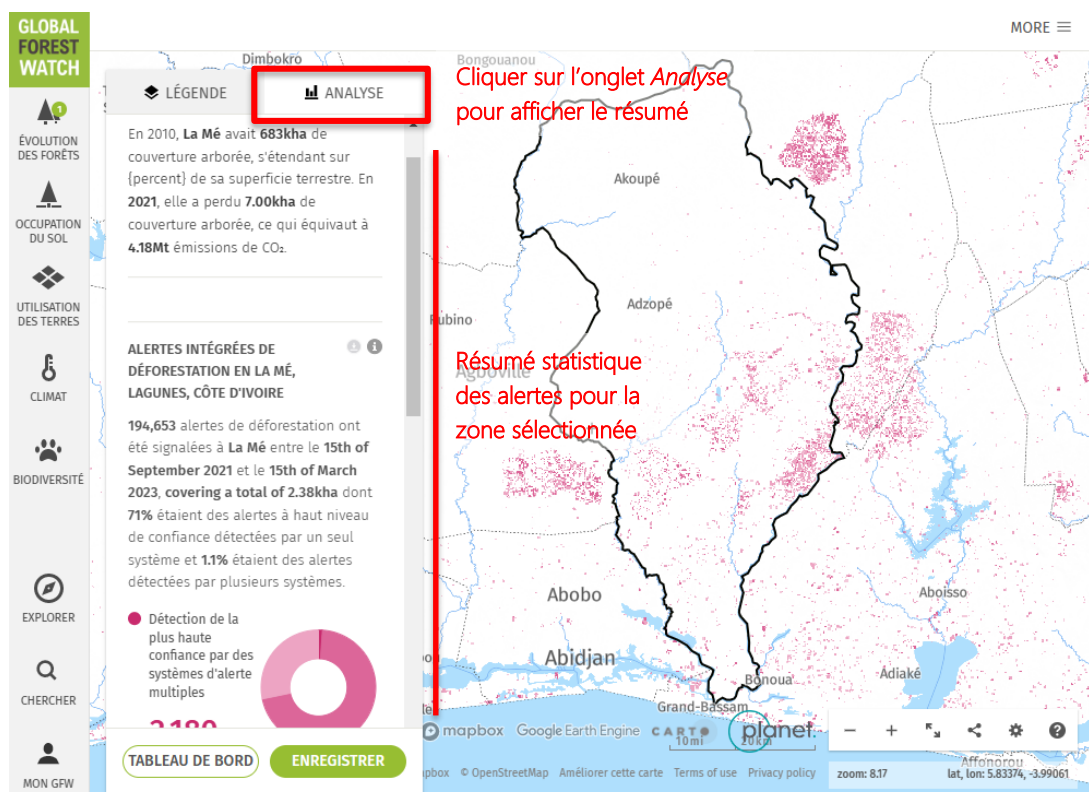
- Définition hétérogène de la « forêt »
- Pas de spécification du ou des systèmes de provenance des alertes : difficulté à comprendre et interpréter les erreurs de détection étant donné que chaque système a des limites différentes.

La plateforme et les données peuvent être explorées en suivant ce lien : globalforestwatch.org

Les alertes sont indiquées par différents niveaux de rose/magenta selon le niveau de confiance. Un bouton permet de seulement afficher les alertes du plus haut niveau de confiance. Un double curseur permet de filtrer les alertes selon une période spécifique entre deux dates. Différents fonds de carte satellites sont également disponibles (Planet, Landsat, etc) et pour lesquels il est aussi possible de sélectionner une période spécifique. Les métadonnées et informations sur la méthodologie sont disponibles en cliquant sur le petit « i ».



Ici, la région de la Mé est sélectionnée comme zone d'analyse des alertes : un résumé statistique est disponible dans l'onglet *Analyse*. Pour changer de région d'analyse, il suffit de cliquer à un autre endroit sur la carte. Un pop-up apparaîtrait où il faudrait cliquer sur *Analyze*.





1.1.d. Plateforme nationale IMAGES

Développée avec Vivid Economics dans le cadre du programme de partenariat international de l'Agence Spatiale Britannique (UKSA), la plateforme IMAGES est un outil dédié à la Côte d'Ivoire et spécifiquement conçu pour permettre un suivi des alertes précoces de déforestation. Elle est gérée par le MINEF et le MIPD. Les alertes sont produites à partir d'images radar Sentinel-1 et sont disponibles à partir du 5 juin 2019.

Seulement la forêt primaire est considérée ici pour ces alertes. Elle est définie comme une terre avec un couvert forestier supérieur à 70 %, constitué d'arbres atteignant une hauteur d'au moins 15 mètres. Comme précédemment, pas de différenciation possible entre perturbations anthropiques et naturelles.

Les alertes sont mises à jour toutes les six semaines. A priori, il n'y a pas de consolidation des données, ni de niveau de confiance.

Les données sont encodées en nombre de jour depuis le 3 avril 2014 (date de lancement de la mission Sentinel-1). Voici quelques exemples :

2105 : alerte le 7 janvier 2020 (2105 jours depuis le 3 avril 2014)

2597 : alerte le 13 mai 2021 (2597 jours depuis le 3 avril 2014)

2945 : alerte le 26 avril 2022 (2945 jours depuis le 3 avril 2014)

Avantages

- Masquage des forêts primaires : évite normalement les détections dans les plantations
- Pas d'absence de détection en présence d'une couverture nuageuse (données radar pénétrantes)

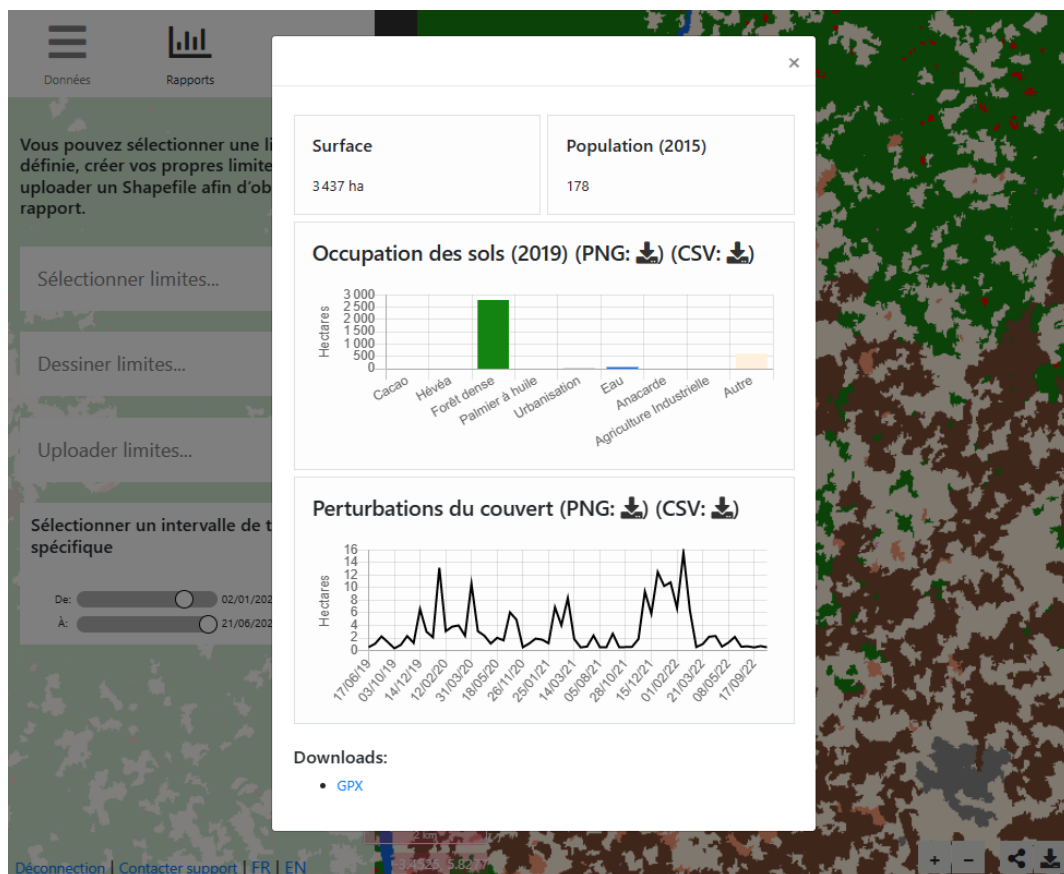
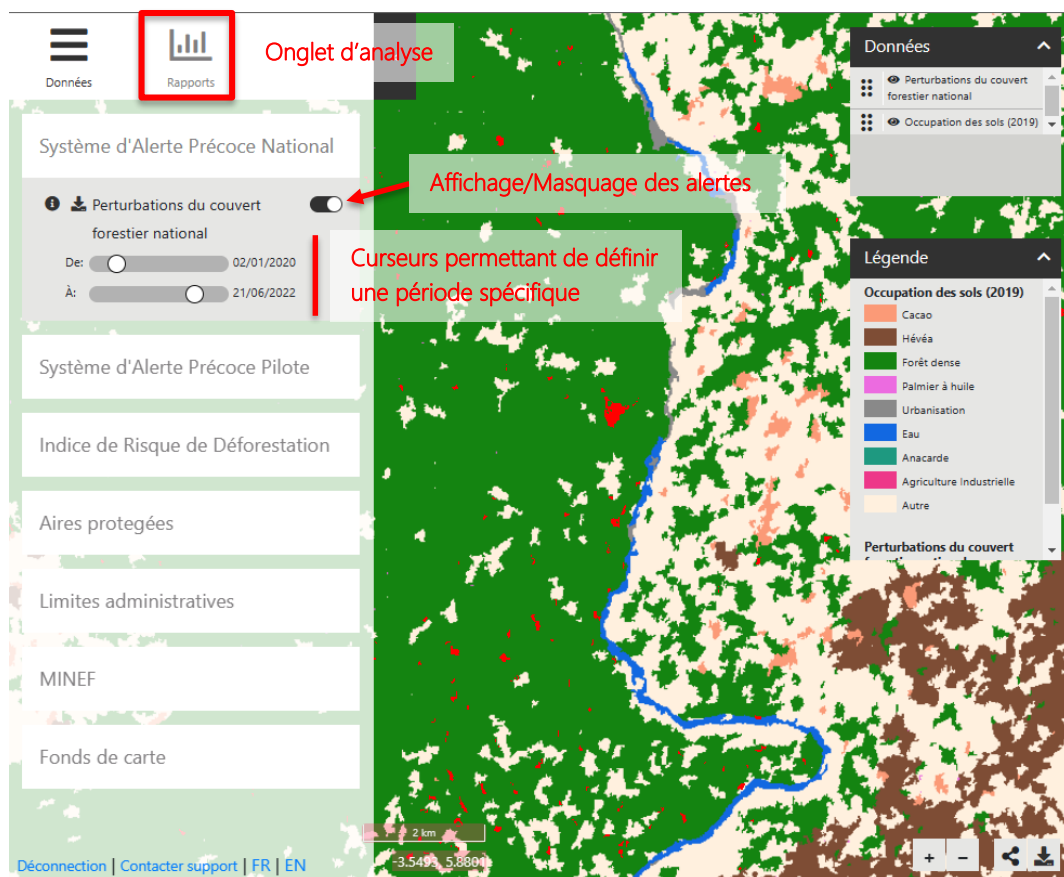
Inconvénients

- Fréquence de mise à jour basse dans le contexte opérationnel
- Pas de consolidation et de niveau de confiance
- Pas de tamisage des alertes selon leur surface

La plateforme et les données peuvent être explorées en suivant ce lien : <https://images-beta.vivid-earth.com/login>. Les accès sont ID : **ETCTERRA** et MP : **Dsurb230**

Une fois sur cette page, il faut aller dans l'onglet *Système d'Alerte Précoce National* pour activer l'affichage des alertes qui sont indiquées en rouge. Une carte de l'occupation du sol de 2019 ainsi que des images Sentinel-2 sont disponibles en fonds de carte. D'autres données de contexte sont également présentes comme les limites des aires protégées ou un indice de risque de déforestation. Comme précédemment, il est possible de filtrer les alertes selon une période spécifique à l'aide de curseurs bien que cela ne concerne que la visualisation.

Un onglet d'analyse appelé *Rapports* est également disponible. Il permet d'afficher pour une zone donnée un historique des alertes et certaines statistiques issues de données de contexte. La zone peut être définie à partir de limites administratives, d'aires protégées, ou d'un fichier SIG (type shapefile). Elle peut également être dessinée à main levée directement sur la plateforme.





1.2. Exercices d'application

1.2.a. Téléchargement des différentes alertes

Données GLAD

Ces données sont téléchargeables sur le site fourni plus haut en allant dans l'onglet « *Download* » en haut à droite de la page. Comme elles couvrent l'ensemble du globe, elles sont segmentées en tuiles d'environ 10°x10° (latitude-longitude). Pour accéder aux données d'une tuile, il faut cliquer dessus au niveau du planisphère. On sélectionne la tuile couvrant le sud de la Côte d'Ivoire. Des liens permettant le téléchargement apparaîtront alors en-dessous en bleu.

Comme visible ci-dessus, plusieurs données sont disponibles. Celles qui nous intéressent sont *alert22*, le raster avec les niveaux de confiance des alertes de 2022 ; et *alertDate22*, le raster avec les dates (DOY) des alertes de 2022.

Toutes les données disponibles sont décrites plus en détails en bas de cette page internet.



Données RADD

Les données RADD sont disponibles sur la plateforme GFW et sur Google Earth Engine (voir partie 2.1.c). Pour GFW, l'adresse est la suivante :

<https://data.globalforestwatch.org/datasets/gfw::deforestation-alerts-radd/about>

Sur cette page, les principales informations concernant ces données sont rappelées.

Comme précédemment, ces données sont globales donc aussi segmentées par tuiles d'environ 10°x10°. Pour y accéder, il faut cliquer sur « *Afficher la carte* ». Une nouvelle page s'affiche sur laquelle il est possible de cliquer sur la tuile qui nous intéresse. On sélectionne celle qui recouvre le sud de la Côte d'Ivoire. Un pop-up s'ouvre alors affichant une table attributaire dans laquelle un lien de téléchargement est indiqué. En copiant-collant ce lien dans la barre de recherche du navigateur internet, cela télécharge automatiquement les données.

Deforestation alerts (RADD)

Global Forest Watch (GFW)
Global Forest Watch

Résumé

Near-real-time forest disturbance alerts in primary humid tropical forests using Sentinel-1's cloud-penetrating radar sensors

Afficher les détails complets

Télécharger

Détails

- Jeu de données**
Feature Layer
- 14 janvier 2022**
Informations mises à jour
- 3 janvier 2022**
Données mises à jour
- 3 janvier 2022**
Date de publication
- 71 enregistrements**
Afficher la table de données
- Public**
Ce contenu peut être vu par tout le monde
- Licence personnalisée**
Afficher les détails des licences

Je souhaite utiliser ceci

wur_radd_alerts_0

tile_id	download
10N_010W	https://data-globalforestwatch.org/datasets/gfw::deforestation-alerts/latest/download/geotiff?grid=10/1000008&tile_id=10N_010W&pixel_meaning=date_conf&x-api-key=2d60cd88-8348-4c0f-a6d5-bd9adb585a8c

Objectid: 22
Shape_Area: 1 245 542 622 5

Les données téléchargées contiennent toutes les alertes RADD de la tuile, toutes années confondues, avec le niveau de confiance combiné à la date grâce à l'encodage utilisé comme expliqué plus haut (partie 1.1.b).



