



SCO ALEOFEU **COPIL FINAL**

RAQUEL RODRIGUEZ SUQUET (CNES)

PAULINE GUNTZBURGUER, YANNICK LESNE ET ALEXIA MONDOT (TSN)



CARCASSONNE – DDTM11
24 MARS 2025

SCO ALEOFEU



- ❖ **Démonstrateur opérationnel sur les risques d'incendie de forêt**, dans le département de l'Aude et la zone de Prométhée. Il intègre l'évolution observée et modélisée des conditions climatiques et territoriales selon les scénarios du GIEC.
- ❖ **Objectif**: mieux anticiper, de réduire la vulnérabilité et d'organiser la lutte contre les incendies pour la protection de la population.
- ❖ **Durée** : 05/022 – 09/2024
- ❖ **Site SCO ALEOFEU**
<https://www.spaceclimateobservatory.org/fr/aleofeu>



CONTRIBUTION CNES

AXES DE TRAVAIL

WP1

ONF-INRAE-CNES :

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

- Maj de la cartographie de l'aléa de FF - ONF
- Amélioration statique de la cartographie du combustible avec le LIDAR HD – INRAE
- **Amélioration dynamique de la cartographie de l'aléa FF – CNES/INRAE**
 - Suivi de l'évolution de la végétation à partir de l'imagerie THR Pléiades – CNES
 - Création d'un indicateur corrélé à la biomasse sèche avec Sentinel1 – CNES
 - Création d'un indicateur de masse combustible à partir du LAI et CWC de Sentinel 2 – CNES /INRAE

WP2

INRAE-CNES :

INDICATEURS SENSIBILITÉ VÉGÉTATION & DANGER OPÉRATIONNELS

- Amélioration des indicateurs de sensibilité de la végétation et de danger opérationnels avec l'apport de la télédétection et en fonction des scénarios CC – CNES/INRAE
- Prédiction de la teneur en eau des parties vivantes (LFMC) - INRAE

WP3

INRAE - MÉTÉOFRANCE:

PRISE EN COMPTE SCENARIOS GIEC

- Diagnostics d'évolution de l'indicateur feu météo en conditions passées et futures

WP4

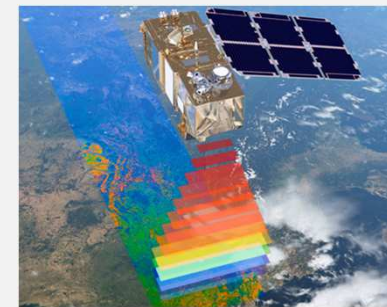
DDTM11

DÉVELOPPEMENT OUTILS DE PÉDAGOGIE PRÉVENTIVE ET INFORMATIVE POUR LES DÉCIDEURS LOCAUX

LA DONNÉE SPATIALE

Sentinel 2

- Type de produit: L2A FRE
- Résolution temporelle: tous les 5j en combinant Sentinel 2A&B 2016 à 2022
- Résolution spatiale: 10m
- Résolution spectrale: 13 bandes VNIR→SWIR, dont 3 atmosphériques
- Zone: Prométhée (16 tuiles)
- Source: <https://theia.cnes.fr/atdistrib/rocket/#/search?collection=SENTINEL2>
- Usage: pile de données pour des indicateurs de sensibilité de la végétation



MODIS-Aqua et MODIS-Terra

- Type de produit: Produit dérivée MOD13Q1 (NDVI, VI, EVI, red, NIR, blue, MIR) tous les 15j et produit dérivé MCD15A3H (LAI) tous les 4j
- Résolution temporelle: 1999 à 2022
- Résolution spatiale: 250 m produit MOD13Q1 et 500m produit MCD15A3H
- Source: <https://modis.gsfc.nasa.gov/data/dataproduct/mod15.php>
- Usage: pile de données pour des indicateurs de sensibilité de la végétation



Pléiades

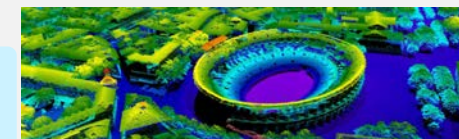
- Type de produit : image ortho-rectifié (Pansharpened)
- Résolution temporelle: 3 acquisitions en début période estivale (juin-juillet) 1 fois/an
- Résolution spatiale : 50 cm
- Zone: Lézignan-Corbières (245 Km²)
- Source: <https://dinamis.data-terra.org/>
- Usage: génération d'une cartographie du suivi de l'évolution de la biomasse sèche de la végétation et suivi des surfaces brûlées



LA DONNÉE SPATIALE

LiDAR HD

- Type de produit: LiDAR HD IGN
- Résolution temporelle: 1 passage entre 2022 et 2026
- Résolution spatiale: 15 pt/m2 environ
- Zone: Aude
- Source: <https://geoservices.ign.fr/lidarhd>
- Usage: Amélioration statique de la cartographie du combustible



INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE

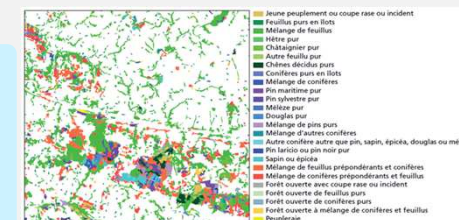
Sentinel 1 VOD

- Type de produit : produit dérivé S1 de l'épaisseur optique de la végétation (VOD)
- Résolution temporelle: tous les 6j de 2015 à 2022
- Résolution spatiale: 1 Km
- Zone: France
- Source: thèse Liu et al., Retrieval of the vegetation optical depth(VOD) from the radar satellites AS-CAT and Sentinel-1.0, Environmental Engineering,2023
- Usage: Étude du pouvoir prédictif de différents produits de télédétection



BD forêt et BD Topo

- Type de produit : photo-interprétation des images aériennes IR
- Version : BD forêt v2 et BD Topo v3.3
- Résolution BD forêt: 32 classes d'arbres
- Résolution spatiale: 50 cm (BD Forêt) et dm (BD Topo)
- Zone: France
- Source: <https://geoservices.ign.fr/foret> - <https://geoservices.ign.fr/bdtopo>
- Usage: création d'une cartographie de la végétation qui sers à la carte d'aléa FF



CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.1

Objectif : amélioration dynamique de la carte du combustible à partir des images Pléiades permettant de suivre l'évolution de la biomasse combustible

Besoins SDIS 11/DDTM11:

- Cartographie du type de végétation (basse et haute) avec croisement du RPG (registre parcellaire graphique) pour identifier les parcelles de vignes, de céréales et de friches
- Suivi de l'évolution de la végétation par détection de changement sur différentes dates
- détection de cabanisation et croisement avec la carte de végétation

Méthodologie :

- algorithme CNES SLURP (Smart Land Use Reconstruction Pipeline - <https://github.com/CNES/slurp>) adapté au besoin ALEOFEU pour générer des masques de végétation.
- algorithme de détection de cabanisation à partir de données Pléiades

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1

Données : acquisitions PLEIADES THR sur la zone de Lézignan Corbières :

- 3 acquisitions en 2022 : 5 juillet et 24 juillet 2022 / 6 août 2022 / 24 août 2022
- 3 acquisitions en 2023 : 26 juin 2023/ 10 juillet 2023/ 23 juillet 2023
- 1 acquisition en 2024 : 30 mai 2024

Produits :

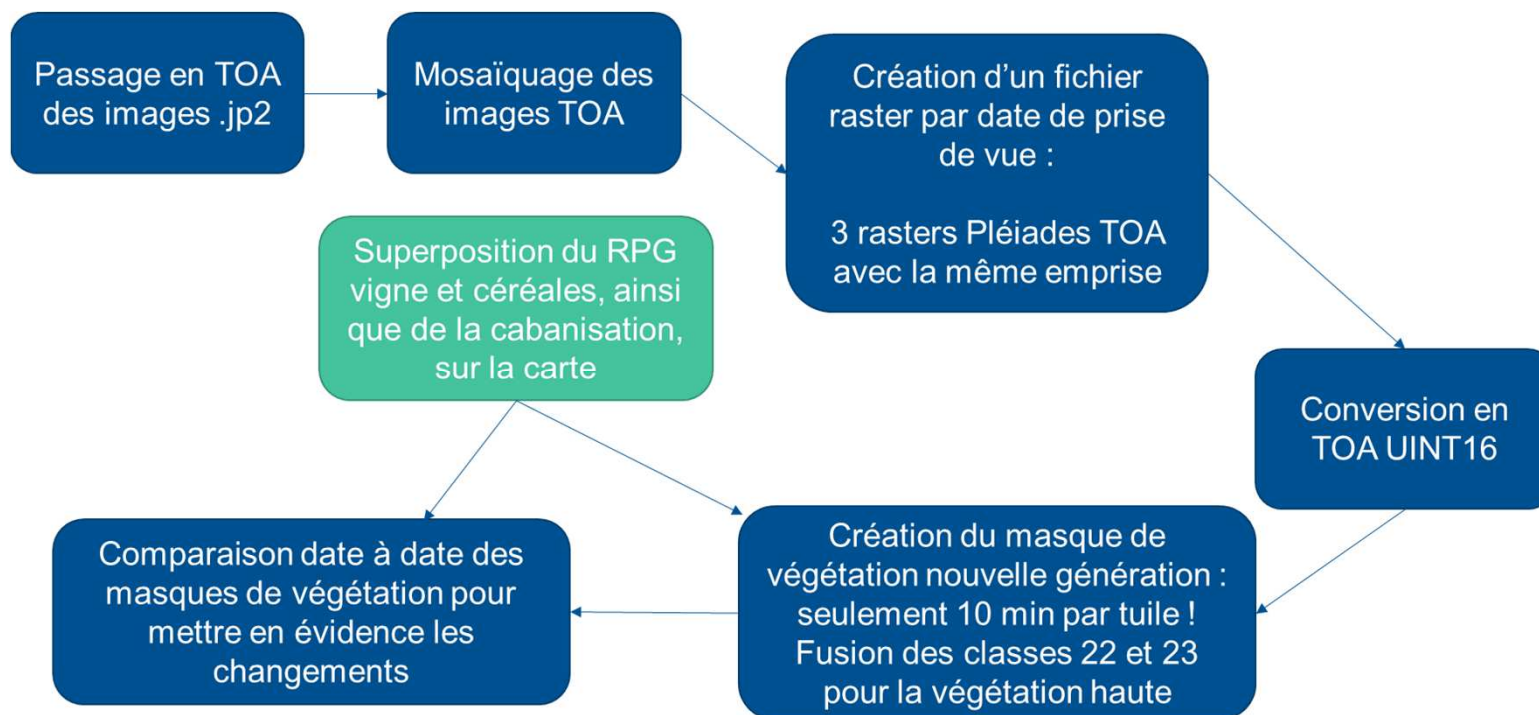
- Masque de végétation
- Cartographie évolution de la végétation
- Cartographie détection de cabanisation

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1

Rappel des différentes étapes de traitement images Pléiades pour le suivi de l'évolution de la végétation :