Données GFW

Les données agrégées de GFW sont disponibles à l'adresse suivante :

<https://data.globalforestwatch.org/datasets/gfw::integrated-deforestation-alerts/about>

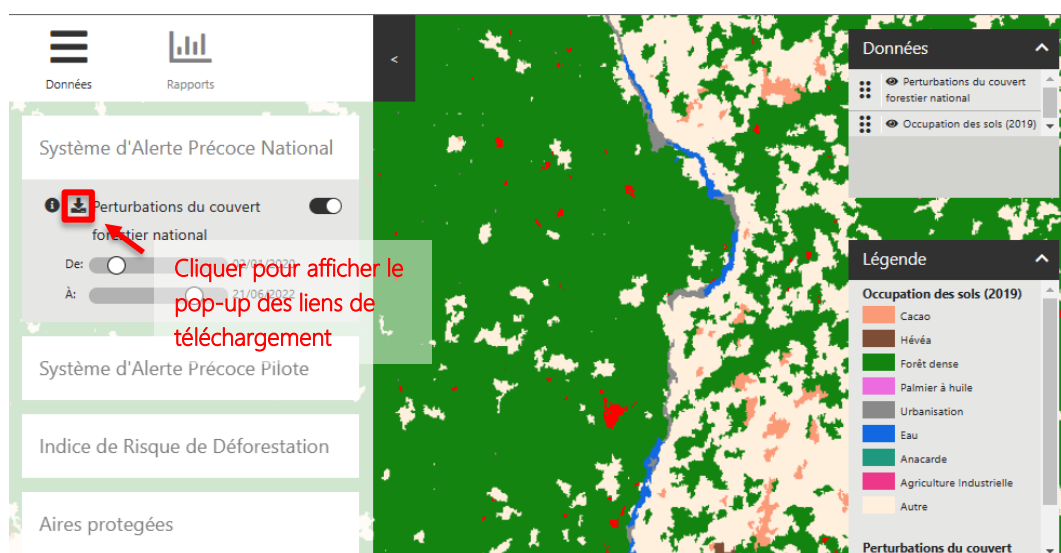
Sur cette page, les principales informations concernant ces données sont rappelées.

La procédure de téléchargement est identique à celle décrite pour les données RADD.

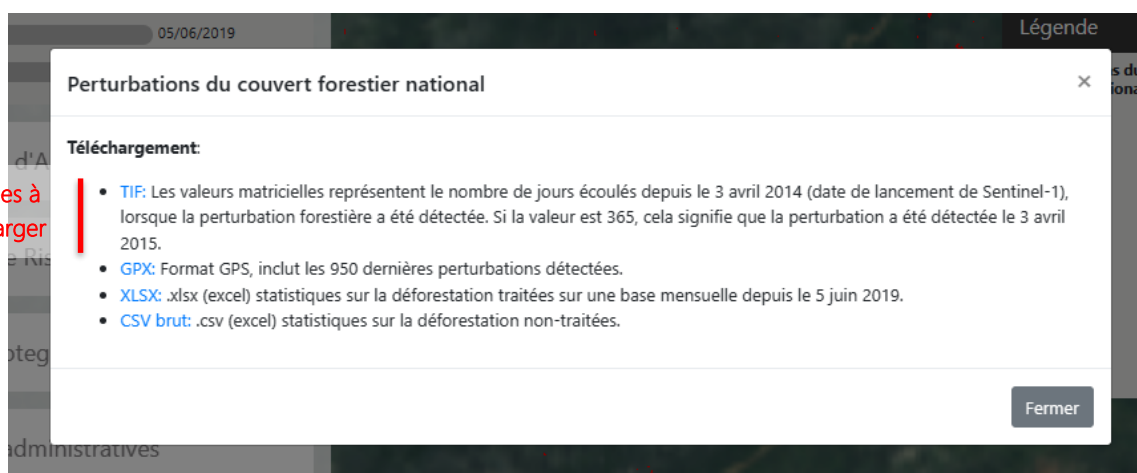
Les données téléchargées contiennent toutes les alertes agrégées GFW de la tuile, toutes années confondues, avec le niveau de confiance combiné à la date comme expliqué précédemment (partie 1.1.c).

Données IMAGES

Les données sont disponibles sur la plateforme (adresse fournie plus haut) dans l'onglet *Système d'Alerte Précoce National* en cliquant sur le logo de téléchargement. Celui-ci ouvre un pop-up avec la liste des liens de téléchargement des données sous différents formats. Celui qui nous intéresse est le format TIF pour avoir le raster des alertes.



Données à télécharger



Les données téléchargées contiennent toutes les alertes IMAGES de Côte d'Ivoire, toutes années confondues, avec la date encodée comme expliqué plus haut (partie 1.1.d).



1.2.b. Extraction sur la zone d'étude

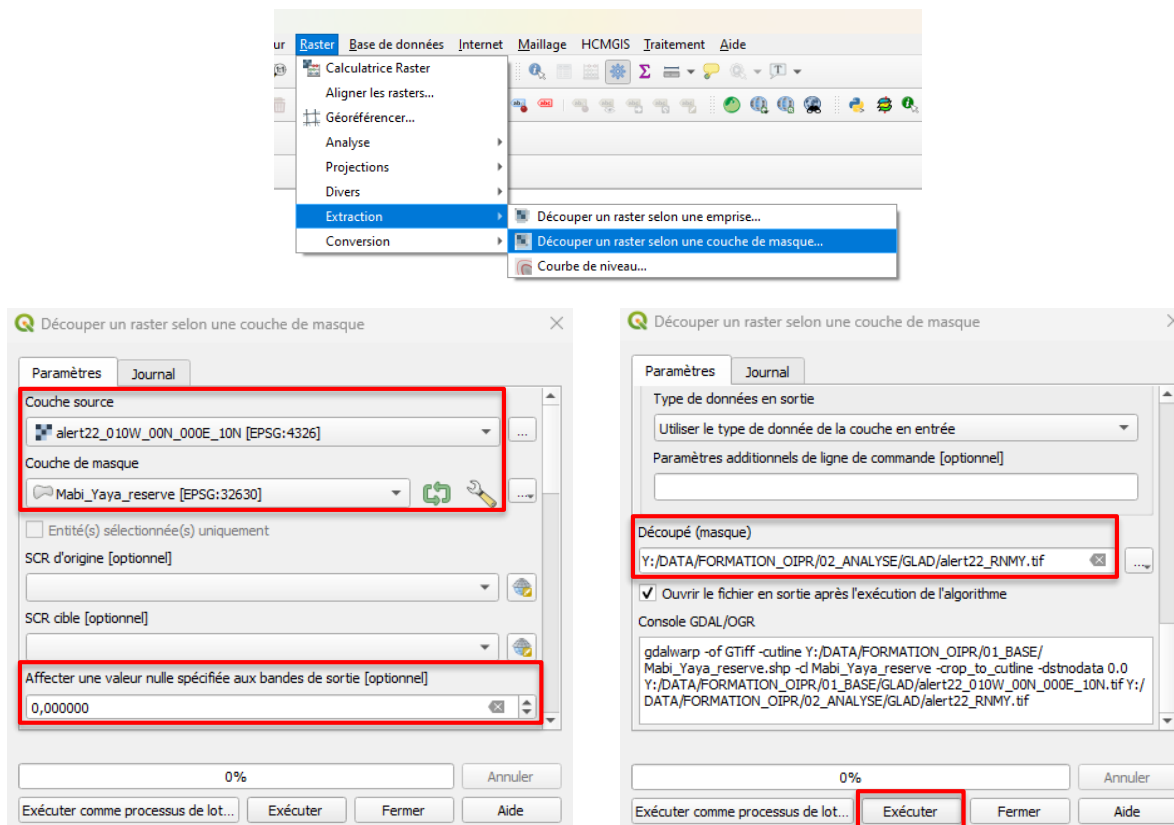
Afin de pouvoir exploiter pleinement ces différentes données, il est nécessaire de savoir comment les reformater, les manipuler, et en extraire les informations qui nous intéressent. Cela peut être par exemple filtrer selon le niveau de confiance pour seulement conserver les alertes confirmées, ou encore filtrer selon la date pour analyser une période ciblée. Tous ces traitements seront faits dans le logiciel QGIS (version 3.X recommandée).

Lorsque l'on a une zone d'étude clairement définie, il est toujours préférable de réaliser en tout premier un découpage des données rasters. Cela permet de réduire leur taille et donc de limiter les temps de traitements lors des manipulations ultérieures.

Ici, nous allons découper les rasters des alertes selon les limites de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya une fois chargées dans QGIS à partir du shapefile fourni (*01_BASE/Mabi_Yaya_reserve.shp*). La procédure est la même pour chaque raster. Charger également les 5 rasters des différentes alertes.

Aller dans l'onglet *Raster* > *Extraction* et ouvrir l'outil *Découper un raster selon une couche de masque*. Sélectionner le raster à découper (ici le niveau de confiance des alertes GLAD 2022) et spécifier les limites de la réserve comme *Couche de masque*. Indiquer également 0 comme valeur nulle pour le fichier de sortie. Toutes les données utilisent cette valeur pour spécifier l'absence de données (voir partie 1.1). Enfin, défiler vers le bas et indiquer le répertoire et le nom du fichier de sortie (ici *alert22_RNMY.tif* dans le dossier *02_ANALYSE/GLAD*). Il est essentiel de spécifier l'extension *.tif* du fichier. Cliquer sur *Exécuter* pour terminer et produire l'extraction (à faire à chaque fois).

Réaliser l'extraction pour les 5 rasters (ajouter le suffixe *_RNMY* à chaque fois).

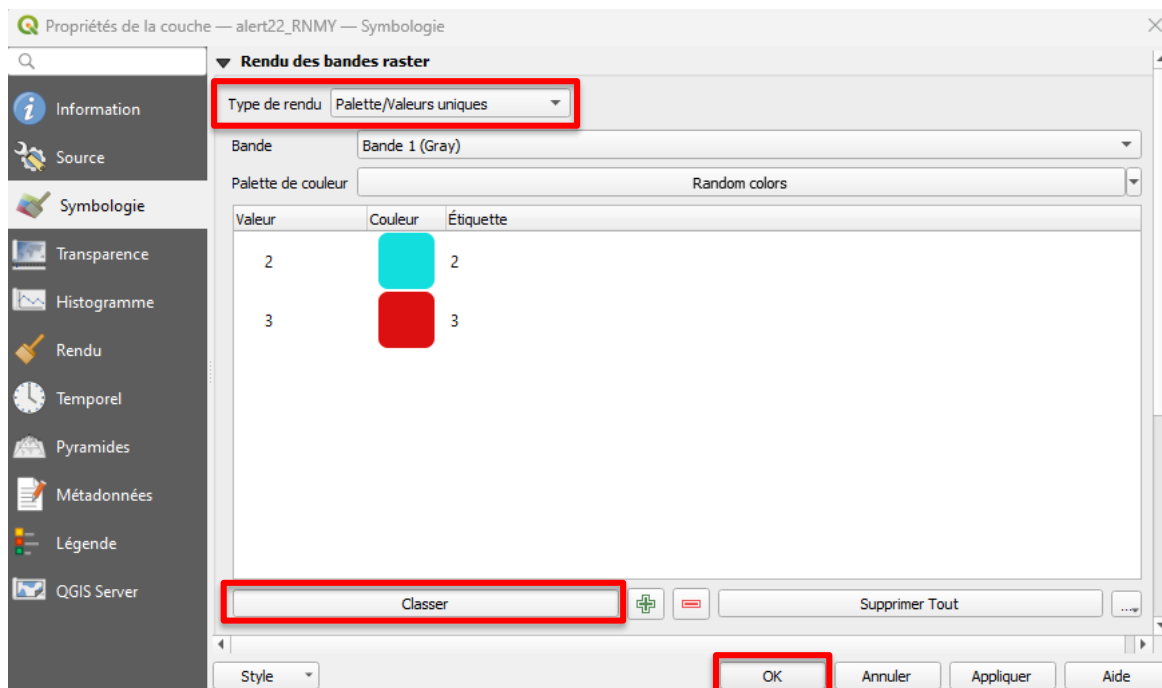




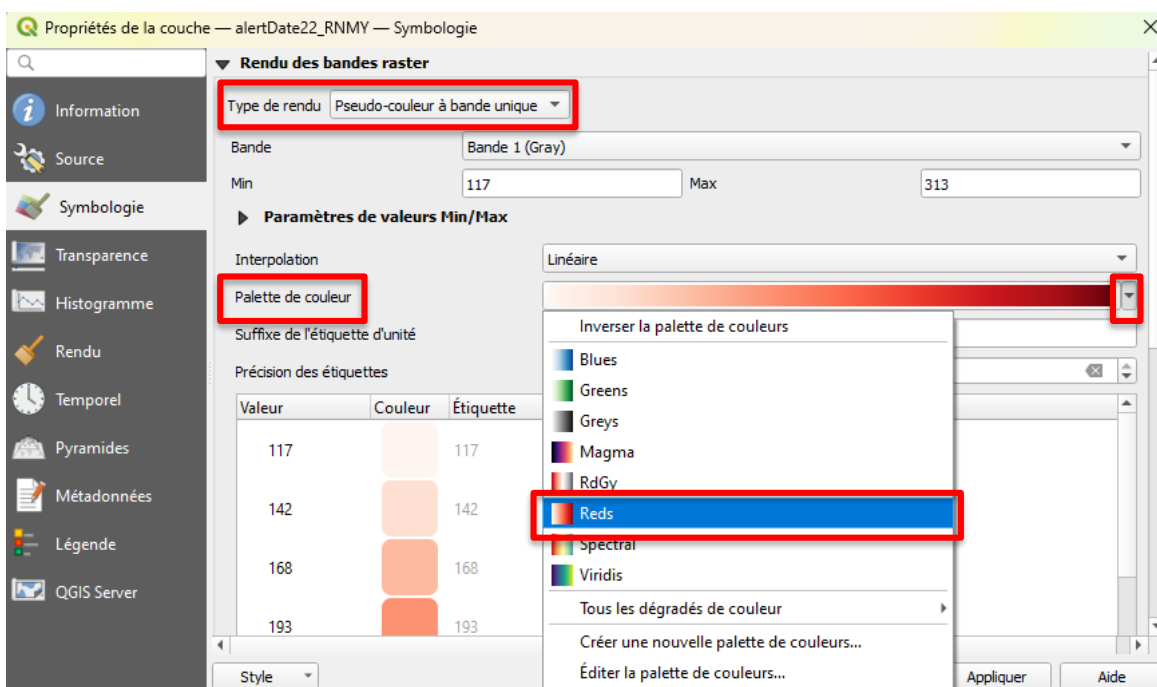
1.2.c. Manipulation des données GLAD

Commençons par changer la symbologie des extractions faites précédemment (*clic-droit sur la couche > Propriétés > onglet Symbologie*).

Pour la couche du niveau de confiance des alertes GLAD (*alert22_RNMY*), choisir un rendu *Palette/Valeurs uniques*, cliquer sur *Classer* puis sur *OK* pour valider les changements (à faire à chaque fois que l'on veut changer la symbologie).



Pour la couche des dates des alertes (*alertDate22_RNMY*), choisir un rendu *Pseudo-couleur à bande unique* et la palette de couleur *Reds* si elle n'est pas déjà sélectionnée et valider.





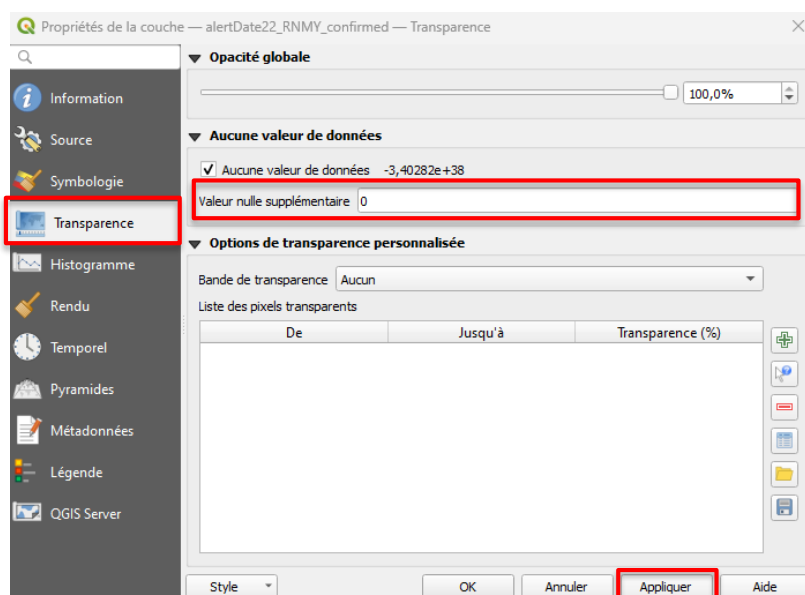
Filtrons maintenant les alertes pour seulement garder celles qui sont *confirmées*, encodées par la valeur (3) dans le raster du niveau de confiance (*alert22_RNMY*). Aller dans l'onglet *Raster* et ouvrir la *Calculatrice Raster*. L'ensemble des rasters chargés sont listés en haut à gauche. L'expression que l'on souhaite calculer (addition, multiplication, etc) est à indiquer dans la zone en bas. Pour ajouter un raster à l'expression, il faut double-cliquer dessus dans la liste. La multiplication permet de faire des recoupements entre les rasters. La condition « égal à » permet de produire des rasters vrai/faux (encodé en 0/1) remplissant la condition spécifiée.

L'expression à indiquer est la suivante :

$$\underbrace{("alert22_RNMY@1" = 3)}_{\text{Niveau de confiance filtré}} * \underbrace{"alertDate22_RNMY@1"}_{\text{Date des alertes}}$$

Il faut également spécifier un répertoire et nom de fichier (*alertDate22_RNMY_confirmed.tif*) et cliquer sur *Emprise de la couche sélectionnée* après avoir cliqué sur une des deux couches utilisées. Il est nécessaire de faire cela à chaque fois que l'on utilise la calculatrice raster. Cliquer sur OK pour calculer le résultat.

Une fois le nouveau raster *alert22_RNMY_confirmed* produit, spécifier 0 comme *Valeur nulle supplémentaire* dans l'onglet *Transparence* de ses propriétés. Bien cliquer sur *Appliquer*. Changer également sa symbologie en *Pseudo-couleur à bande unique* avec la palette *Reds* comme pour la couche *alertDate22_RNMY* et valider.



Une fois ce filtrage sur le niveau de confiance fait, il est aussi possible de sélectionner les alertes selon leur date. Comme les données sont déjà segmentées par année avec un encodage en nombre de jours (DOY), il est assez facile de récupérer une période spécifique. Gardons par exemple seulement les alertes *confirmées* du mois d'avril de 2022. Le 1^{er} avril correspond au 91^{ème} jour, le 30 au 120^{ème}.

A l'aide de la *Calculatrice Raster* à partir de la couche précédemment calculée (*alertDate22_RNMY_confirmed*), l'expression à saisir est la suivante :

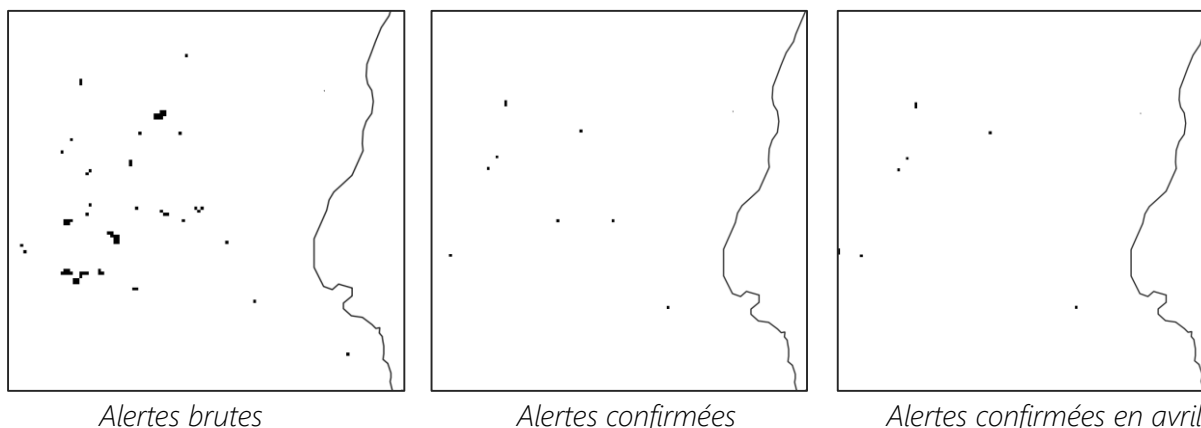
Date supérieure au 91^{ème} jour Date inférieure au 120^{ème} jour

((*"alertDate22_RNMY_confirmed@1"* >= 91) AND (*"alertDate22_RNMY_confirmed@1"* <= 120)) *
"alertDate22_RNMY_confirmed@1"

Date des alertes

Indiquer à nouveau 0 comme *Valeur nulle supplémentaire* et choisir une symbologie de type *Palette/Valeurs uniques*.

Ci-dessous, le filtrage progressif des alertes sur une partie de la RNMY grâce aux opérations précédentes :





Il est bien entendu possible de combiner ceux deux filtrages en même temps en une seule expression dans la calculatrice raster à partir des alertes brutes.

1.2.d. Manipulation des données RADD et GFW

L'encodage des données RADD et GFW est identique. Comme nous allons plutôt utiliser les données GFW par la suite et que celles-ci intègrent les données RADD, seulement la manipulation des alertes GFW va être présentée. Les opérations seront similaires pour traiter les données RADD si souhaité.

A partir de l'extraction des alertes GFW sur la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya (RNMY) faite précédemment (appelée *GFW_RNMY.tif*), faisons d'abord un filtrage selon le niveau de confiance. Gardons les alertes qui ont le niveau le plus élevé : celles dont la valeur commence par (4). Il faut par conséquent garder toutes les valeurs supérieures à 40000 (voir partie 1.1.c). Il est aussi nécessaire de se débarrasser de cette indication du niveau de confiance. Il suffit pour cela de soustraire 40000 aux valeurs filtrées. Il ne reste alors que les 4 derniers chiffres qui indique la date de l'alerte en nombre de jours.

On utilise à nouveau la *Calculatrice Raster* avec l'expression suivante :

$$(\text{"GFW_RNMY@1"} \geq 40000) * (\text{"GFW_RNMY@1"} - 40000)$$


Filtrage du niveau de confiance Niveau de confiance et date des alertes Suppression de l'encodage du niveau de confiance

Nommer le fichier *GFW_RNMY_NIV4.tif* dans un dossier approprié, spécifier 0 comme Valeur nulle supplémentaire, et changer la symbologie en *Pseudo-couleur de bande unique* avec la palette *Reds*.

Le raisonnement est le même si l'on souhaite utiliser des alertes d'un autre niveau de confiance. Pour le niveau encodé par (3) qui correspond à des alertes confirmées détectées par un seul système, l'expression est la suivante :

$$((\text{"GFW_RNMY@1"} \geq 30000) \text{ AND } (\text{"GFW_RNMY@1"} < 40000)) * (\text{"GFW_RNMY@1"} - 30000)$$


Filtrage du niveau de confiance : on ne garde que les valeurs commençant par (3)

Nommer le fichier *GFW_RNMY_NIV3.tif*.

Il est possible ensuite de filtrer ces alertes pour récupérer une année ou une période spécifique. L'opération est similaire à celle faite pour les données GLAD. La différence est qu'il est plus difficile de déterminer les nombres de jours correspondant aux dates qui bornent la période souhaitée. Le plus simple est d'utiliser un calculateur sur internet comme [celui-ci](#) en fixant la date de départ au 31 décembre 2014. Pour isoler les alertes de 2022 par exemple, le 1^{er} janvier est le jour 2558 et le 31 décembre est le jour 2992. L'expression dans la calculatrice est donc la suivante pour les alertes de « niveau 4 » :

$$((\text{"GFW_RNMY_NIV4@1"} \geq 2558) \text{ AND } (\text{"GFW_RNMY_NIV4@1"} \leq 2992)) * \text{"GFW_RNMY_NIV4@1"}$$


Début de la période choisie Fin de la période choisie Date des alertes



Et pour celles de « niveau 3 » :

```
(( "GFW_RNMY_NIV3@1" >= 2558) AND ("GFW_RNMY_NIV3@1" <= 2992)) * "GFW_RNMY_NIV3@1"
```

Nommer respectivement ces fichiers *GFW_RNMY_NIV4_2022.tif* et *GFW_RNMY_NIV3_2022.tif*.

On peut également cibler une période plus réduite, par exemple les 6 derniers mois. Le 1^{er} septembre 2022 est le jour 2801 et le 28 février 2023 est le jour 2981. L'expression devient donc pour les alertes de « niveau 4 » :

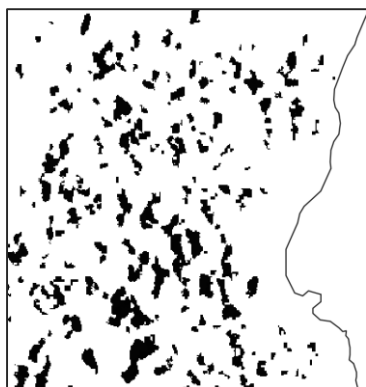
```
(( "GFW_RNMY_NIV4@1" >= 2801) AND ("GFW_RNMY_NIV4@1" <= 2981)) * "GFW_RNMY_NIV4@1"
```

Et pour les alertes de « niveau 3 » :

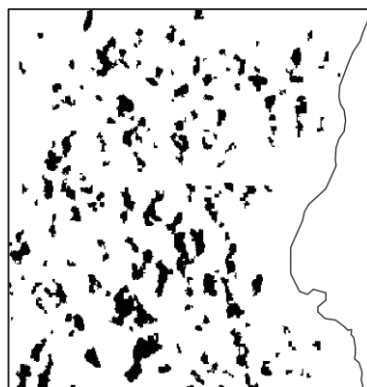
```
(( "GFW_RNMY_NIV3@1" >= 2801) AND ("GFW_RNMY_NIV3@1" <= 2981)) * "GFW_RNMY_NIV3@1"
```

Enregistrer les résultats respectivement sous *GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV.tif* et *GFW_RNMY_NIV3_SEPT_FEV.tif*.

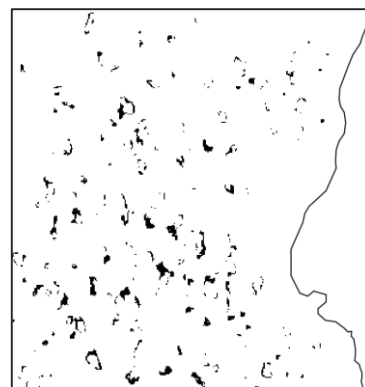
Voici les résultats des filtrages successifs pour la même sous zone de la RNMY :



Alertes brutes



Alertes de « niveau 3 et 4 »



*Alertes de « niveau 3 et 4 » entre
septembre 2022 et février 2023*

Une dernière opération qui peut être intéressante est de ré-encoder de façon plus explicite ces alertes filtrées plutôt que d'avoir le nombre de jours depuis le 31 décembre 2014. L'encodage proposé est d'avoir l'année puis le mois : 202209 pour les alertes de septembre 2022, 202210 pour celles d'octobre, etc. Après avoir déterminé les nombres de jours des 1^{er} et 31 de chaque mois, toujours dans la calculatrice raster, l'expression pour ré-encoder les alertes de « niveau 4 » est la suivante :

```
(( "GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" >= 2801) AND ("GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" <= 2830)) * 202209
(( "GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" >= 2831) AND ("GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" <= 2861)) * 202210
(( "GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" >= 2862) AND ("GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" <= 2891)) * 202211
(( "GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" >= 2892) AND ("GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" <= 2922)) * 202212
(( "GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" >= 2923) AND ("GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" <= 2953)) * 202301
(( "GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" >= 2954) AND ("GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1" <= 2981)) * 202302
```

Début du mois

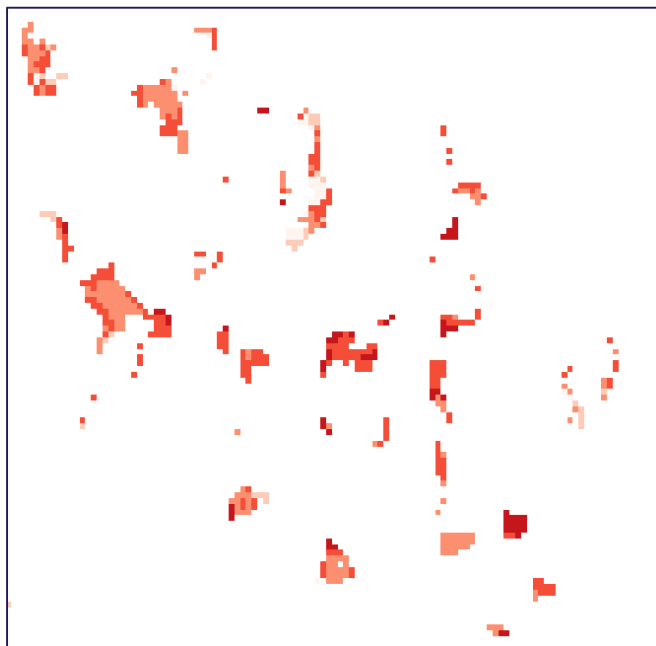
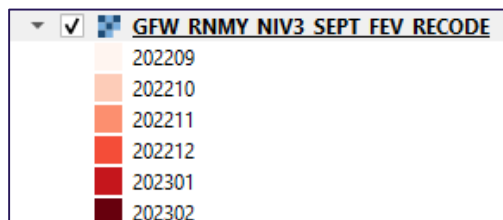
Fin du mois

Ré-encodage

L'expression est identique pour les alertes de « niveau 3 » en remplaçant *GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV@1* par *GFW_RNMY_NIV3_SEPT_FEV@1*. Enregistrer les résultats respectivement sous *GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV_RECODE.tif* et *GFW_RNMY_NIV3_SEPT_FEV_RECODE.tif*. Choisir cette fois-ci pour la symbologie le type *Palette/Valeurs uniques* avec la palette *Reds*.



Ci-contre un exemple des résultats que l'on obtient pour les alertes de « niveau 3 » :



Il serait tout à fait possible de ré-encoder d'une autre façon les alertes, par exemple en indiquant seulement l'année. Ce ré-encodage est à adapter selon les besoins.

Un

1.2.e. Manipulation des données IMAGES

Les alertes IMAGES vont être utilisées par la suite donc nous allons procéder au même filtrage et ré-encodage que pour les données GFW.