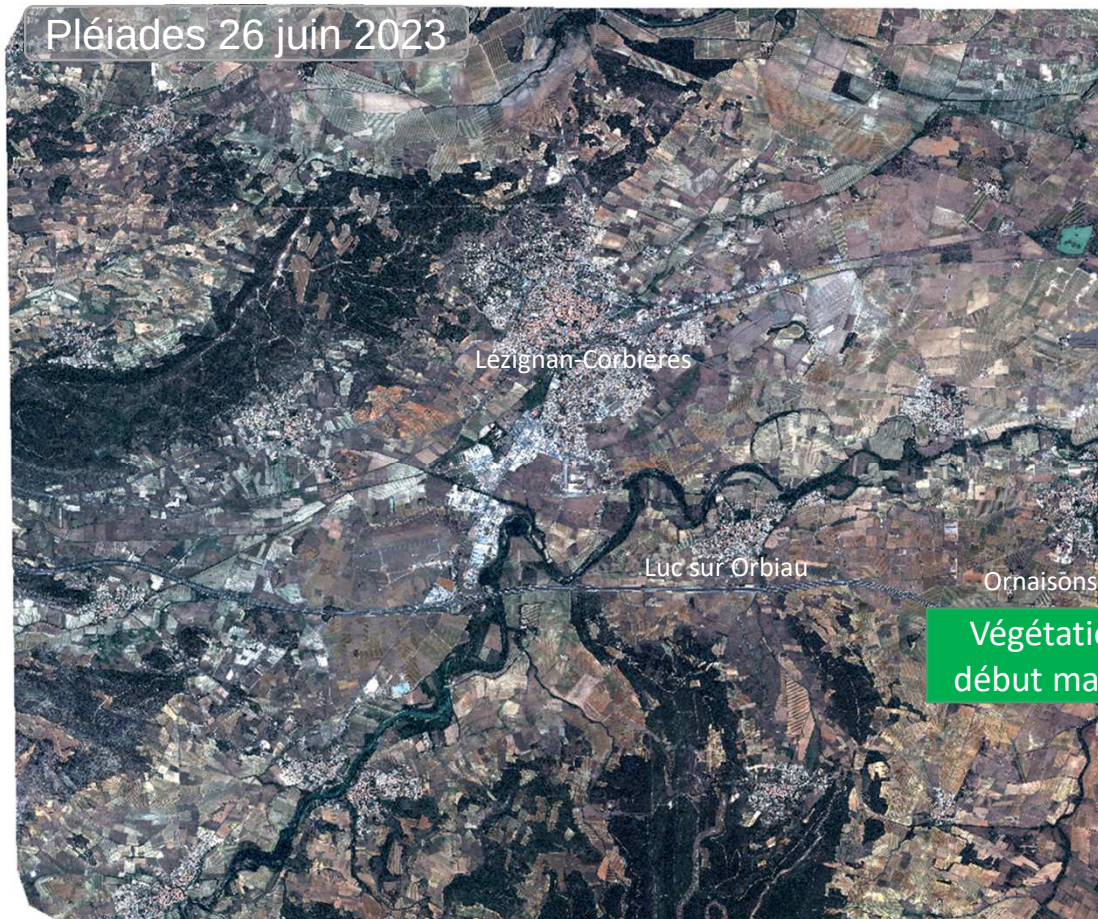
WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1– Exemples de sorties Pléiades :

Pléiades 26 juin 2023



Pléiades 3 mai 2024



Végétation plus verte
début mai que fin juin !

WP1

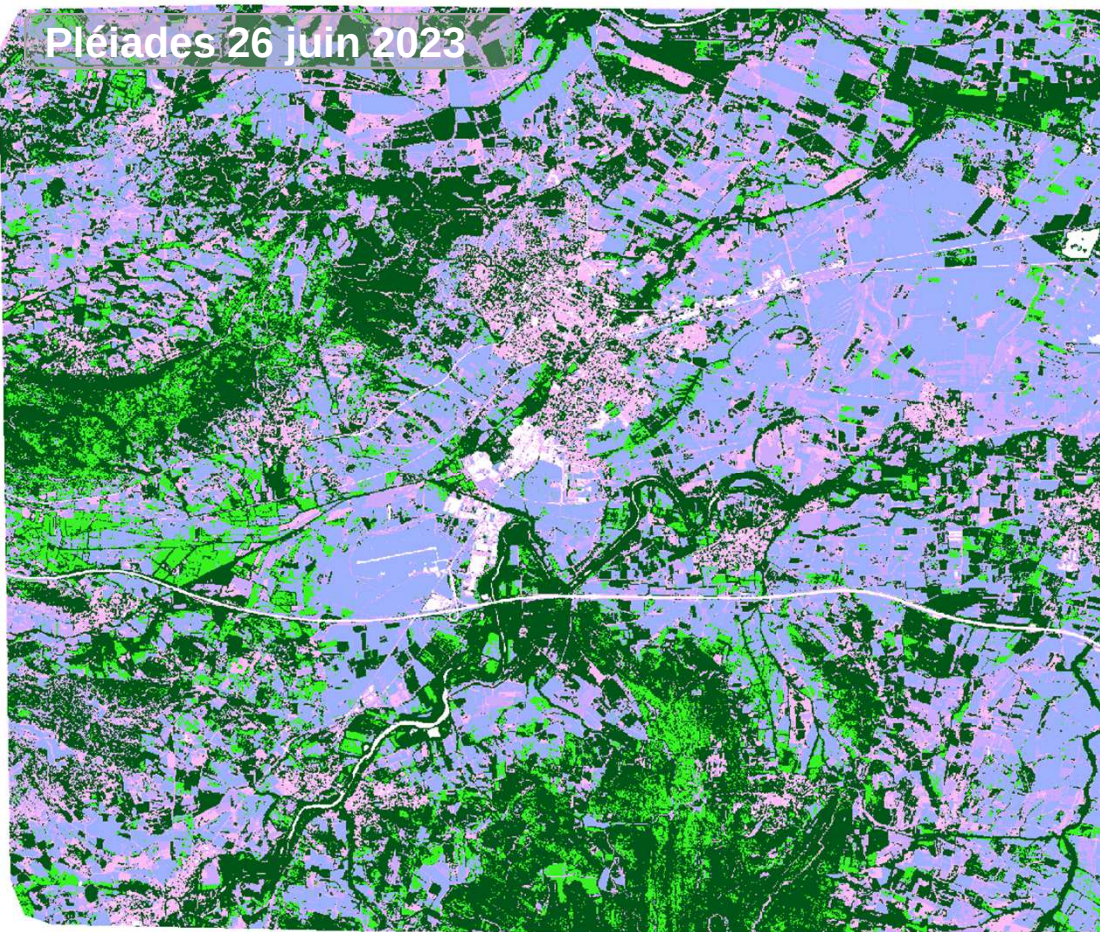
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

Tâche 1.1– Masque de végétation

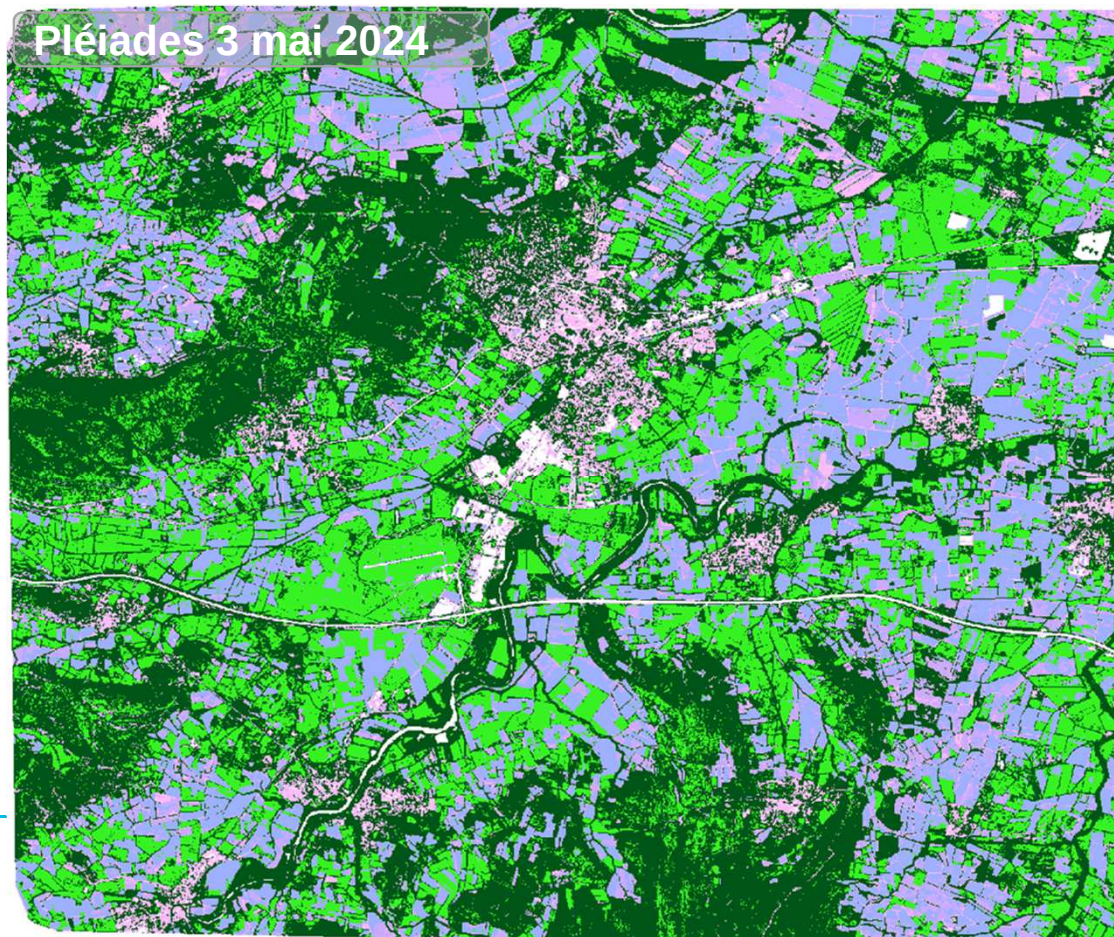
- 11 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, faiblement texturé
- 12 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, moyennement texturé
- 13 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, texturé
- 21 Végétation basse
- 22 Végétation haute
- 23 Végétation haute



Pléiades 26 juin 2023



Pléiades 3 mai 2024



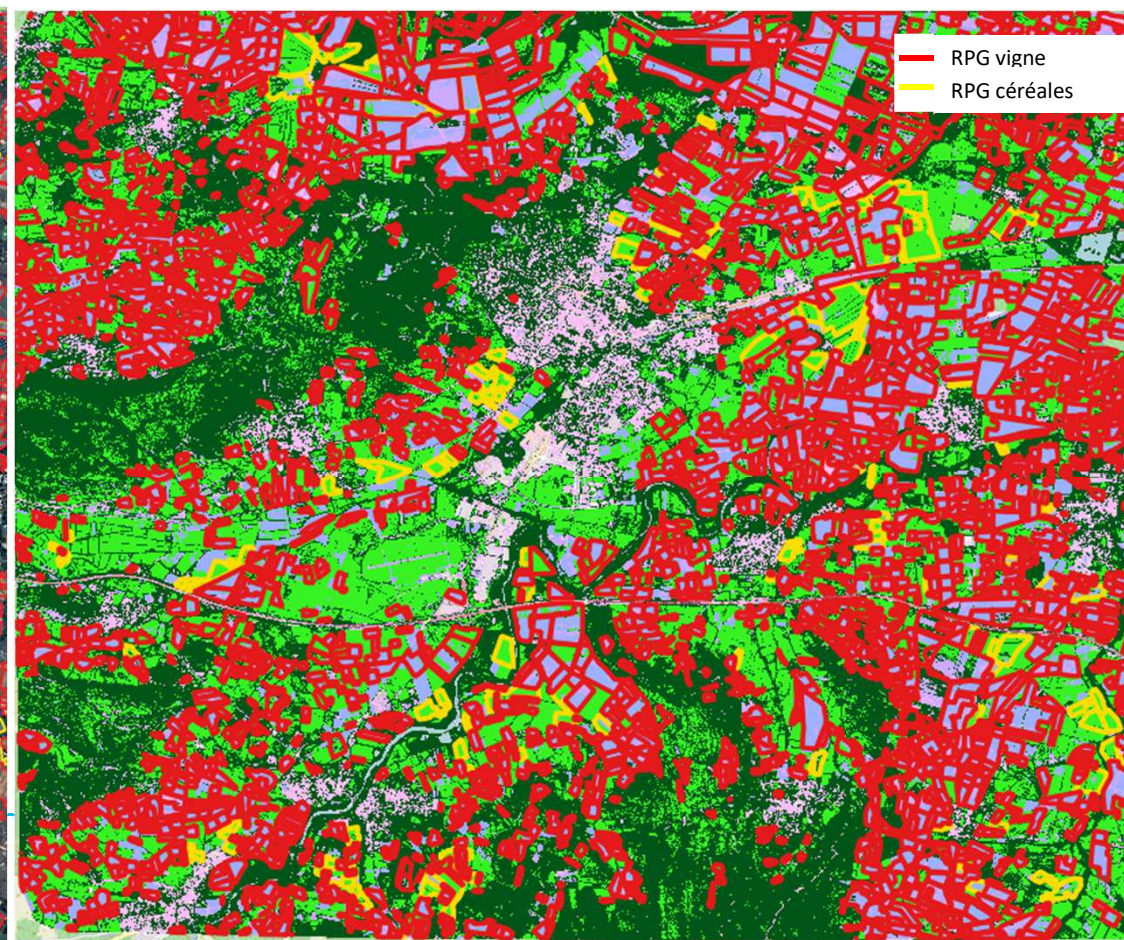
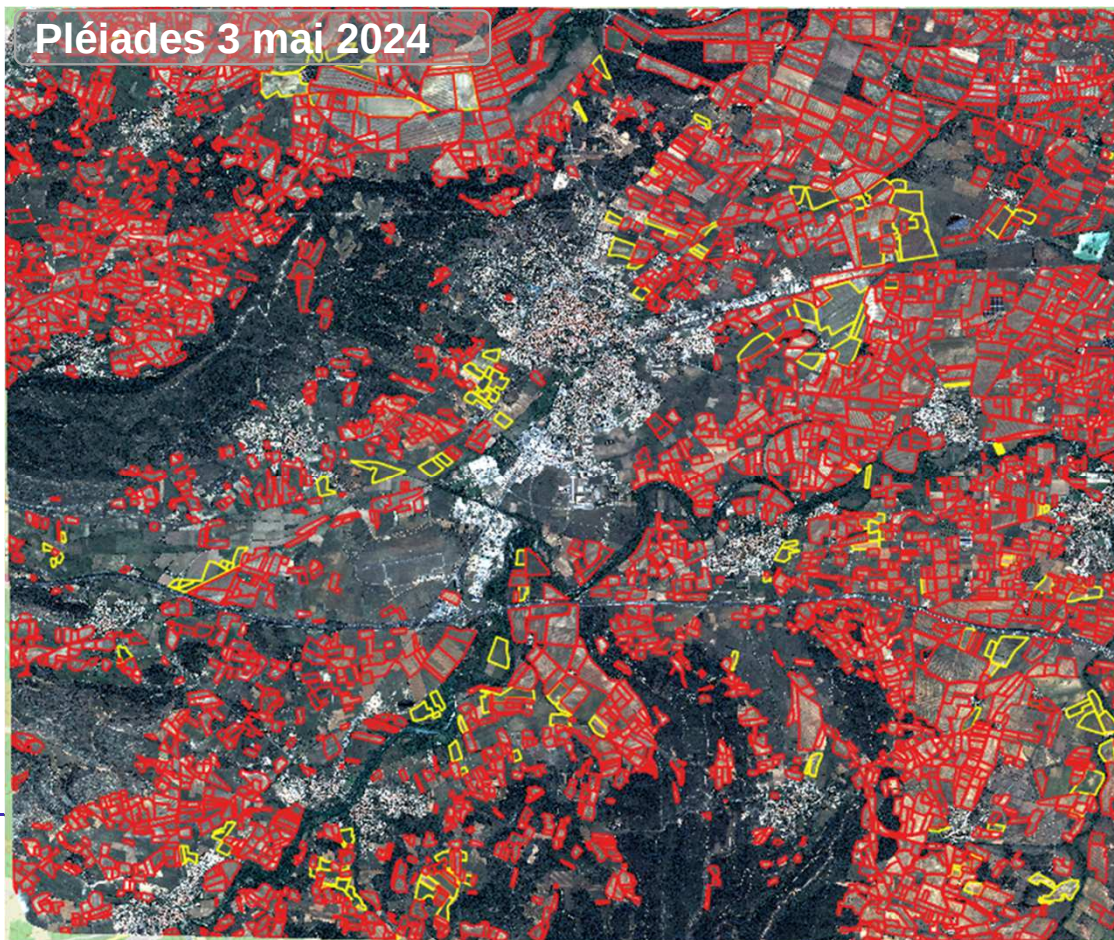
WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1– Masque de végétation avec RPG (vignes+céréales)