Comme il n'y a pas de niveau de confiance pour ces données, on peut directement les filtrer pour conserver la période septembre 2022 à février 2023. Pour cela, nous allons utiliser à nouveau un calculateur de nombre de jours entre deux dates sur internet ([ici](#)) mais en prenant comme date de départ le 3 avril 2014 (voir partie 1.1.d). Le 1^{er} septembre 2022 correspond alors au jour 3073 et le 28 février 2023 au jour 3253. A nouveau à l'aide de la *Calculatrice Raster* et à partir de l'extraction des alertes IMAGES sur la RNMV produite en partie 1.2.b (fichier *IMAGES_RNMV.tif*), le filtrage est réalisé grâce à l'expression suivante :

```
("IMAGES_RNMV@1" >= 3073) AND ("IMAGES_RNMV@1" <= 3253)) * "IMAGES_RNMV@1"
```

Enregistrer le résultat sous *IMAGES_RNMV_SEPT_FEV.tif*.

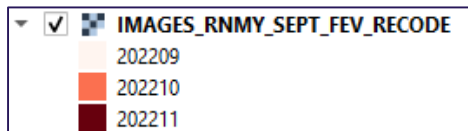
Il ne reste plus qu'à ré-encoder ces alertes filtrées. L'opération est similaire à celle faite pour les données GFW. Il faut à nouveau déterminer les nombres de jours des 1^{er} et 31 de chaque mois comme fait ci-dessus pour filtrage. Cela donne l'expression suivante à appliquer :

```
("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" >= 3073) AND ("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" <= 3102)) * 202209 +
("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" >= 3103) AND ("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" <= 3133)) * 202210 +
("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" >= 3134) AND ("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" <= 3163)) * 202211 +
("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" >= 3164) AND ("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" <= 3194)) * 202212 +
("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" >= 3195) AND ("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" <= 3225)) * 202301 +
("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" >= 3226) AND ("IMAGES_RNMV_SEPT_FEV@1" <= 3253)) * 202302
```



Enregistrer le résultat sous *IMAGES_RNMY_SEPT_FEV_RECODE.tif*. Choisir la symbologie le type *Palette/Valeurs uniques* avec la palette *Reds*.

Ci-contre un exemple des résultats que l'on obtient :



Ces résultats, ainsi que ceux issus des données GFW, vont être utilisés dans la partie 3 sur la production du bulletin d'alerte de la déforestation.

2_ EVALUATION DES CHANGEMENTS DU COUVERT FORESTIER PAR SATELLITE (J2)

Pour cette partie, se référer à la diapositive fournie lors de la formation pour avoir toutes les informations.

2.1. Outils et catalogues de données de Télédétection

- 2.1.a. Earth Explorer
- 2.1.b. Planet Explorer via QGIS
- 2.1.c. Google Earth Engine

2.2. Exercices d'application

- 2.2.a. Plugin QGIS Planet Explorer
- 2.2.b. Google Earth Engine : production d'une image composite et moissonnage de données



3_ PRODUCTION D'UN BULLETIN D'ALERTE POUR LE SUIVI OPERATIONNEL (J3)

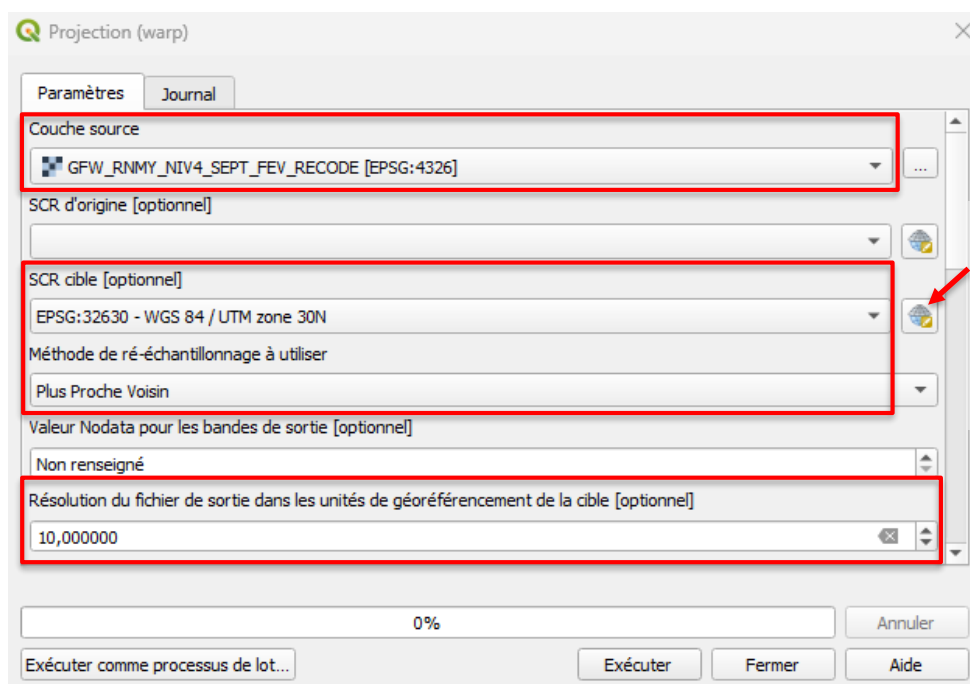
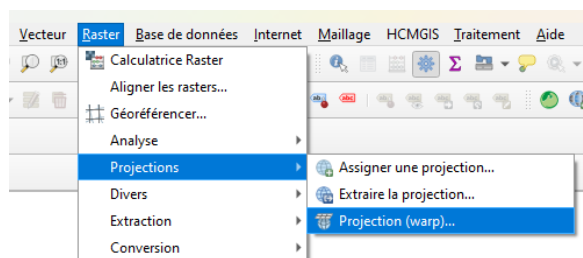
L'objectif de cette partie est de mettre en forme les alertes de déforestation GFW et IMAGES traitées précédemment sous un format adapté au terrain lors de patrouilles de contrôle par exemple. Cela nécessite de finaliser la préparation des alertes et de savoir comment mettre en page le dit bulletin.

3.1. Finalisation des alertes

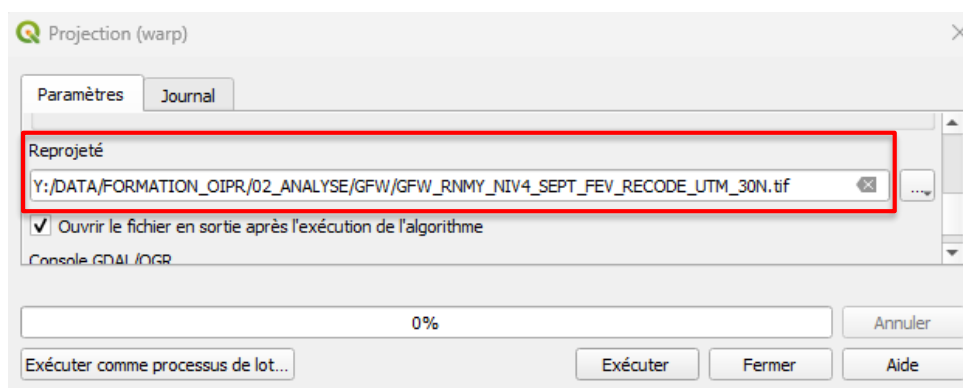
3.1.a. Reprojection dans un système métrique

Avant de procéder aux traitements et opérations qui vont suivre, il est préférable de projeter les alertes GFW et IMAGES dans un même système de coordonnées de référence (SCR) qui soit métrique. Cela permettra par exemple de calculer des surfaces et d'être homogène. L'UTM 30N est le SCR le plus approprié pour la zone de la RNMY. Comme ce sont des données qualitatives, il faut utiliser le *Plus proche voisin* comme méthode de ré-échantillonnage. Il convient également de fixer la résolution de sortie à 10 m.

L'outil à utiliser est *Projection* dans l'onglet *Raster* > *Projections*. Reprojecter les couches *GFW_RNMY_NIV4_SEPT_FEV_RECODE*, *GFW_RNMY_NIV3_SEPT_FEV_RECODE*, et *IMAGES_RNMY_SEPT_FEV_RECODE* produites dans la partie 1. Enregistrer les résultats en ajoutant le suffixe « *_UTM_30N* » aux noms de fichiers (défiler vers le bas, champ intitulé *Reprojeté*).



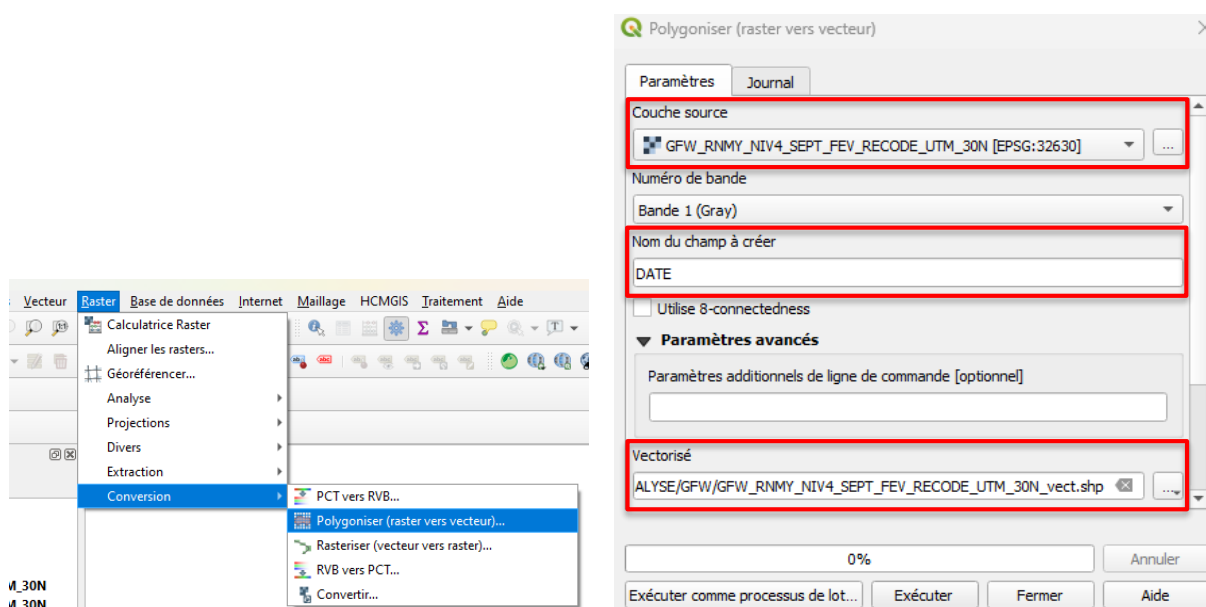
Cliquer ici si le SCR UTM 30N n'est pas proposé et le chercher dans la barre de recherche de la fenêtre qui s'est ouverte via son EPSG : 32630



3.1.b. Vectorisation en polygones

Les alertes doivent être vectorisées, c'est-à-dire converties en polygones, pour la simple raison qu'il n'est pas possible d'utiliser des données au format raster dans un GPS. Or, l'emploi opérationnelle du bulletin nécessitera toujours le recours à un GPS.

Pour convertir les alertes, utiliser l'outil *Polygoniser* dans l'onglet *Raster > Conversion*. Indiquer « DATE » comme *Nom du champ à créer*. C'est le nom qui sera utilisé pour le champ de la table attributaire des alertes au format vecteur stockant la valeur des pixels : la date ré-encodée en partie 1.2. Vectoriser les 3 couches reprojetées à l'étape précédente. Enregistrer les résultats en ajoutant le suffixe « _vect » aux noms de fichiers.



3.1.c. Calcul de surface et dernier filtrage

L'étape suivante est de calculer la surface en ha des alertes en créant un nouveau champ dans la table attributaire. C'est une information utile et elle permet aussi de réaliser un dernier filtrage des alertes.

Pour cela, clic-droit sur la couche à traiter et choisir *Ouvrir la table d'attributs*. Basculer en mode *Edition* puis *Ouvrir la calculatrice de champ*. Créer un nouveau champ appelé « AREA_HA » avec pour type *Nombre décimal* puisque les valeurs de surface vont être des nombres à virgule. Dans la partie permettant de spécifier l'expression donnant les résultats à stocker dans le nouveau champ,



\$area renvoie la surface des polygones de la couche par rapport aux unités de son SCR. Comme les couches ont un SCR en mètres, il suffit de diviser par 10000 pour obtenir les surfaces en ha. L'expression à saisir est donc :

$$\$area / 10000$$

Cliquer sur OK pour fermer la calculatrice de champ. Calculer la surface des alertes pour les 3 couches traitées.

The screenshot shows the QGIS interface. On the left, the 'Couches' panel lists several layers, including 'Mabi_Yaya_reserve', 'GLAD', 'RADD', 'GFW', and 'GFW_RNMY_NIV3_SEPT_FEV_RECDE_UTM_30N_vect'. A context menu is open for the 'GFW_RNMY_NIV3_SEPT_FEV_RECDE_UTM_30N_vect' layer, showing options like 'Zoomer sur la couche', 'Zoomer sur la sélection', 'Montrer dans l'aperçu', 'Montrer le décompte des entités', 'Copier la Couche', 'Regommer la couche', 'Dupliquer la couche', 'Supprimer la couche', 'Sortir du Groupe', 'Déplacer au-dessus', 'Déplacer en bas', 'Ouvrir la table d'attributs', and 'Basculer en mode édition'. The 'Ouvrir la table d'attributs' option is highlighted. On the right, a table view of the selected layer is shown with columns 'DATE' and 'row_number'. The table contains 7 rows of data. Red boxes and text annotations highlight the 'Calculatrice de champ' dialog box, which is open. The dialog box has two tabs: 'Expression' and 'Éditeur de fonction'. The 'Expression' tab is active, and the expression '\$area / 10000' is entered in the text box. The 'Créer un nouveau champ' checkbox is checked, and the 'Nom' field is set to 'AREA_HA'. The 'Type' is set to 'Nombre décimal (réel)'. The 'Longueur du nouveau champ' is 10 and the 'Précision' is 3. The 'Mise à jour d'un champ existant' checkbox is unchecked. The 'OK' button is highlighted.

Activier/Désactiver le mode Edition

Ouvrir la calculatrice de champ

Calculatrice de champ

Ne mettre à jour que les 0 entités sélectionnées

☒ Créer un nouveau champ

☐ Mise à jour d'un champ existant

☐ Créer un champ virtuel

Nom: AREA_HA

Type: Nombre décimal (réel)

Longueur du nouveau champ: 10

Précision: 3

Expression: \$area / 10000

Entité: 0

Prévisualisation: 0.04002909139032643

OK

Annuler

Aide

Comme on se place ici dans un cadre opérationnel, il est essentiel de ne conserver que les alertes pour lesquelles le niveau de certitude est le plus élevé. Autrement, cela ferait diminuer l'efficacité des contrôles réalisés à l'aide du bulletin produit, et générerait donc des coûts inutiles/évitables.

Un filtrage par rapport au niveau de confiance estimé a déjà été fait (pour les alertes GFW). Une étape supplémentaire permettant de réduire encore le risque de tomber sur un faux positif est de supprimer les alertes ayant une surface trop petite. Le seuil qui a été retenu est de 0,1 ha.