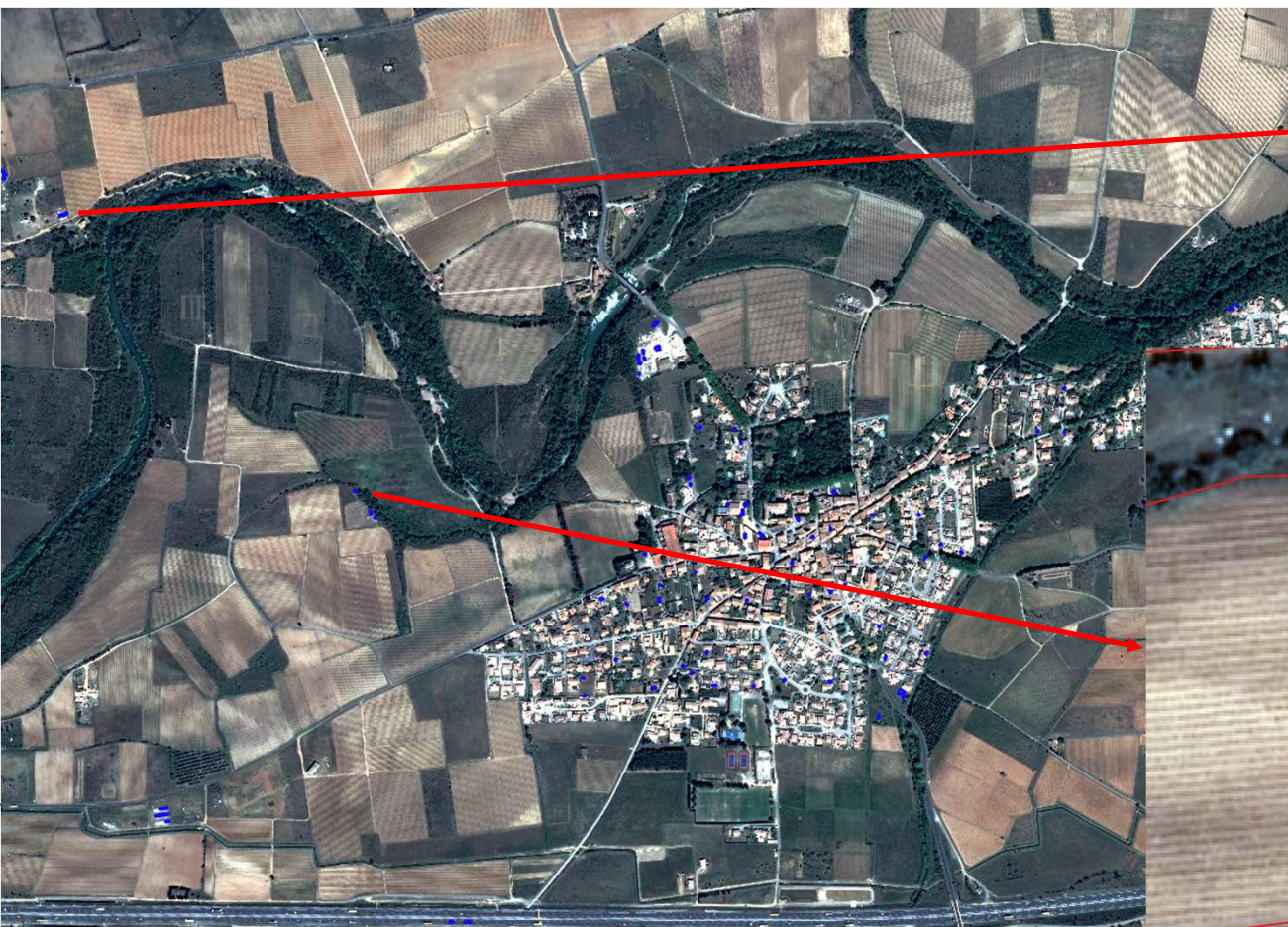
Pléiades 3 mai 2024



WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

Tâche 1.1– détection de la cabanisation



— RPG vigne
— RPG céréales
— Cabanisation

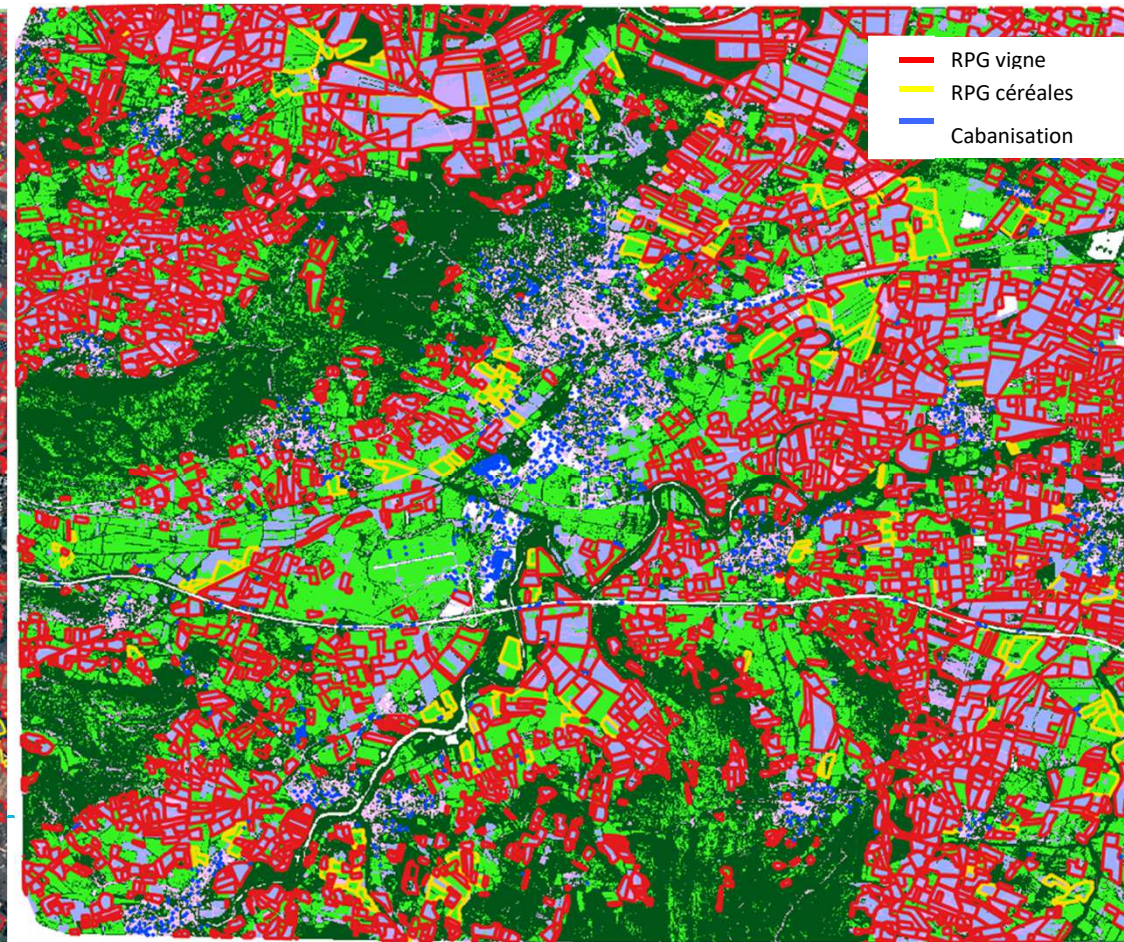
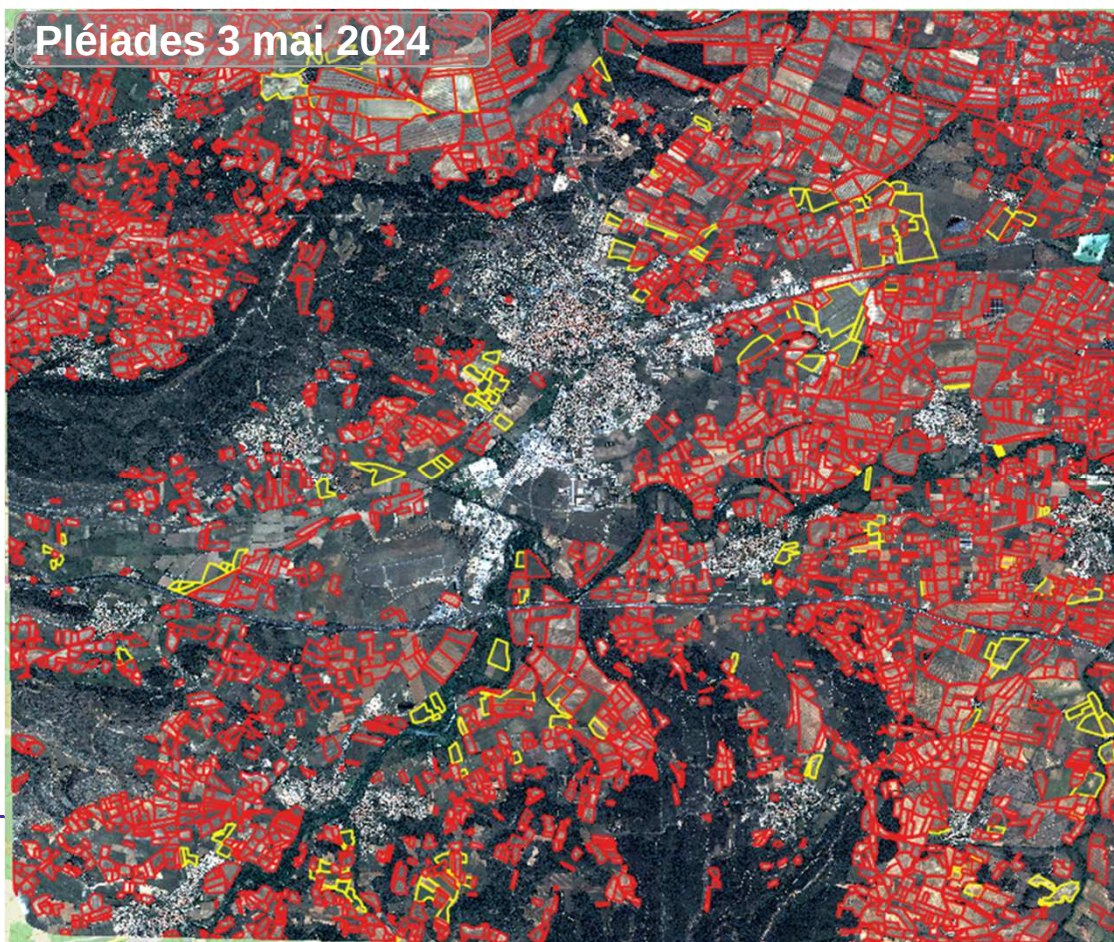
WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1– Masque de végétation avec RPG (vignes+céréales) et la détection de la cabanisation

Pléiades 3 mai 2024

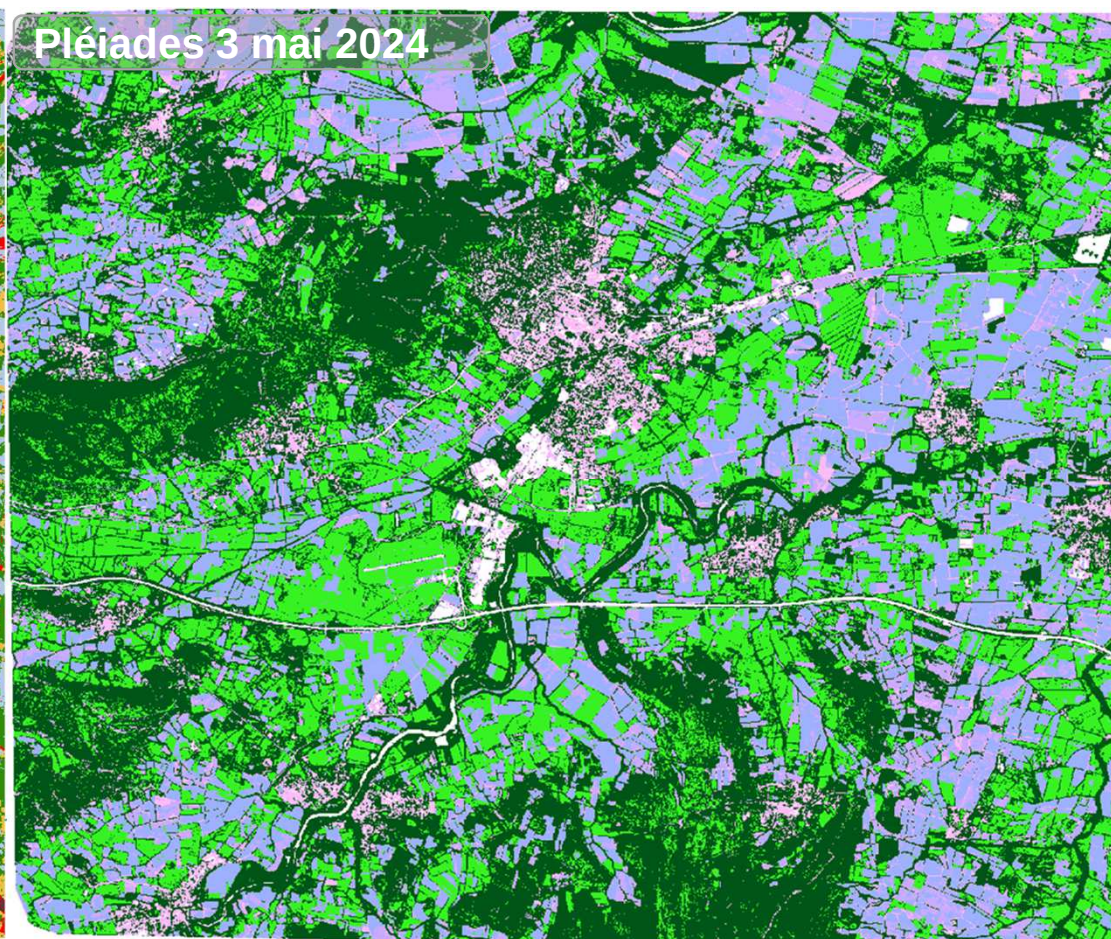
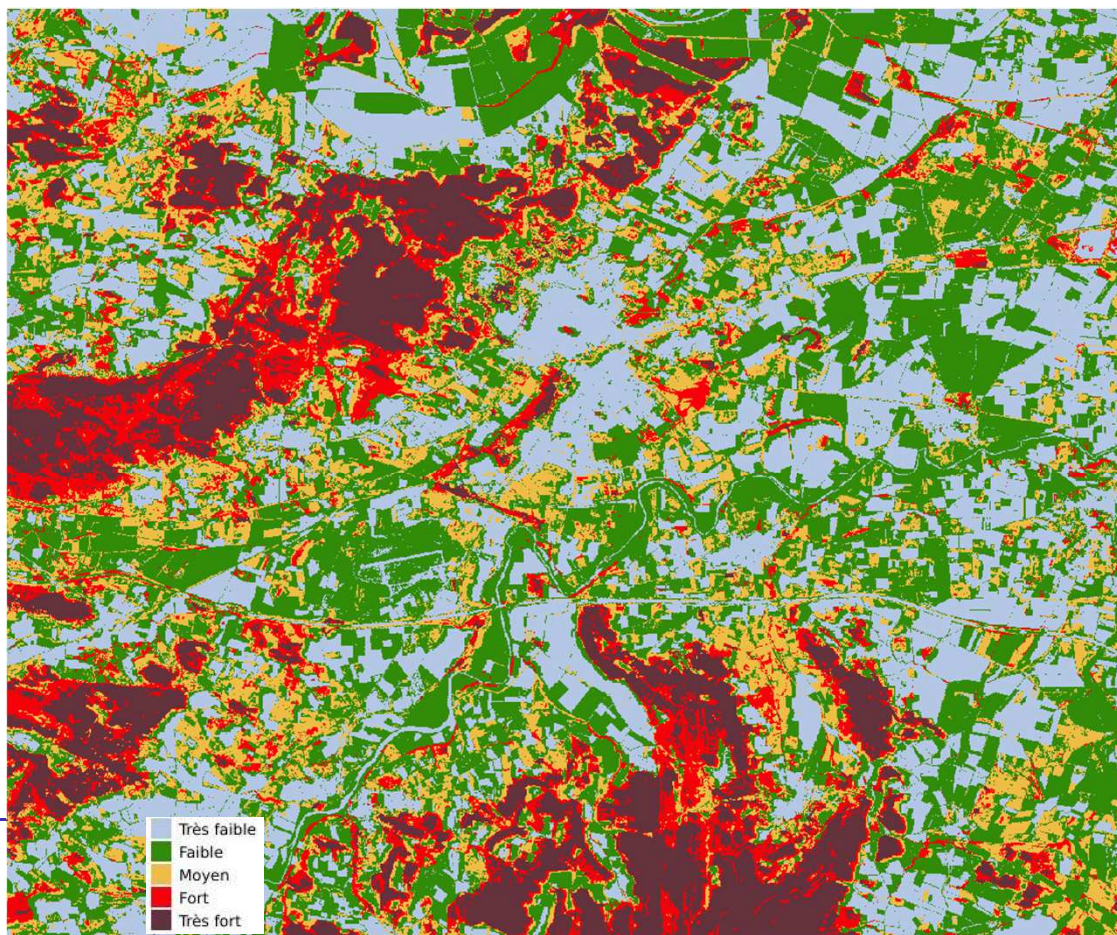


WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

Tâche 1.1– Carte aléa max FF vs Masque de végétation

- 11 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, faiblement texturé
- 12 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, moyennement texturé
- 13 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, texturé
- 21 Végétation basse
- 22 Végétation haute
- 23 Végétation haute



WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

WP1

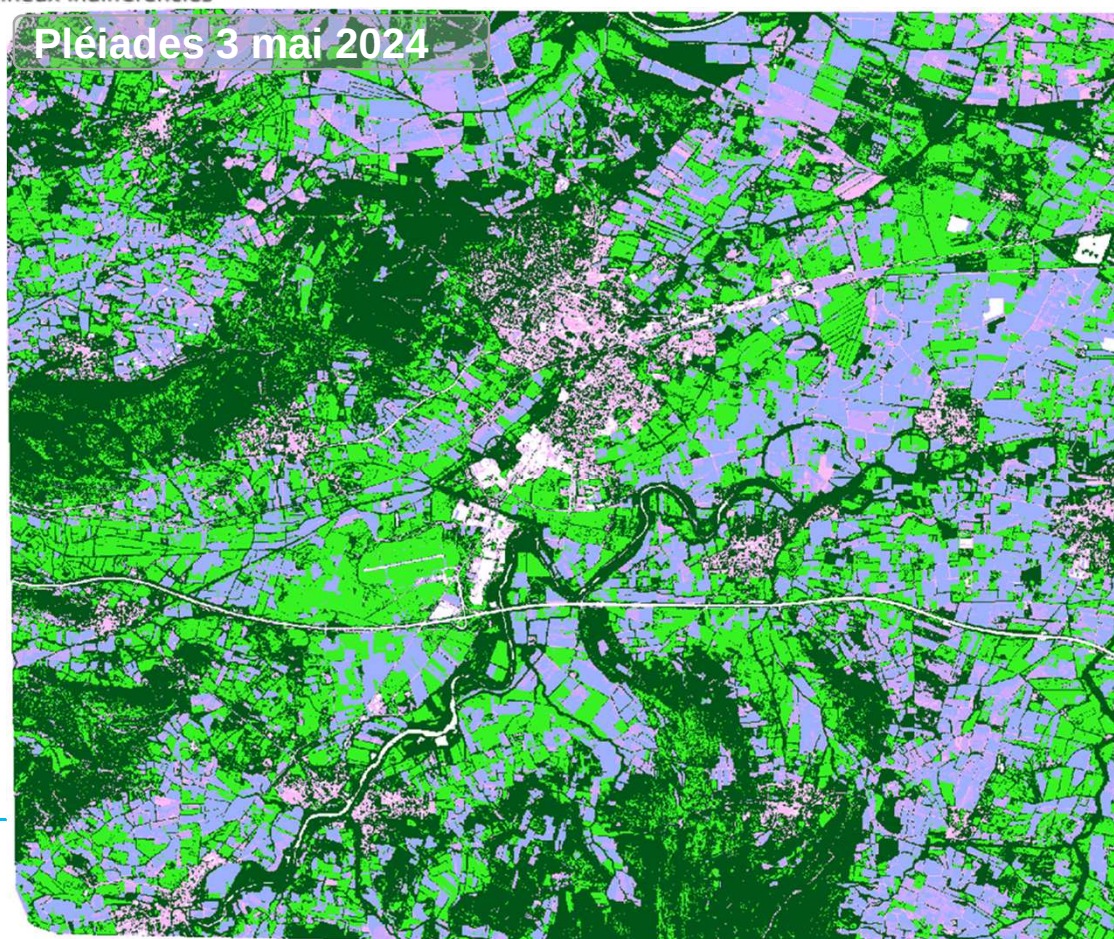
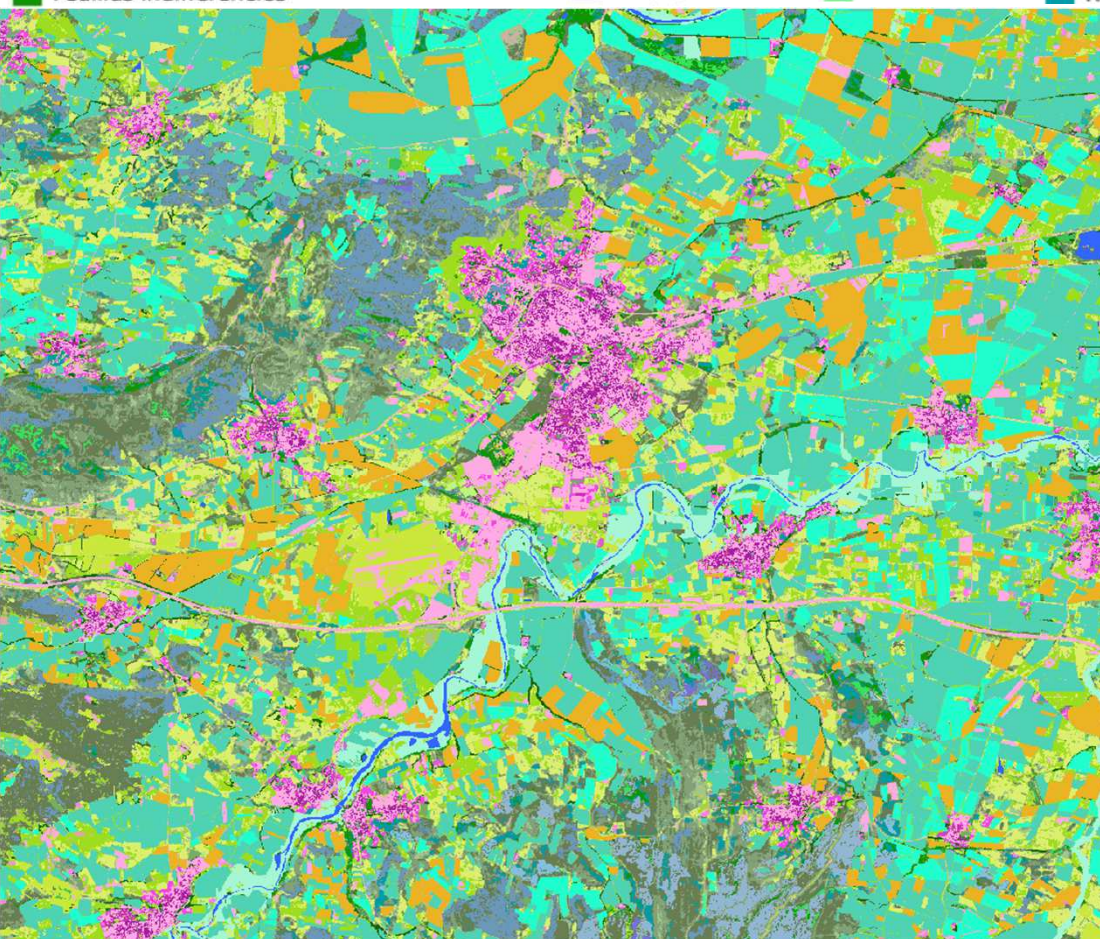
- Arbustif garrique/maquis peu dense
- Arbustif garrique/maquis moyennement dense
- Arbustif garrique/maquis dense
- Feuillus indifférenciés

- Pins indifférenciés
- Pin d'Alep
- Cèdre
- Pin pignon

- Minéral
- Pelouse verte
- Pelouse sèche
- Chênes vert

- Feuillus des zones non naturelles hors IFN
- Résineux des zones non naturelles hors IFN
- Verger
- Agricole
- Pin laricio, pin noir
- Résineux indifférenciés

- 11 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, faiblement texturé
- 12 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, moyennement texturé
- 13 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, texturé
- 21 Végétation basse
- 22 Végétation haute
- 23 Végétation haute



WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

WP1

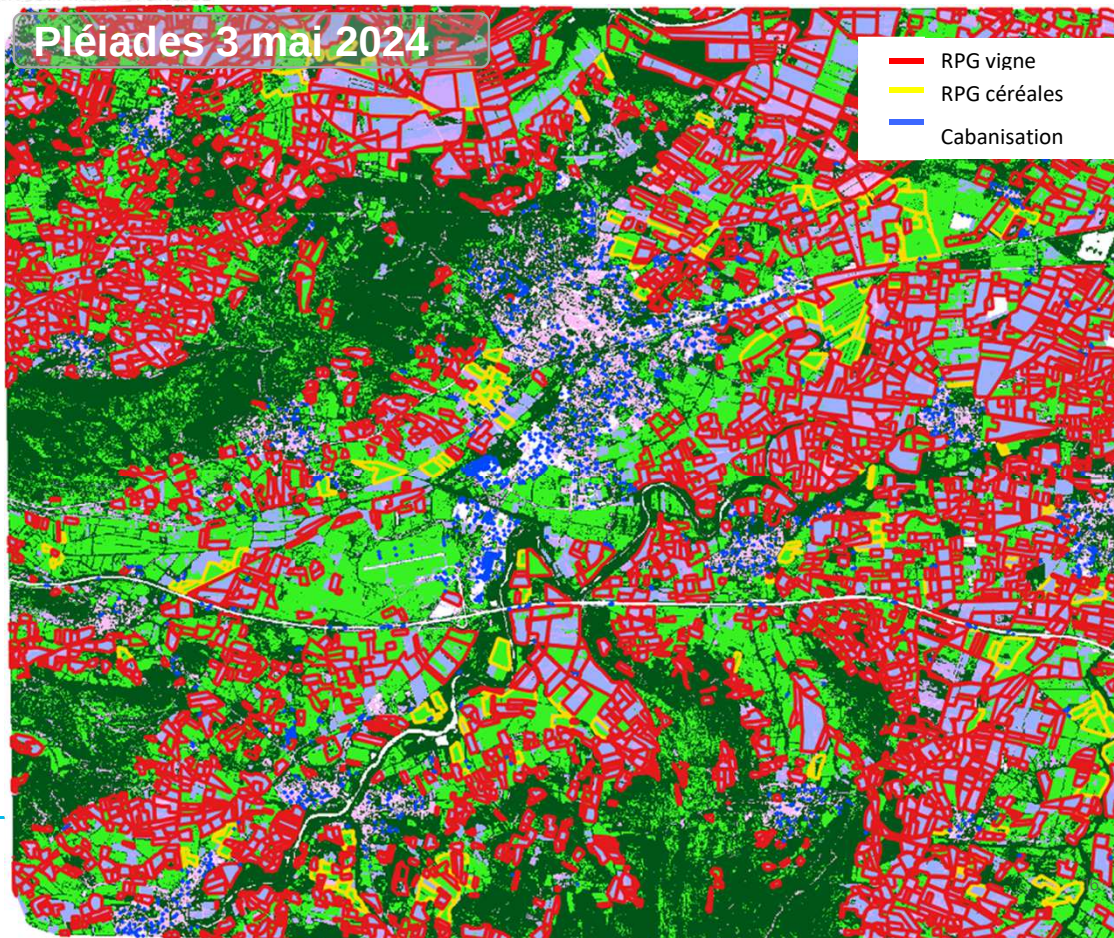
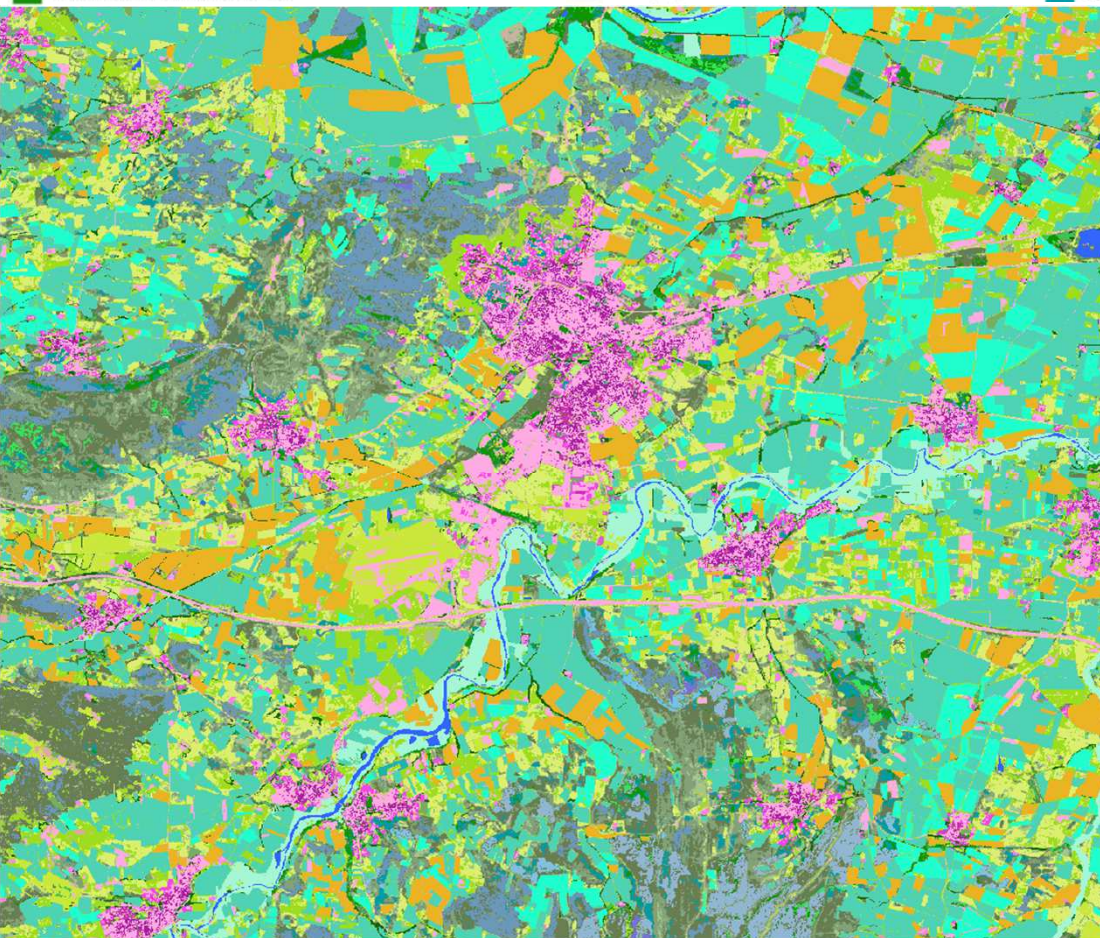
- Arbustif garrique/maquis peu dense
- Arbustif garrique/maquis moyennement dense
- Arbustif garrique/maquis dense
- Feuillus indifférenciés