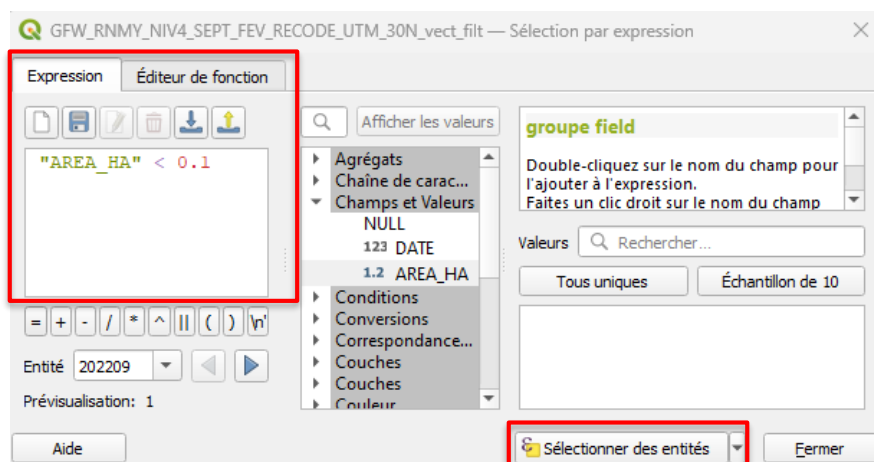


Enregistrer les alertes vectorisées dans de nouveaux fichiers en ajoutant le suffixe « *_filt* ». Cela permet de conserver l'ensemble des alertes si jamais l'on souhaite au final choisir une autre valeur de seuil et donc de ne pas avoir à tout refaire.

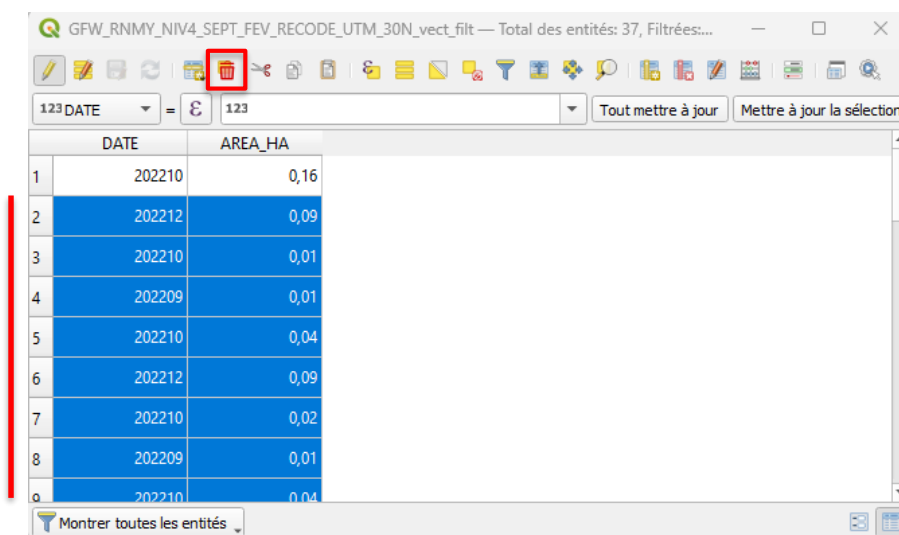
A partir de ces nouveaux fichiers, ouvrir la table attributaire, basculer en mode *Édition*, et cliquer sur *Sélectionner les entités selon une expression*. Dans la fenêtre qui s'est ouverte, indiquer dans la boîte à expression la formule suivante permettant de réaliser le filtrage :

"AREA_HA" < 0.1

Cliquer ensuite sur le bouton *Sélectionner des entités* et fermer la fenêtre.



Les lignes de la table attributaire répondant à ce critère seront alors sélectionnées. Il suffit maintenant de les supprimer pour terminer le filtrage : cliquer sur *Supprimer les entités sélectionnées*.



Désactiver le mode *Édition* et enregistrer les modifications.

3.1.d. Création d'un identifiant

Pour pouvoir s'y retrouver facilement sur le terrain et les distinguer, il est essentiel de générer un identifiant unique pour les alertes.

Rebasculer pour cela en mode *Édition*, rouvrir la calculatrice de champ et créer un nouveau champ appelé « *ID* » de type *Texte* et de longueur 20. L'idée est d'avoir un identifiant indiquant la source



de données de l'alerte (*GFW* ou *IMAGES*), le niveau de confiance si disponible (*NIV3* et *NIV4*), et un numéro unique permettant la distinction entre alertes du même type (*GFW* de *NIV3* par exemple). Les expressions à indiquer pour cela sont les suivantes :

Pour les alertes *GFW* de « niveau 4 » :

`concat('GFW_NIV4_', to_string(@row_number))`

Fonction concaténant les chaînes de caractères Fonction convertissant les nombres en chaînes de caractères Numéro des lignes dans la table attributaire

Pour les alertes *GFW* de « niveau 3 » :

`concat('GFW_NIV3_', to_string(@row_number))`

Pour les alertes *IMAGES* :

`concat('IMAGES_', to_string(@row_number))`

DATE	AREA_HA	ID
202212	0,1	GFW_NIV3_1
202212	0,1	GFW_NIV3_10
202212	0,1	GFW_NIV3_100
202212	0,1	GFW_NIV3_101
202211	0,1	GFW_NIV3_102
202209	0,1	GFW_NIV3_103
202209	0,1	GFW_NIV3_104
202212	0,1	GFW_NIV3_105
202209	0,1	GFW_NIV3_106
202210	0,1	GFW_NIV3_107

Pour finir, cliquer sur *OK* pour fermer la calculatrice, désactiver le mode *Edition* et enregistrer les modifications.

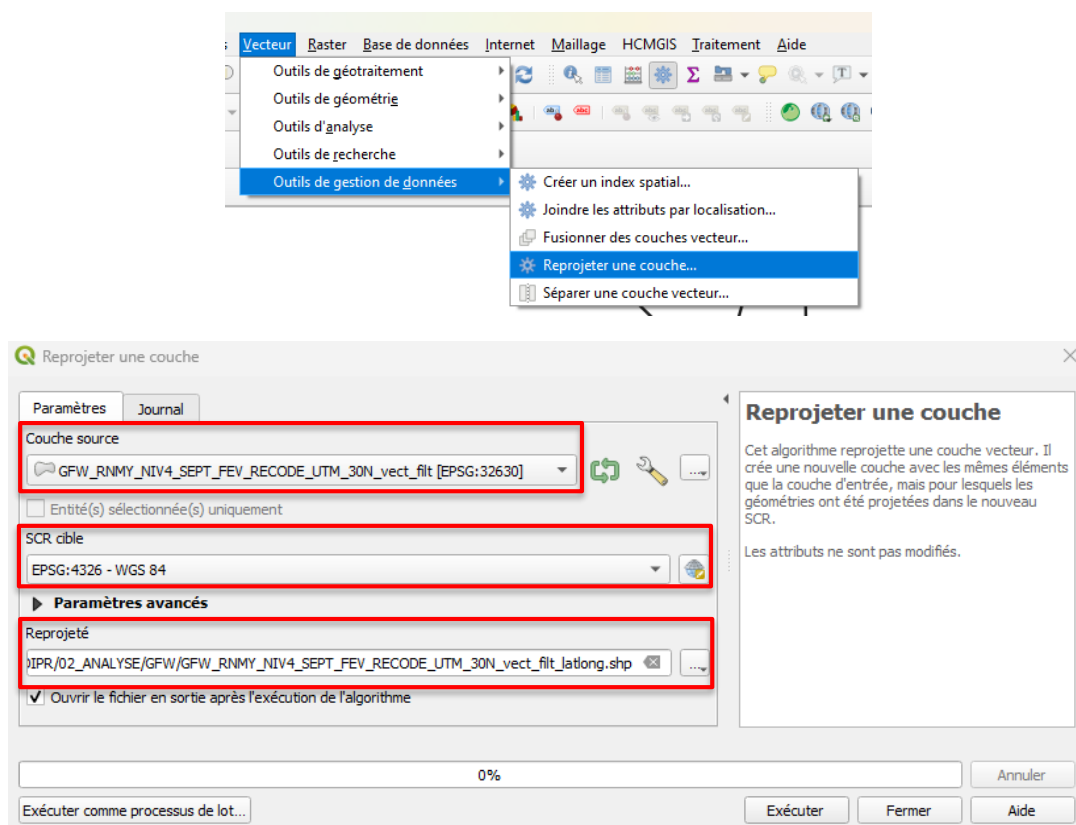
3.1.e. Conversion en points GPS

Afin de pouvoir les exploiter sur le terrain, il est également nécessaire de convertir les alertes en point dont on pourra déterminer les coordonnées et qu'on pourra charger dans un GPS.

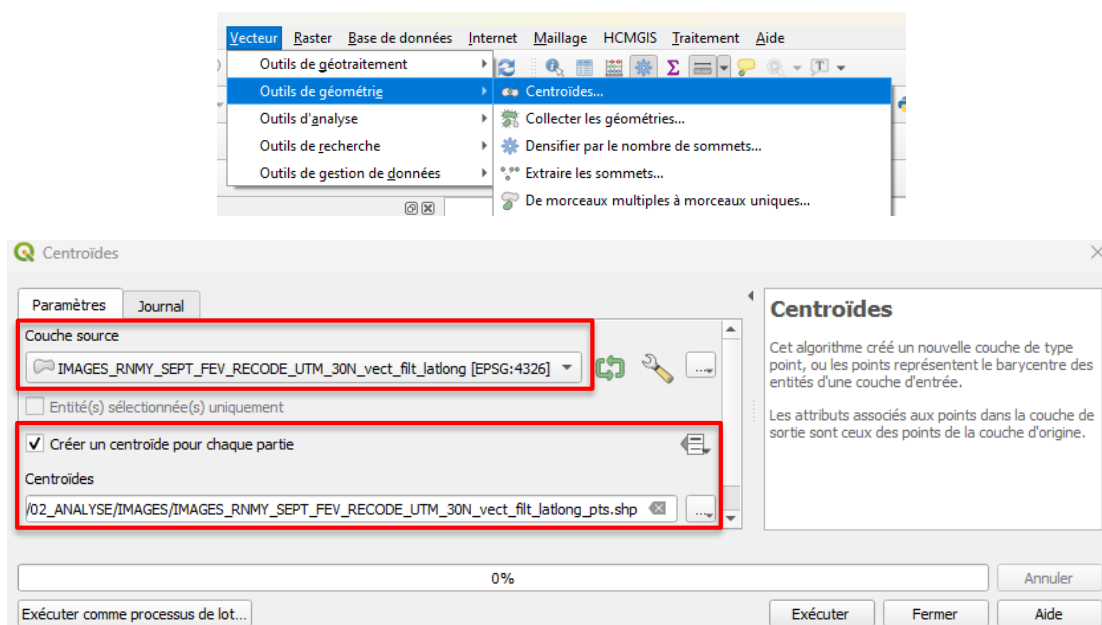
Il faut dans un premier temps reprojeter les alertes en latitude longitude afin d'avoir des coordonnées compatibles avec n'importe quel GPS. Utiliser pour cela l'outil *Reprojeter une couche* dans l'onglet *Vecteur > Outils de gestion de données*. Le SCR cible est le WGS 84 (EPSG:4326).



Reprojeter les 3 couches vecteurs produites à l'étape précédente. Enregistrer les résultats en ajoutant le suffixe « *_latlong* » aux noms de fichiers.



Ensuite, il faut créer les centriodes de ces alertes reprojetees. C'est l'étape qui permet de passer de polygones à des points. Utiliser pour cela l'outil *Centriodes* dans l'onglet *Vecteur* > *Outils de géométrie*. Cocher l'option *Créer un centroïde pour chaque partie* car cela permet de générer un point par polygone. Réaliser cette étape pour les 3 couches et enregistrer les résultats en ajoutant le suffixe « *_pts* » aux noms de fichiers.

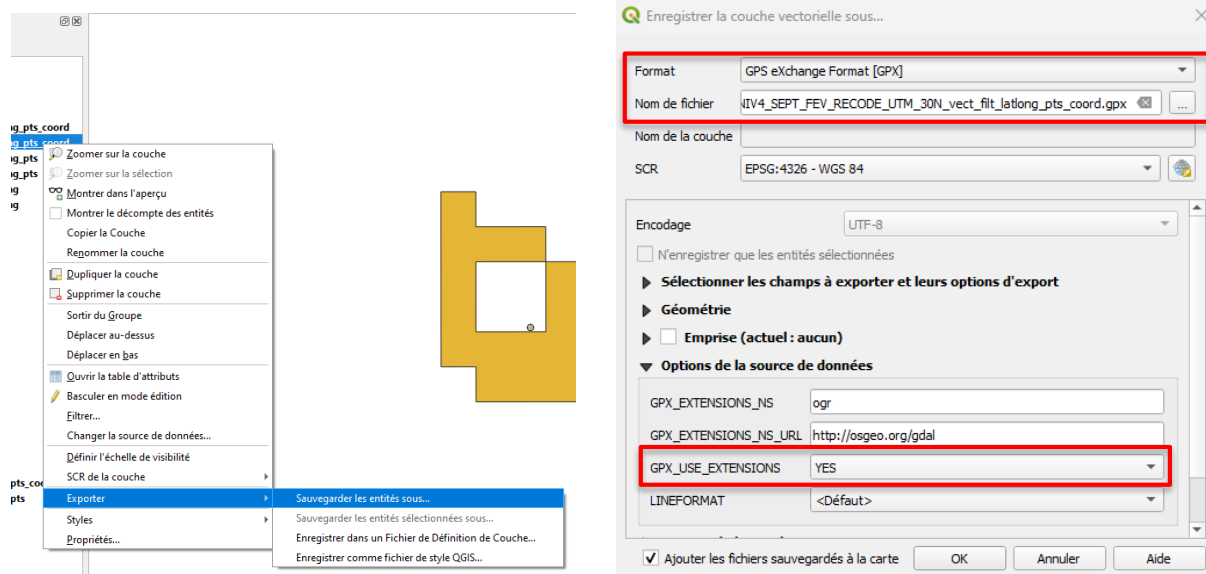




Pour avoir les coordonnées de chacun des points, utiliser l'outil *Ajouter les attributs de géométrie* dans l'onglet *Vecteur* > *Outils de géométrie*. Il permet de copier la couche traitée et d'ajouter à sa table attributaire les coordonnées de ses géométries. Procéder pour les 3 couches et enregistrer les résultats en ajoutant le suffixe « *_coord* » aux noms de fichiers.

	DATE	AREA_HA	ID	xcoord	ycoord
1	202212	0,11	GFW_NIV3_1	-3,53339137305...	6,081828191791...
2	202212	0,13	GFW_NIV3_2	-3,43653788026...	6,056602040527...
3	202210	0,11	GFW_NIV3_3	-3,48191936335...	6,051136661383...
4	202212	0,18	GFW_NIV3_4	-3,49362368337...	6,050463688533...
5	202212	0,15	GFW_NIV3_5	-3,50169119115...	6,041740005374...
6	202301	0,1	GFW_NIV3_6	-3,49935635393...	6,041229549527...
7	202211	0,13	GFW_NIV3_7	-3,50257952242...	6,039726341816...
8	202212	0,12	GFW_NIV3_8	-3,44124098385...	6,039475123291...
9	202209	0,1	GFW_NIV3_9	-3,43796934919...	6,014442818428...

Enfin, il faut exporter les coordonnées des alertes au format GPX pour qu'elles puissent être chargées dans un GPS. Pour cela, clic-droit sur la couche, onglet *Exporter* > *Sauvegarder les entités sous*. Dans la fenêtre qui s'ouvre, choisir comme format le *GPS eXchange Format* ou *GPX*. Choisir *YES* pour le paramètre *GPX_USE_EXTENSIONS* : cela permet de conserver la table attributaire dans le fichier GPX. Convertir les 3 couches de points en GPX et enregistrer les résultats avec les mêmes noms de fichiers (l'extension est différent : *.gpx*).