- Pins indifférenciés
- Pin d'Alep
- Cèdre
- Pin pignon

- Minéral
- Pelouse verte
- Pelouse sèche
- Chênes vert

- Feuillus des zones non naturelles hors IFN
- Résineux des zones non naturelles hors IFN
- Verger
- Agricole
- Pin laricio, pin noir
- Résineux indifférenciés

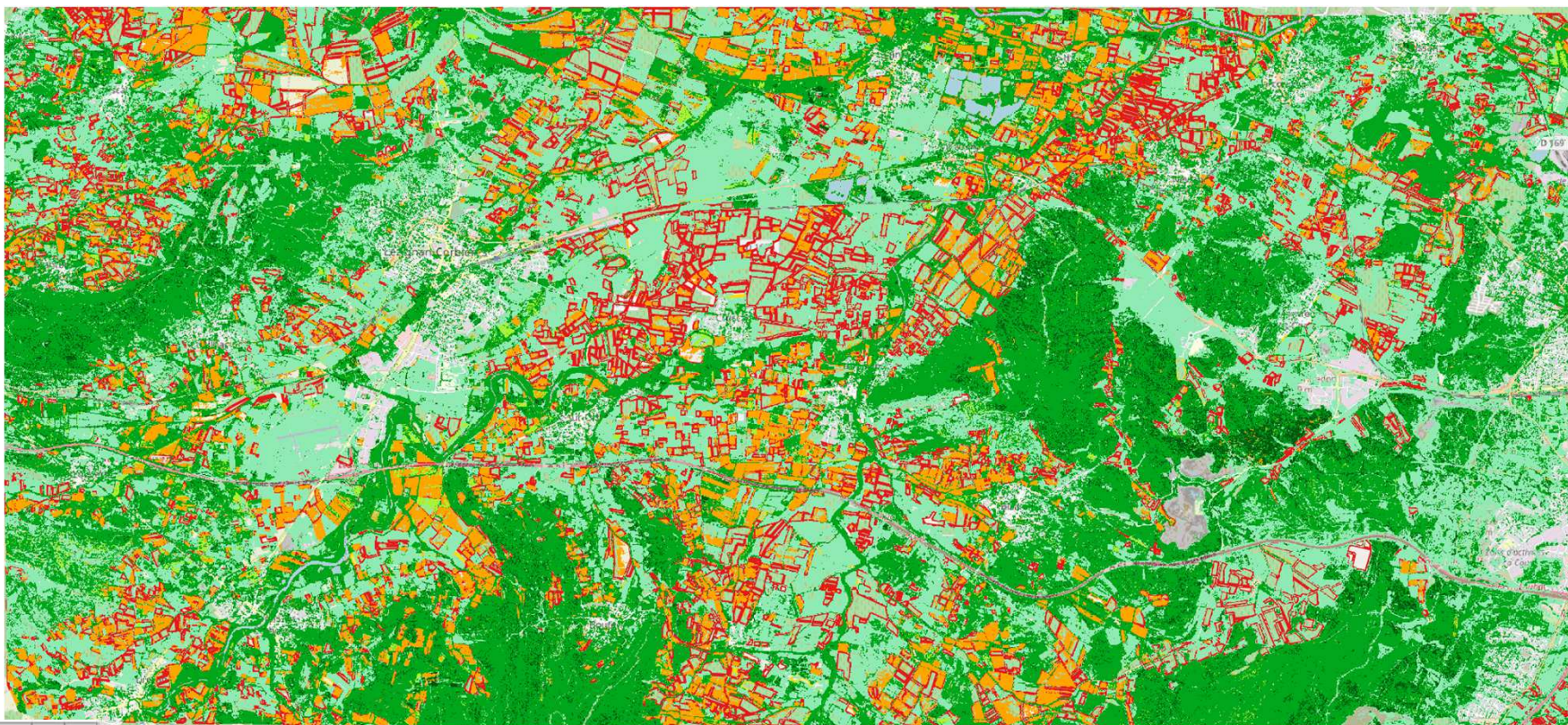
- 11 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, faiblement texturé
- 12 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, moyennement texturé
- 13 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, texturé
- 21 Végétation basse
- 22 Végétation haute
- 23 Végétation haute



CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1– suivi évolution de la végétation via la comparaison des masques de végétation mai 2024 vs juin 2023



— RPG vigne
— RPG céréales
— Cabanisation

N+1 \ N	0	11	12	13	21	22	23
0	0	31	32	33	34	35	36
11	1	41	42	43	44	45	46
12	2	51	52	53	54	55	56
13	3	61	62	63	64	65	66
21	4	71	72	73	74	75	76
22	5	81	82	83	84	85	86
23	6	91	92	93	94	95	96

- Disparition de la végétation entre l'année N et N+1
- Passage de la classe végétation à la classe mixte entre l'année N et N+1
- Végétation à l'année N+1 (selon la couleur de vert, maintien de la classe végétation ou passage d'une autre classe vers la classe végétation)

WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

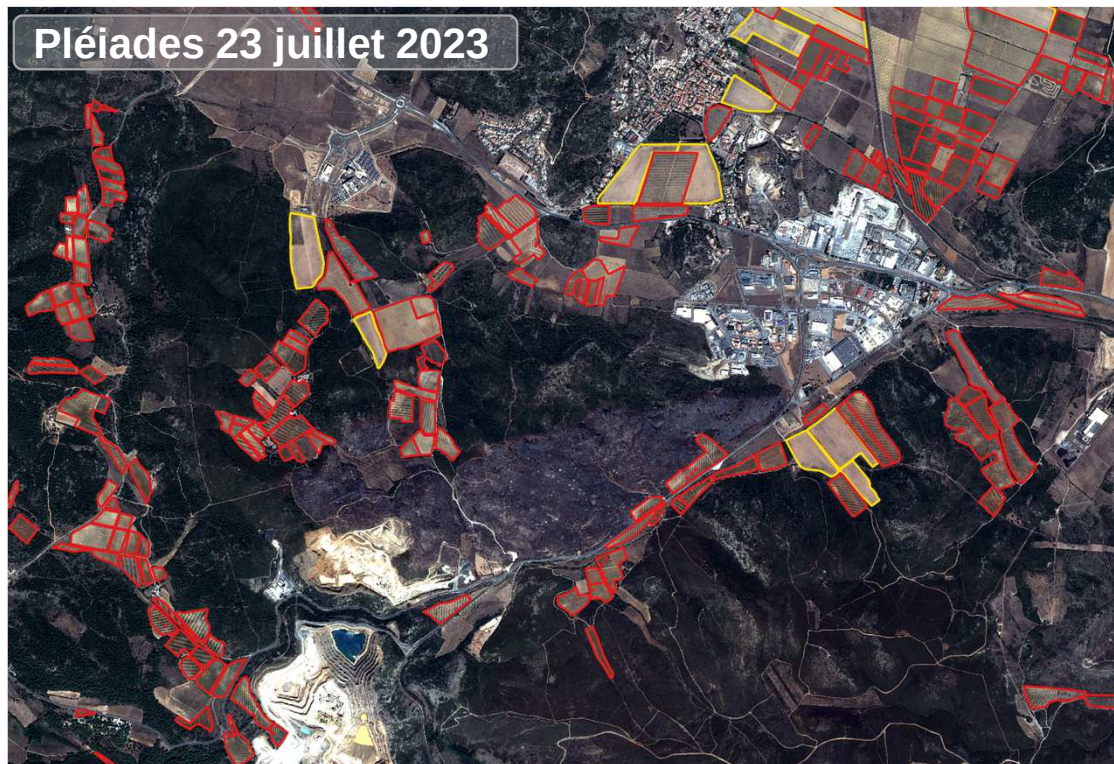


Tâche 1.1– incendie montréal de corbières 2023 – 120ha – 5 juillet 2023

Pléiades 26 juin 2023



Pléiades 23 juillet 2023



WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

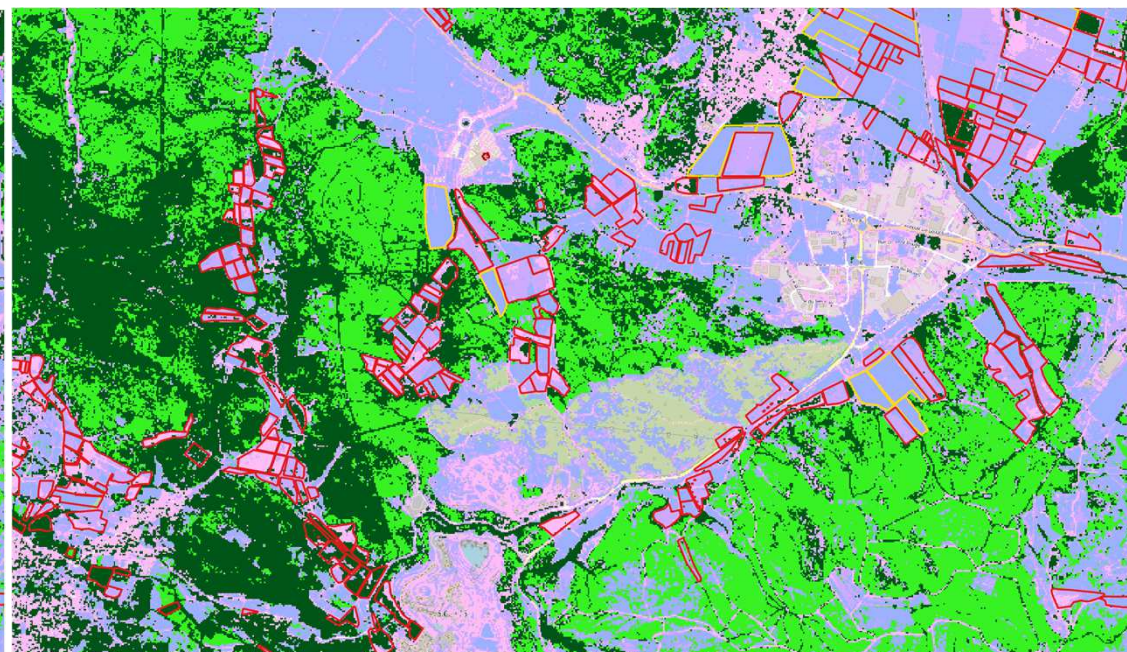
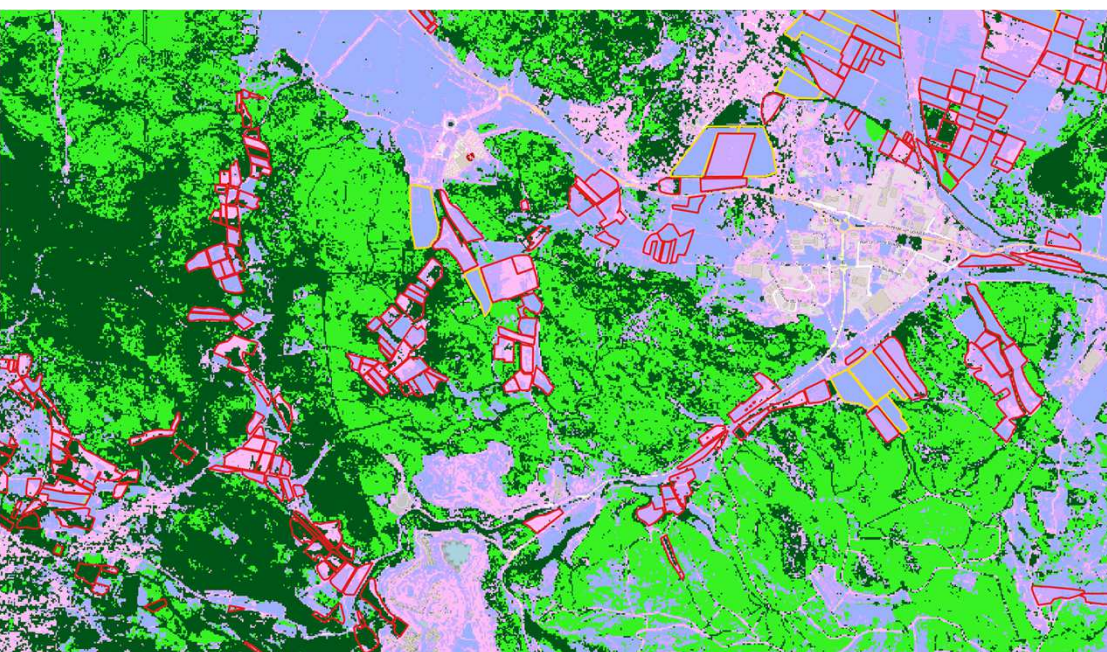


Tâche 1.1 – incendie montréalais de corbières 2023 – 120ha – 5 juillet 2023

Pléiades 26 juin 2023

Masque de végétation à partir de Pléiades

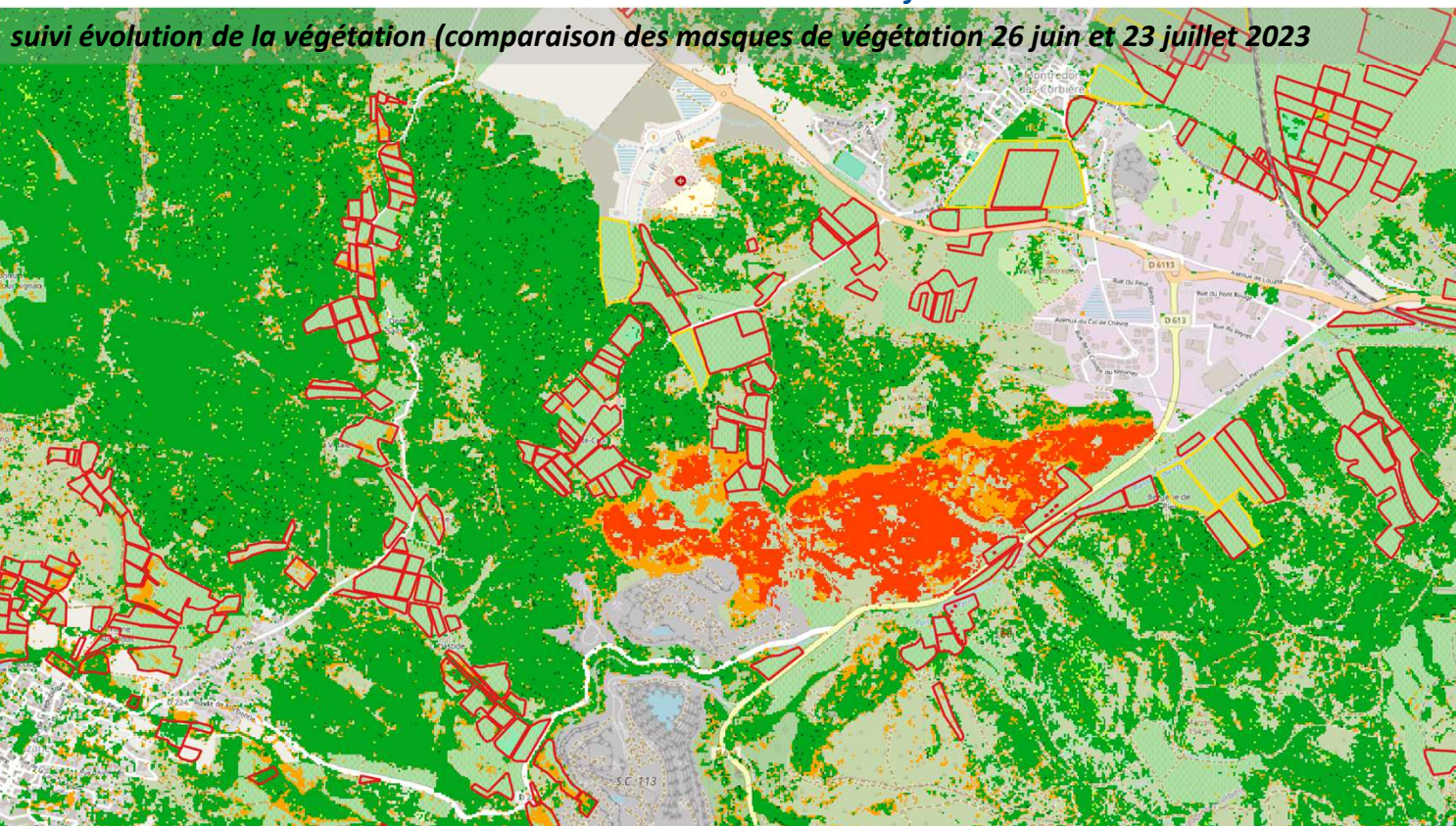
Pléiades 23 juillet 2023



- 11 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, faiblement texturé
- 12 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, moyennement texturé
- 13 Classe mixte : peut être de la végétation ou non, texturé
- 21 Végétation basse
- 22 Végétation haute
- 23 Végétation haute

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

Tâche 1.1 – incendie montréal de corbières 2023 – 120ha – 5 juillet 2023



— RPG vigne
— RPG céréales

N+1 \ N	0	11	12	13	21	22	23
0	0	31	32	33	34	35	36
11	1	41	42	43	44	45	46
12	2	51	52	53	54	55	56
13	3	61	62	63	64	65	66
21	4	71	72	73	74	75	76
22	5	81	82	83	84	85	86
23	6	91	92	93	94	95	96

- Disparition de la végétation entre l'année N et N+1
- Passage de la classe végétation à la classe mixte entre l'année N et N+1
- Végétation à l'année N+1 (selon la couleur de vert, maintien de la classe végétation ou passage d'une autre classe vers la classe végétation)

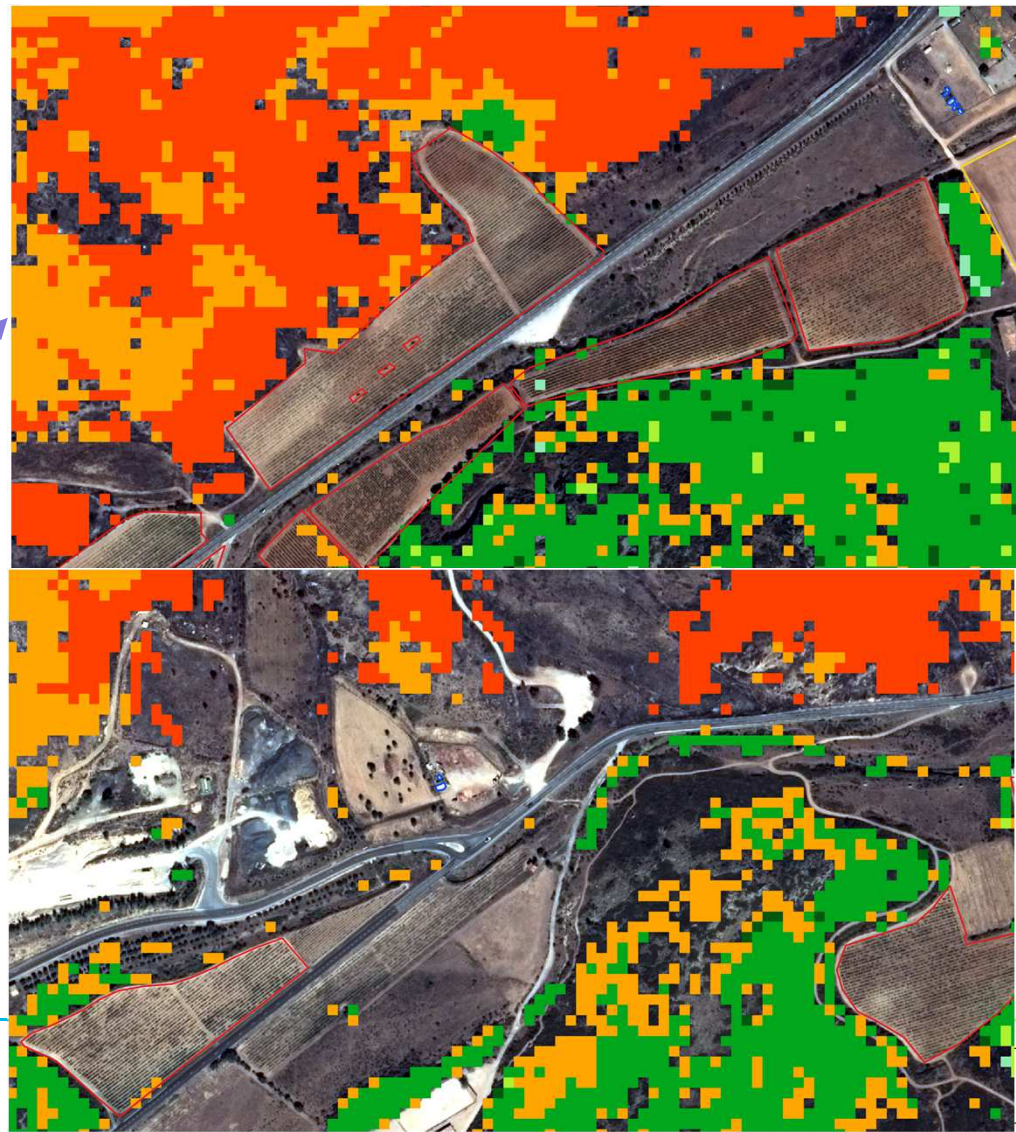
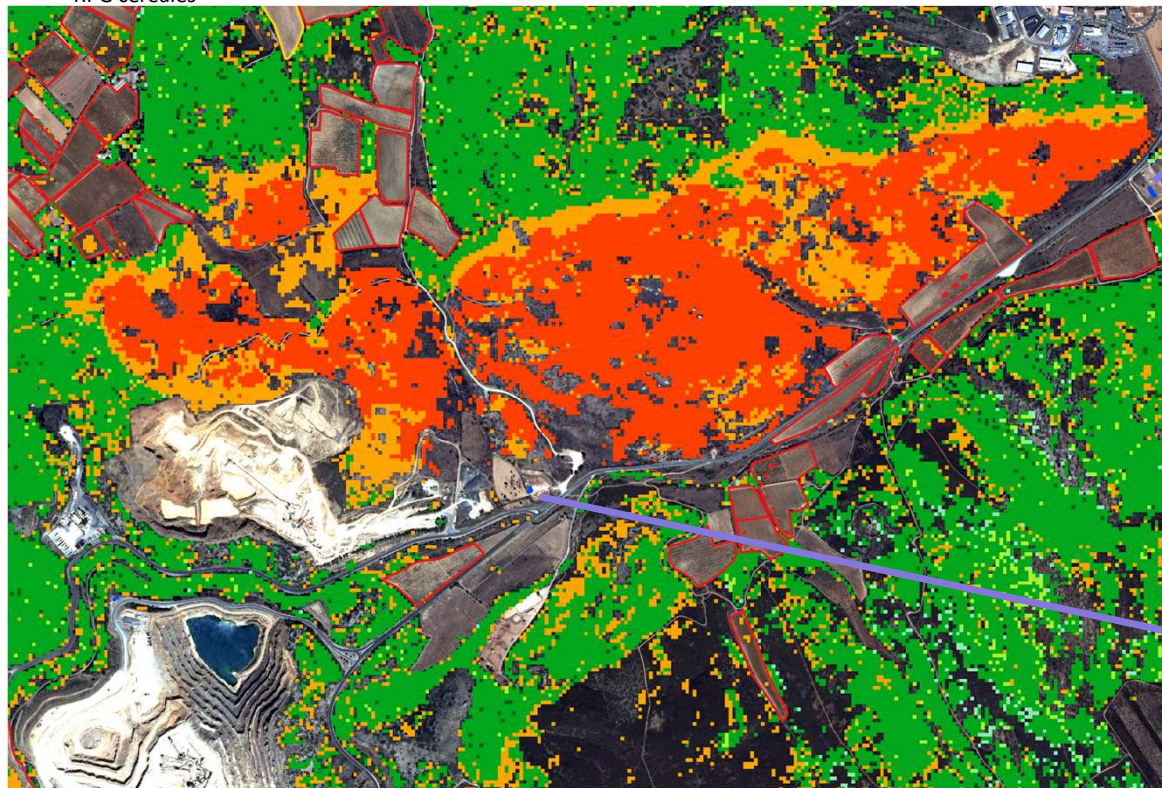
WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