3.2. Préparation des autres données requises et mise en forme

Une fois la finalisation des alertes complétée, il y a également d'autres données à préparer avant de pouvoir commencer la mise en page comme un fond de carte, des courbes de niveau, et surtout la grille définissant la segmentation de la RNMY. Toutes les couches présentées dans le bulletin doivent également être mise en forme au propre afin d'avoir une bonne lisibilité.

3.2.a. Ajout de données de contexte

Des informations complémentaires comme un fond de carte ou des courbes de niveau peuvent être appréciables une fois sur le terrain pour faciliter la vérification des alertes.

Pour ajouter un fond de carte, installer le plugin *HCMGIS* en allant dans l'onglet *Extensions > Installer / Gérer les extensions*. Une fois l'installation terminée, aller dans le nouvel onglet *HCMGIS > Basemaps* et charger la couche *Google Terrain Hybrid*.

Pour les courbes de niveau, elles sont fournies sur la RNMY donc il suffit de les charger dans QGIS. La méthode la plus classique pour les produire est de récupérer un raster de l'élévation de la zone d'étude et d'utiliser l'outil *Courbe de niveau* dans l'onglet *Raster > Extraction*. L'intervalle entre les courbes de niveau est à adapter selon le niveau de zoom du bulletin final.

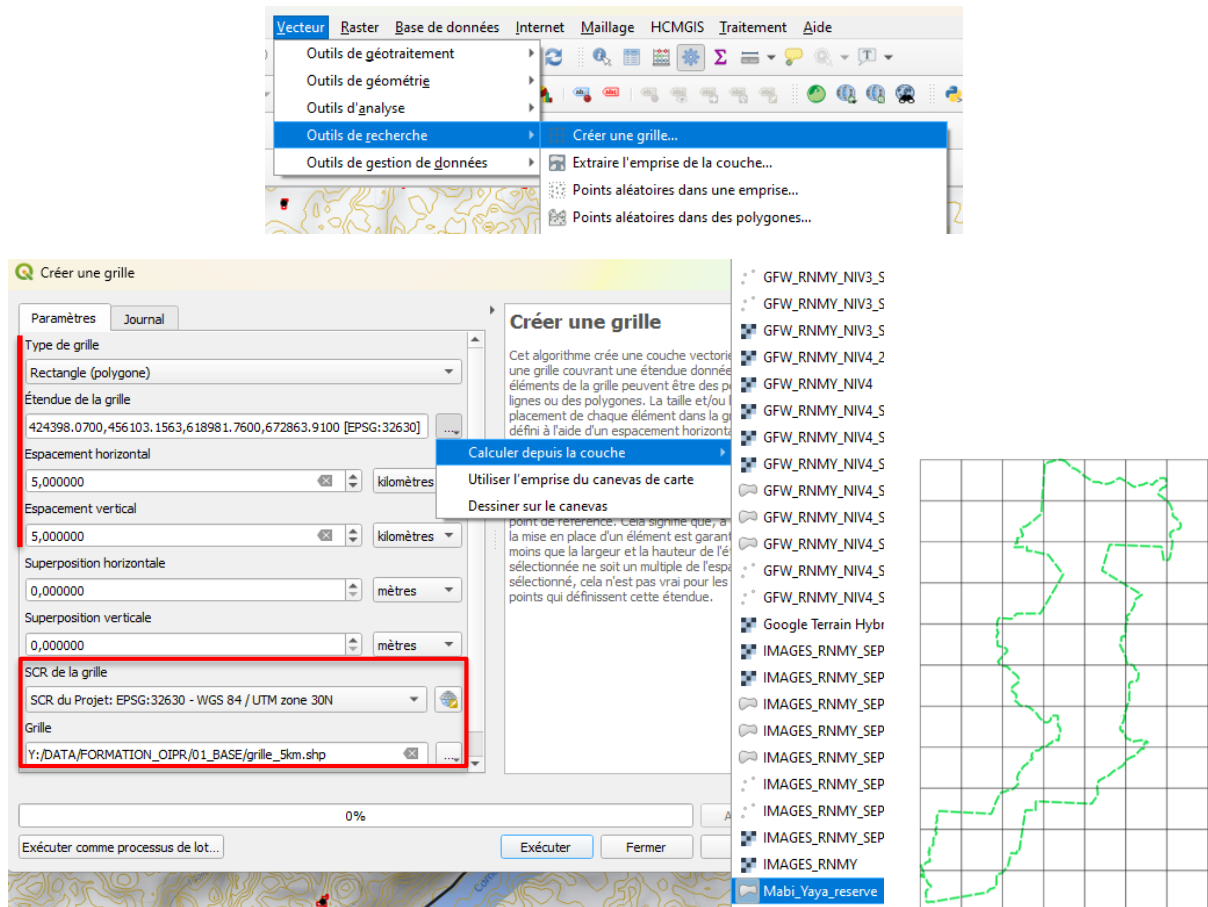
3.2.b. Définition de la grille de segmentation

Le principe du bulletin est d'avoir des planches qui zooment chacune sur une partie de la zone d'étude. Ainsi, il est nécessaire de définir comment la RNMY est segmentée. L'optique étant d'employer ce bulletin à des fins opérationnelles, l'idéal est d'utiliser les quadrats des brigades de patrouilles pour leur faciliter le travail. Il est toutefois aussi possible de produire dans QGIS une grille carrée découpant la zone en cellules.

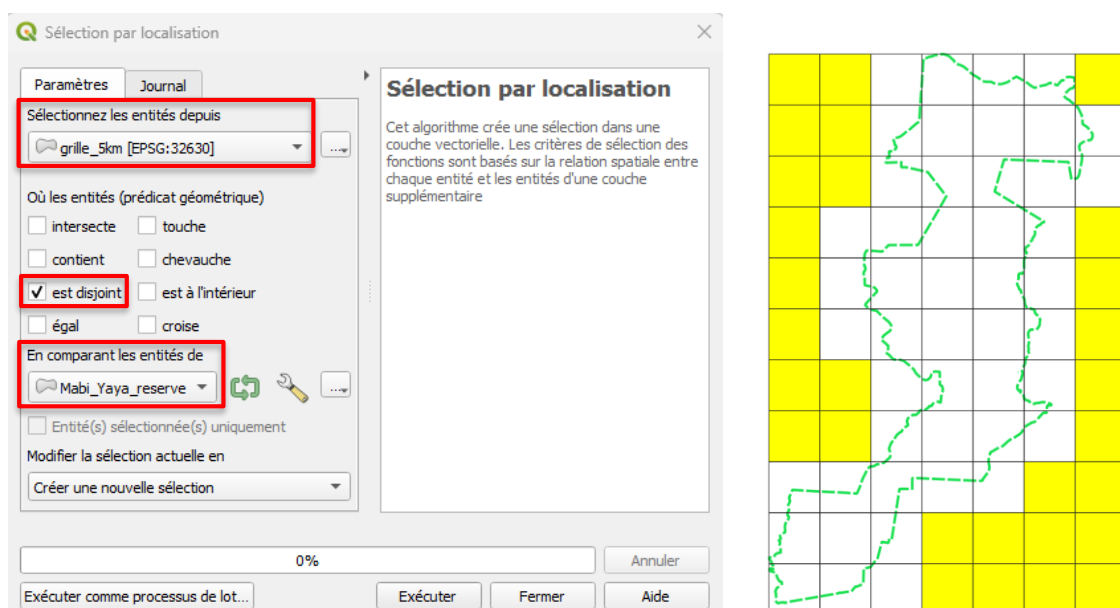
Pour cela, utiliser l'outil *Créer une grille* dans l'onglet *Vecteur > Outils de recherche*. Choisir le type *Rectangle* pour la grille, caler son étendue sur celle de la RNMY, et indiquer l'UTM 30N comme SCR.



Spécifier ensuite un espacement horizontal et vertical de 5 km. Enregistrer le résultat sous le nom *grille_5km.shp*.

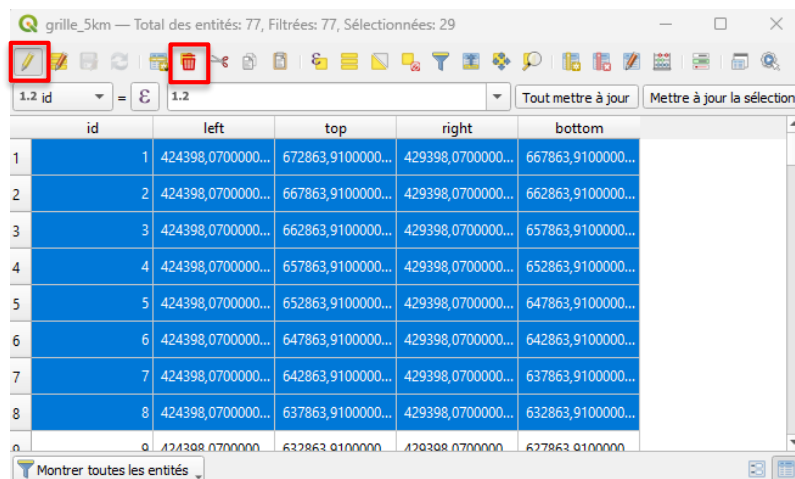


Une bonne partie des cellules de la grille produite ne couvre pas la RNMY, comme visible ci-dessus à droite. Utiliser l'outil de *Sélection par localisation* dans l'onglet *Vecteur* > *Outils de recherche* et seulement cocher « *est disjoint* » pour sélectionner ces cellules après avoir spécifier la grille et les limites de la RNMY.

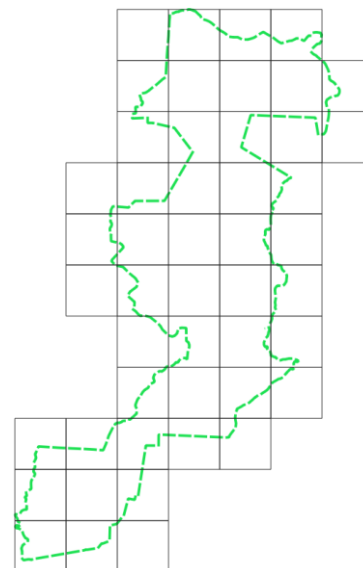




Les supprimer ensuite de la grille en ouvrant sa table attributaire, basculant en mode *Edition*, puis en supprimant les entités sélectionnées. La grille est prête pour produire le bulletin.



	id	left	top	right	bottom
1	1	424398,0700000...	672863,9100000...	429398,0700000...	667863,9100000...
2	2	424398,0700000...	667863,9100000...	429398,0700000...	662863,9100000...
3	3	424398,0700000...	662863,9100000...	429398,0700000...	657863,9100000...
4	4	424398,0700000...	657863,9100000...	429398,0700000...	652863,9100000...
5	5	424398,0700000...	652863,9100000...	429398,0700000...	647863,9100000...
6	6	424398,0700000...	647863,9100000...	429398,0700000...	642863,9100000...
7	7	424398,0700000...	642863,9100000...	429398,0700000...	637863,9100000...
8	8	424398,0700000...	637863,9100000...	429398,0700000...	632863,9100000...



3.2.c. Mise en forme des différentes couches

Afin de pouvoir lire facilement et clairement les différentes informations du bulletin, il est essentiel de travailler un minimum la symbologie des couches présentées : couleur, épaisseur de trait, taille de point, etc. Les propositions ci-dessous sont adaptées au bulletin qui est produit dans le cadre de la formation. Elles sont à modifier si nécessaire.

Pour les alertes vectorisées (partie 3.1.e), pas de remplissage, et des traits rouges de 0.4 d'épaisseur.

Pour les points correspondant aux centroïdes des alertes (partie 3.1.e), du noir et une taille de 1.4. Ajouter également des étiquettes avec le champ *ID* de taille 7.

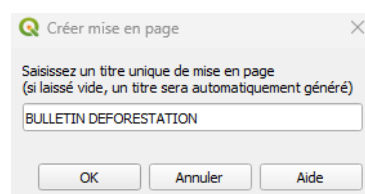
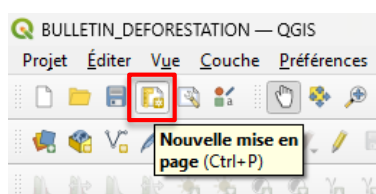
Pour les limites de la RNMY, des traits en tiret vert vif de 1.0 d'épaisseur.

Pour les courbes de niveau, des traits orange pastel de 0.26 d'épaisseur.

Pour la grille, pas de remplissage et des trait noir de 0.26 d'épaisseur.

3.3. Mise en page et production du bulletin

Tout est maintenant prêt pour mettre en page les différents éléments du bulletin. Commencer par créer une nouvelle mise en page QGIS appelée « BULLETIN DEFORESTATION ».



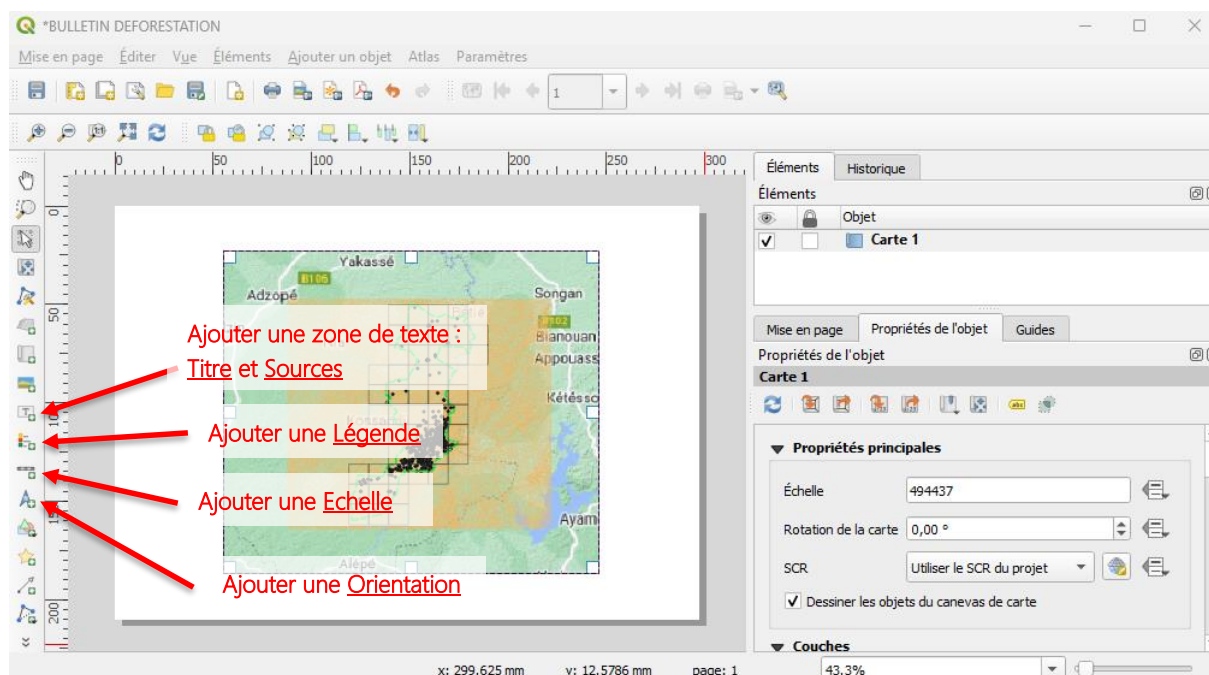


Une nouvelle fenêtre va s'ouvrir, c'est l'outil de mise en page de QGIS. Ajouter une carte au centre à l'aide de ce bouton  situé sur la barre de gauche. Le contenu de la carte dépend de la vue dans la fenêtre principale de QGIS. Caler cette vue avant sur la RNM (clic-droit, *Zoom sur la couche*).

3.3.a. Les cinq éléments de base d'une carte

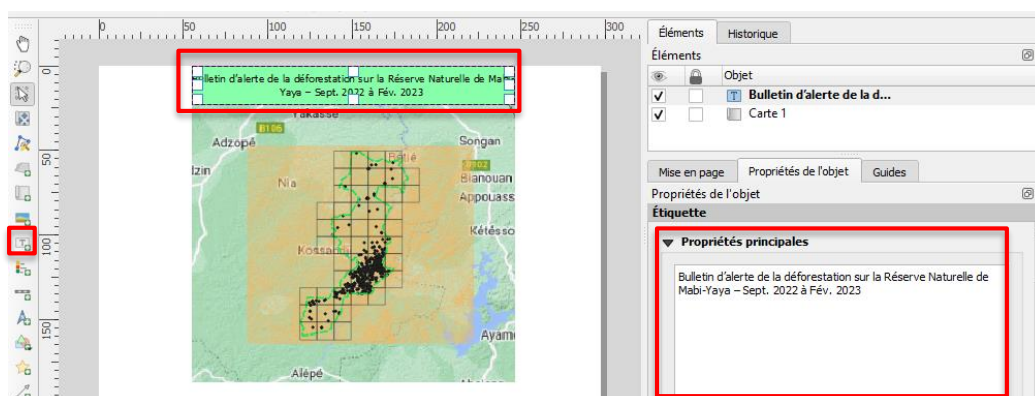
Cinq éléments doivent impérativement être présents sur une carte afin d'assurer sa bonne compréhension : une titre explicite, une orientation, une échelle, une légende, et les sources utilisées pour produire la carte.

Tous ces éléments peuvent être ajoutés grâce aux outils de la barre à gauche.



Dans l'outil de mise en page QGIS, l'ensemble des modifications des éléments d'une carte se font via les différents volets de la section de droite, principalement les *Propriétés de l'objet* (formatage des textes, alignement, couleur d'arrière-plan, etc). Les modifications les plus simples (taille de police par exemple) ne seront pas détaillées.

Ajouter une zone de texte au-dessus de la carte et saisir le titre suivant dans les *Propriétés principales* du volet *Propriétés de l'objet* à droite : « *Bulletin d'alertes de la déforestation sur la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya – Sept. 2022 à Fév. 2023* ».

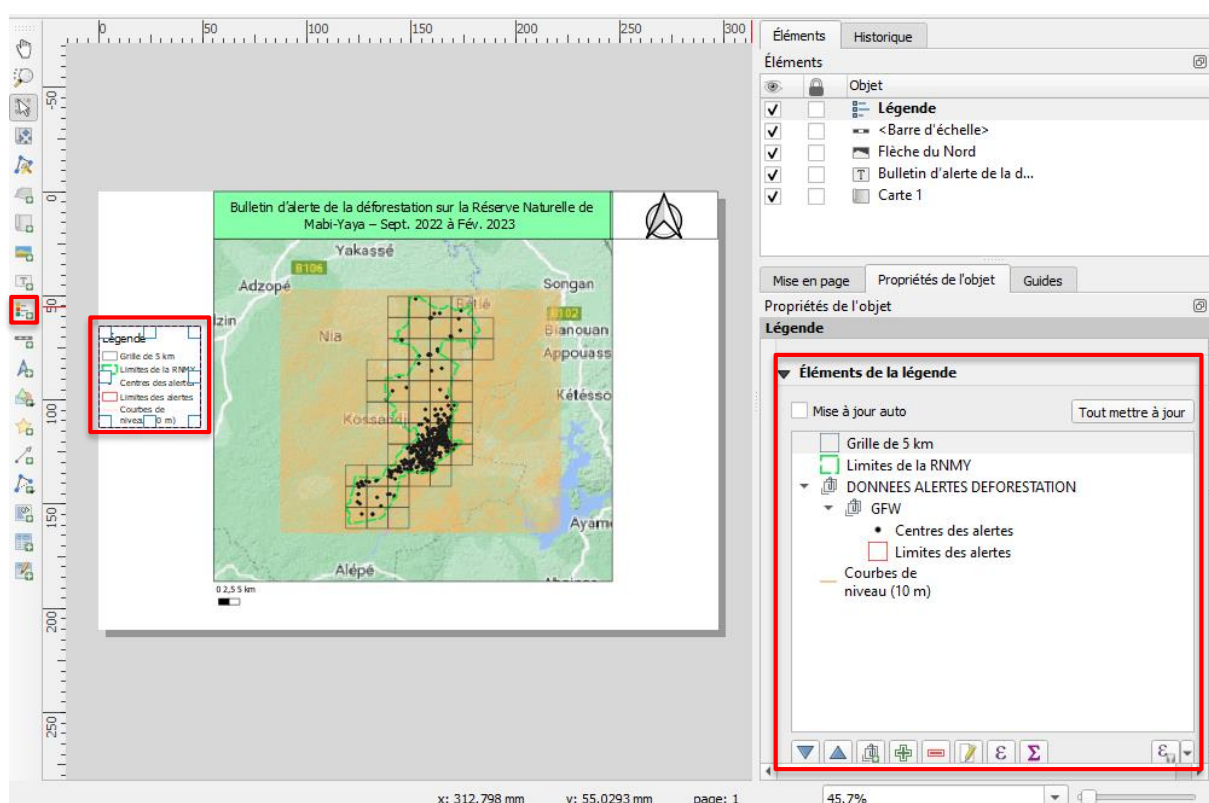




Ajouter l'orientation en haut à droite. Il est possible de choisir différentes flèches du nord dans les *Propriétés de l'objet*.

Ajouter l'échelle en-dessous de la carte. Dans ses propriétés, sous-volet *Segments*, indiquer 5 segments à droite (*droite5*) et une largeur fixe de 1 unités, soit 5 km au total. C'est la taille de la grille de segmentation.

Ajouter la légende à gauche de la carte. Le souci est que toutes les couches chargées dans le projet apparaissent par défaut. Dans ses propriétés, sous-volet *Éléments de la légende*, décocher la *Mise à jour auto* pour supprimer à la main les éléments de légende en trop. Il n'est pas nécessaire de répéter les mêmes symbologies pour les 3 couches d'alertes différentes (2 niveaux de GFW et IMAGES). Il est possible de cacher les lignes des groupes et sous-groupes (clic-droit sur l'élément de légende, sélectionner *Caché*) ou de modifier les noms des couches et groupes (double-clic).



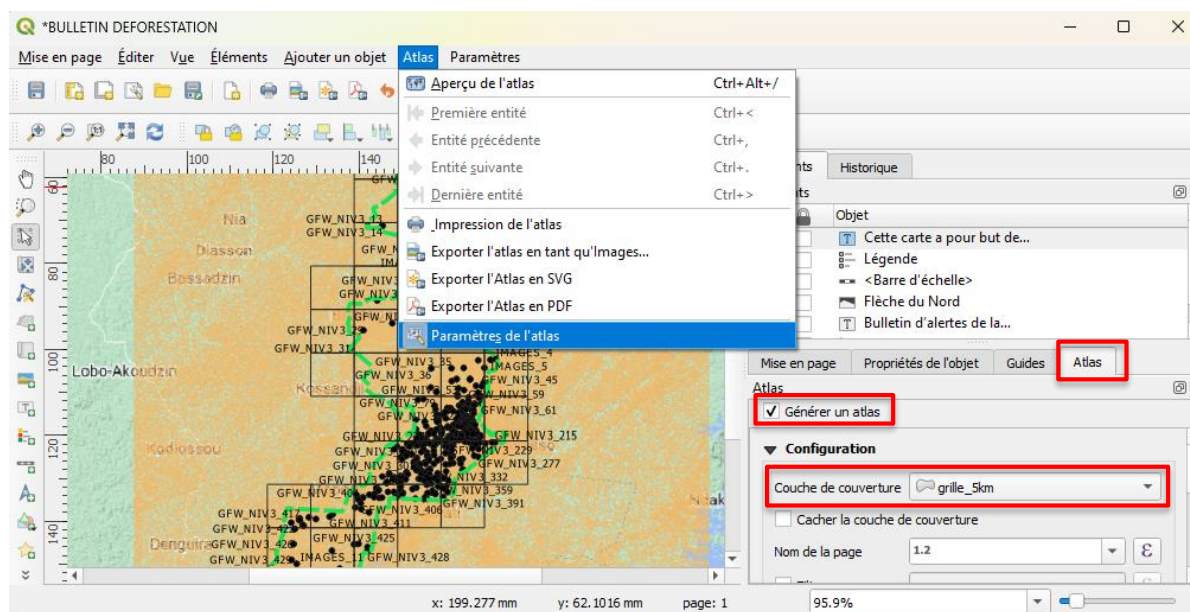
Enfin, ajouter une zone de texte en bas à gauche pour y indiquer les sources : « Cette carte a pour but de représenter les zones de défrichements récents détectées par satellite dans la Réserve Naturelle de Maby-Yaya (RNMY). Les polygones correspondent à des alertes de déforestation de plus de 0.1 ha provenant soit de Global Forest Watch (niveaux de confiance 3 et 4), soit du système IMAGES. Les courbes de niveau sont dérivées des données d'élévation du projet ALOS (30 m). Le fond de carte est le Google Terrain Hybrid. ».

3.3.b. La mise en page de type Atlas

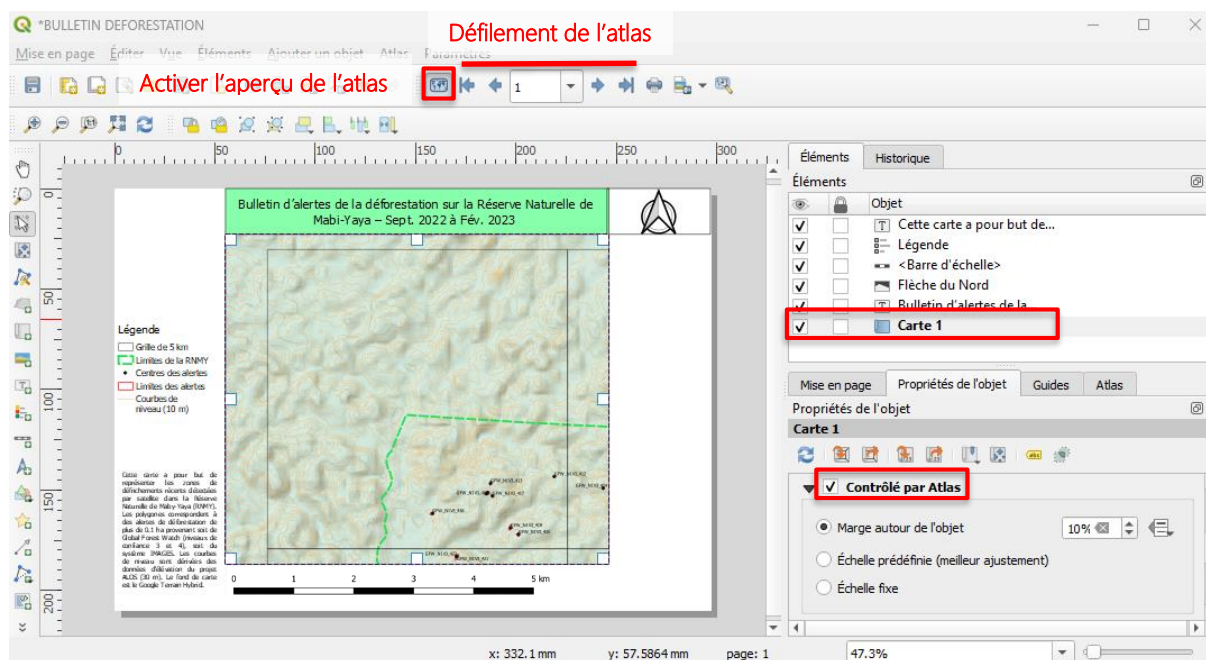
Pour produire le bulletin avec ses planches zoomant sur chaque cellule de la grille, il faut activer et configurer le mode *Atlas* de la mise en page QGIS. Ce mode permet de générer automatiquement des cartes suivant la même structure mais couvrant différentes zones ou parties d'une zone.



Pour cela, aller dans l'onglet *Atlas* > *Paramètres de l'atlas*. Un volet supplémentaire nommé *Atlas* apparaîtra alors dans la section de droite. Cocher *Générer un atlas* et choisir comme *Couche de couverture* dans le sous-volet *Configuration* la grille de 5 km produite précédemment. C'est ce qui détermine les zooms de l'atlas.



Ensuite, aller dans les propriétés de la carte principale (normalement nommée *Carte 1*) et cocher l'option *Contrôlé par Atlas*. Il reste à activer l'aperçu de l'atlas pour faciliter la mise en page. La carte change alors en zoomant sur la première cellule de la grille. Il est possible de faire défiler les planches de l'atlas en cliquant sur les flèches bleues.

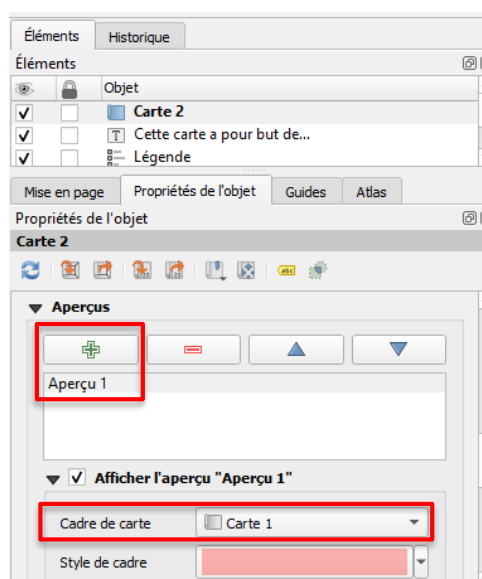
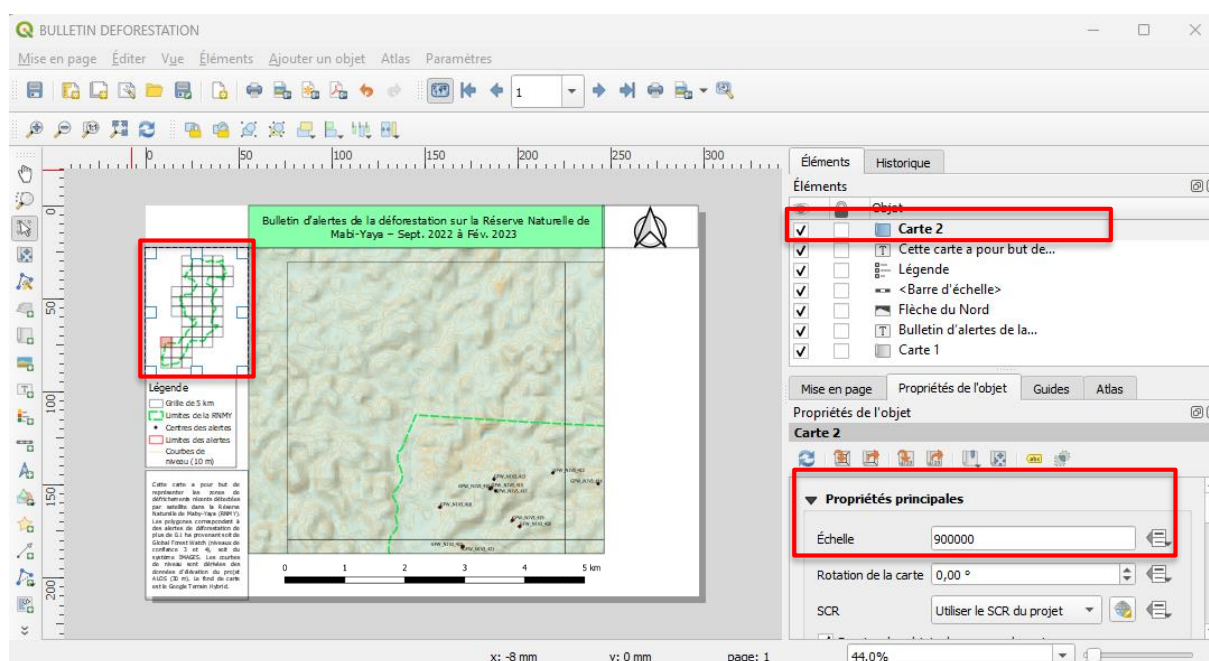




3.3.c. Mini carte de localisation et numéro de cellule

Afin de pouvoir mieux se repérer, il est utile d'avoir une mini carte de localisation qui indique où se situe la cellule de la planche dans la RNMY.

Il suffit pour cela de rajouter une deuxième carte non contrôlée par l'atlas (à placer en haut à gauche). Avant de l'ajouter, aller dans les propriétés de la *Carte 1*, sous-volet *Couches* et cocher *Verrouiller les couches*. Cela permet de fixer la mise en page de la première carte. Masquer ensuite le fond de carte, les courbes de niveau et les alertes dans la fenêtre principale de QGIS. Régler l'échelle de cette carte à 900000 dans ses propriétés, sous-volet *Propriétés principale*. Pour finir, toujours dans les propriétés, sous-volet *Aperçus*, ajouter un aperçu avec comme *Cadre de carte* la carte principale (*Carte 1*).

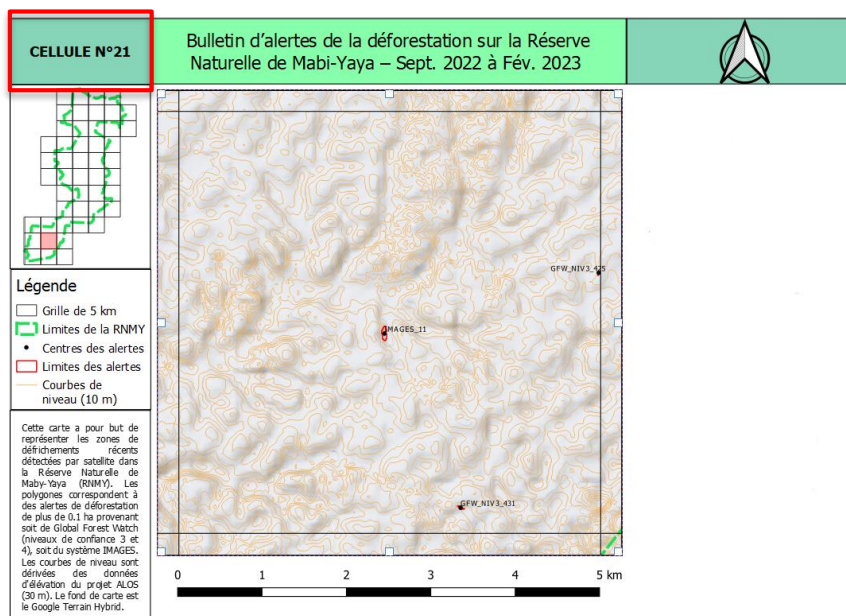




Pour afficher le numéro de cellule en haut à gauche de la planche, créer une zone de texte et dans ses propriétés principales cliquer sur *Insérer ou éditer une expression*. L'expression à indiquer est la suivante :

```
concat('CELLULE N°', to_string("id"))
```

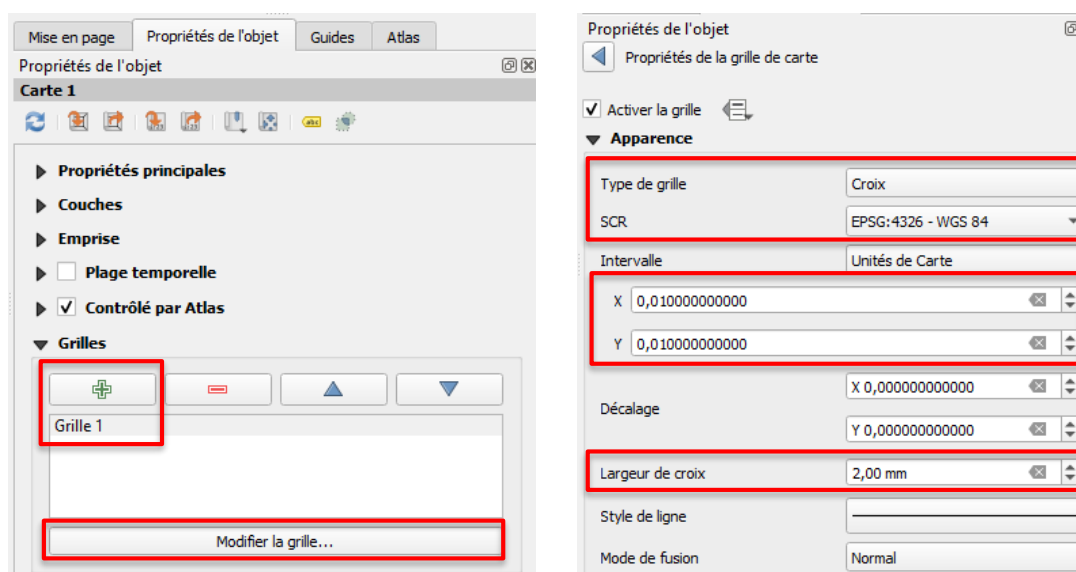
Le numéro de cellule qui sera affiché dépendra donc du zoom de l'atlas.



3.3.d. Ajout des graticules

Toujours dans une optique opérationnelle et pour mieux se repérer, il est intéressant de rajouter des graticules à la carte principale. Cela permet de situer rapidement les alertes en latitude longitude, en plus des coordonnées exactes qui vont être affichées à droite (voir partie suivante 3.3.e.).

Pour cela, aller dans les propriétés de la *Carte 1*, sous-volet *Grilles*, et ajouter une nouvelle grille (bouton plus vert). Sélectionner la et cliquer sur *Modifier la grille*. Dans ses paramètres, choisir *Croix* comme type de grille et le WGS 84 – EPSG:4326 comme SCR. Indiquer un intervalle en X et Y de 0.01 degré et une largeur de croix de 2 mm.





Choisir un style de cadre *Zébré* et masquer la partie basse de la grille en décochant l'option *Bas*. Enfin, choisir un format *degré, minute, seconde* pour les coordonnées avec une précision à 2 chiffres. Les afficher à l'intérieur du cadre et de orientées de façon verticale ascendante pour les côtés gauche et droit. Modifier également leur taille avec le champ *Police* : passer à 9.

Cadre

Style de cadre: Zébré

Taille du cadre: 2,00 mm

Marge du cadre: 0,00 mm

Épaisseur de la ligne du cadre: 0,30 mm

Couleurs de remplissage du cadre: [] []

Divisions à gauche: Toutes

Divisions à droite: Toutes

Divisions supérieures: Toutes

Divisions inférieures: Toutes

☒ Gauche ☒ Droite ☐ Bas

☒ Haut

Afficher les coordonnées

Format: Degré, minute, seconde

Gauche: Tout afficher

Dans le cadre

Vertical ascendant

À droite: Tout afficher

Dans le cadre

Vertical ascendant

Au dessus: Tout afficher

Dans le cadre

Horizontal

En dessous: Tout afficher

Dans le cadre

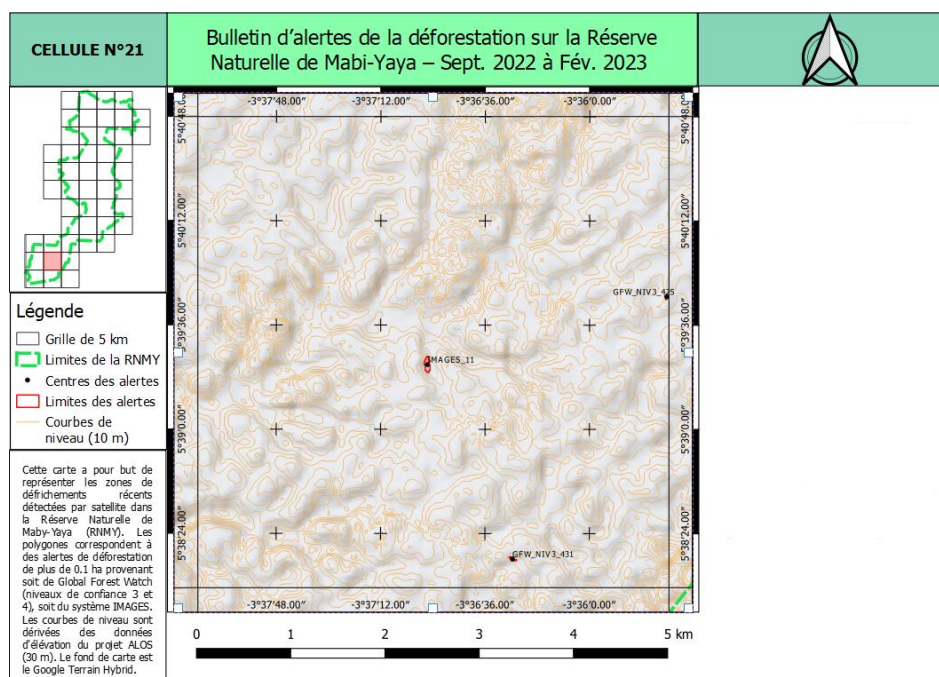
Horizontal

Police: Police

Espacement du cadre: 1,00 mm

Précision des coordonnées: 2

Ci-dessous le résultat des graticules créés :

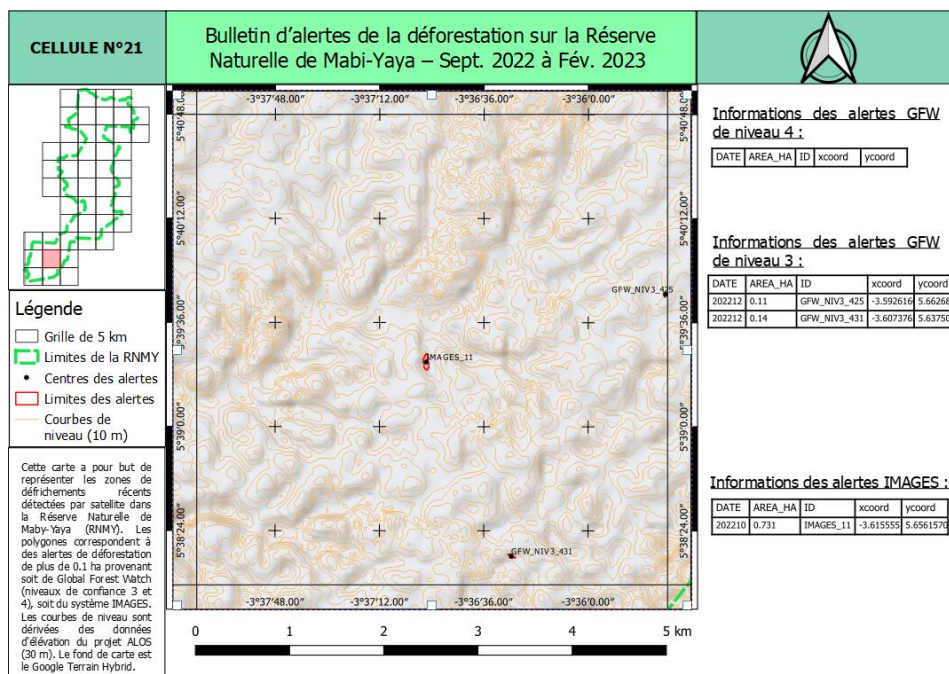


3.3.e. Affichage dynamique des informations des alertes

Le dernier élément du bulletin est l'affichage dynamique de la table attributaire des alertes contenant la date, la surface en ha, l'identifiant unique, ainsi que les coordonnées en latitude longitude. L'aspect dynamique vient du fait que l'on souhaite afficher sur chaque planche uniquement les informations des alertes contenues dans la cellule ciblée.



Commencer par ajouter les tables attributaires des 3 couches d'alertes grâce à l'outil  en bas de la barre de gauche. Dans leurs propriétés, *Propriétés principales*, indiquer les couches ciblées (alertes au format de points avec coordonnées moyennes). Dans le sous-volet *Filtrage des entités*, cocher *Ne montrer que les entités intersectant l'entité atlas*. C'est ce qui permet d'avoir une table dynamique. Il reste à formater la largeur des colonnes et les disposer correctement et le bulletin est terminé.



Il ne reste plus qu'à produire le bulletin en version PDF en allant dans l'onglet *Atlas > Exporter l'Atlas en PDF*. Accepter toutes les paramètres par défaut de l'export. Si les données de fond de carte sont un peu lourdes, elles ne seront peut-être pas incluses. La production peut prendre un peu de temps. Plus la grille est fine, plus elle a de cellule, donc plus le temps de production s'allonge.

On obtient ici un bulletin contenant 48 planches couvrant chacune 5 km par 5 km de la RNM.



CONCLUSION

Une vaste gamme de données d'alertes de la déforestation en temps réel sur diverses plateformes a été présentée. Cela permet d'avoir des options selon les zones que l'on souhaite étudier croisées avec la disponibilité ou la qualité des données. Les traitements de base permettant de manipuler et de transformer ces données dans un format plus adapté et exploitable ont également été exposés. Il en ressort que les données GFW sont assez intéressantes du fait qu'elles intègrent plusieurs sources de données/systèmes d'alerte de la déforestation tout en proposant un niveau de confiance. Un système de détection de la déforestation « maison » peut bien entendu offrir plus de liberté méthodologique mais nécessite des moyens pour être mis en place et maintenu.

Plusieurs outils de moissonnage ou catalogues de données de télédétection plus large ont également été vu. L'offre centralisée qu'ils proposent n'est pas à négliger et ils ont permis d'introduire des notions de télédétection.

L'ensemble des étapes de filtrage et de production des données requises, ainsi que la mise en page et production finale d'un bulletin d'alertes de la déforestation ont été documentées dans ce support. L'objectif principal est que les participants de la formation soient à même à l'aide de ce document de reproduire du début à la fin les résultats et le bulletin obtenus.

Néanmoins, cela reste un exemple de choix techniques et méthodologiques. On pourrait par exemple cibler une période beaucoup plus large que les 6 derniers mois de septembre 2022 à février 2023, faire filtrage plus stricte des alertes en employant un seuil de surface plus élevé, etc. L'idée est que les participants se réapproprient, modifient, et emploient sur le terrain cet outil qui pourrait être un réel atout et faciliter le contrôle de la déforestation d'abord au sein de la Réserve Naturelle de Mabi-Yaya, mais aussi dans d'autres parcs, réserves, et forêts classées.