Tâche 1.1 – incendie montrédon de corbières 2023 – 120ha

RPG vigne

RPG céréales



WP1

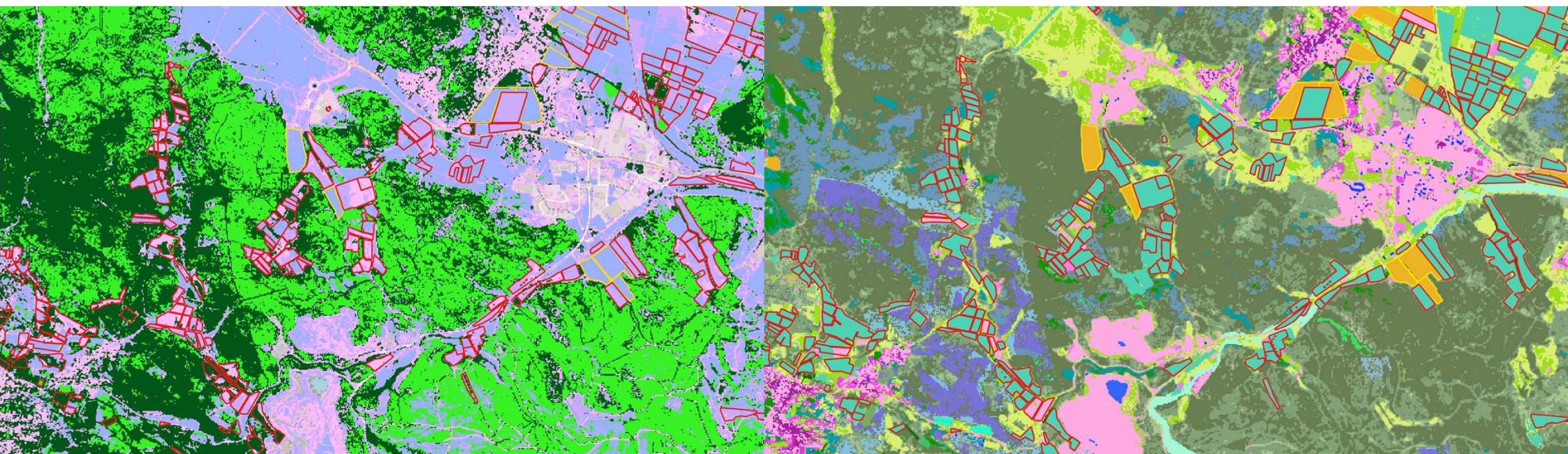
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1 – incendie montréalais de corbières 2023 – 120ha – 5 juillet 2023

Pléiades 26 juin 2023

Masque de végétation à partir de vs masque végétation ONF



WP1

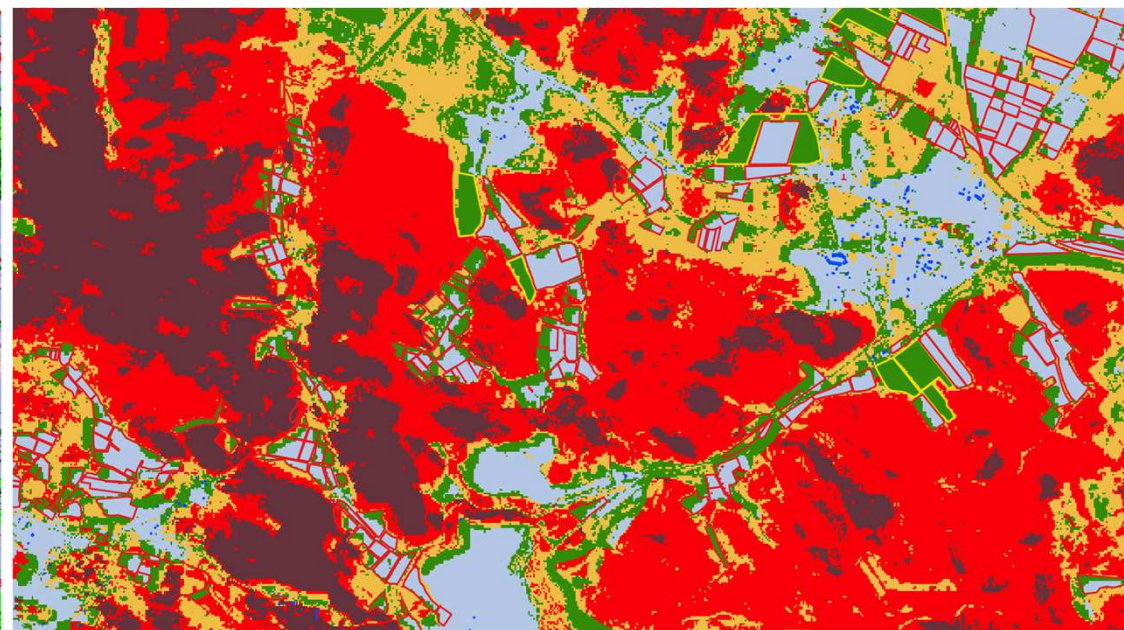
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1 – incendie montréalais de corbières 2023 – 120ha – 5 juillet 2023

Pléiades 26 juin 2023

Masque de végétation à partir de Pléiades vs carte aléa FF



CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tâche 1.1 – CONCLUSIONS

✓ Détection de l'évolution de la masse combustible pour la mise à jour de la carte d'aléa de FF → algorithme ripisylve adapté pour ALEOFEU donne de bons résultats.

- Bonne cohérence avec la carte du type végétation de l'ONF
- Bonne cohérence avec la carte d'aléa
- Bonne détection du changement de la végétation

✗ Détection de la densité végétale en décroissance et en croissance dans le temps afin de pouvoir établir un indice → l'algorithme n'est pas pertinent dans ce volet car les indices NDVI issues de Pléiades ne sont pas précis comme ceux de S2 par exemple.

✗ Détection de friches de > 3ans → l'algorithme n'est pas pertinent dans l'état. Sur ce volet, le projet pourrait s'appuyer sur le SCO Friches Agricoles

Zones de test avec VT : Lézignan-Corbières

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



La livraison est articulée avec les éléments ci-dessous :

```

cabanisation
├── cabanisation_mai2024.cpg
├── cabanisation_mai2024.dbf
├── cabanisation_mai2024.prj
├── cabanisation_mai2024.shp
├── cabanisation_mai2024.shx
└── style_QGIS_cabanisation.qml
comparaison_masques
├── compare_mskveg_062023_VS_052024.tif
└── style_QGIS_comparaison_masques.qml
masque_vegetation_NDVI025
├── mask_veg_052024_NDVI025.tif
├── mask_veg_062023_NDVI025.tif
└── style_qgis_masque_vegetation_2024.qml
Pleiades_TOA
└── mosaic_TOA_052024_cut_uint16.tif
RPG_2023
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_cereales.cpg
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_cereales.dbf
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_cereales.prj
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_cereales.qmd
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_cereales.shp
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_cereales.shx
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_vigne.cpg
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_vigne.dbf
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_vigne.prj
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_vigne.qmd
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_vigne.shp
├── RPG_2023_Lezignan_Corbier_vigne.shx
├── style_QGIS_RPG_cereales.qml
└── style_QGIS_RPG_vigne.qml
  
```

Fichier vectoriel de la détection de cabanisation

Style QGIS pour l'affichage

Fichier raster de comparaison des masques de végétation, et style QGIS associé

Fichiers raster de masques de végétation, et style QGIS associé

Image Pléiades TOA du 3 mai 2024

Fichier vectoriel du RPG 2023 céréales

Fichier vectoriel du RPG 2023 vigne

Styles QGIS pour l'affichage

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2

Objectif : amélioration dynamique de la carte du combustible via la création d'un indicateur corrélé à la biomasse sèche avec Sentinel1

Données :

- Séries temporelles de S1 en VH et VV
- VT issue du masque de végétation de l'ONF (49 espèces) sur tout le département de l'Aude
- Cartographie aléa de Feu de forêt sur 5 niveaux de sensibilité de la végétation au FF
- cartes de biomasse fine combustible « aérienne » estimée à partir du LiDAR HD sur Lézignan Corbières dans l'Aude (INRAE)

Méthodologie :

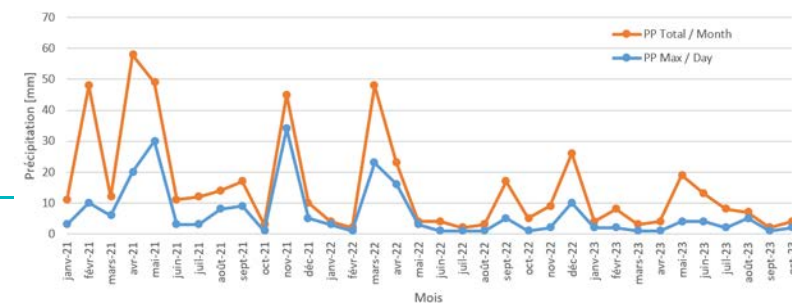
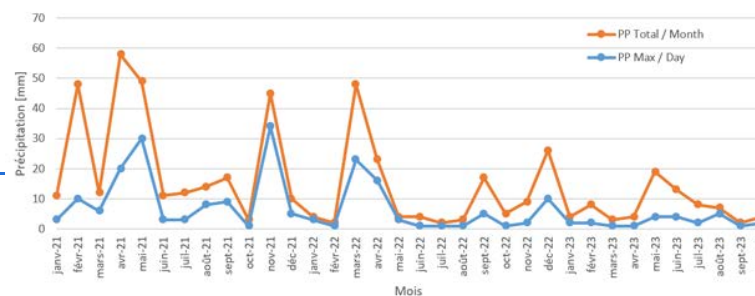
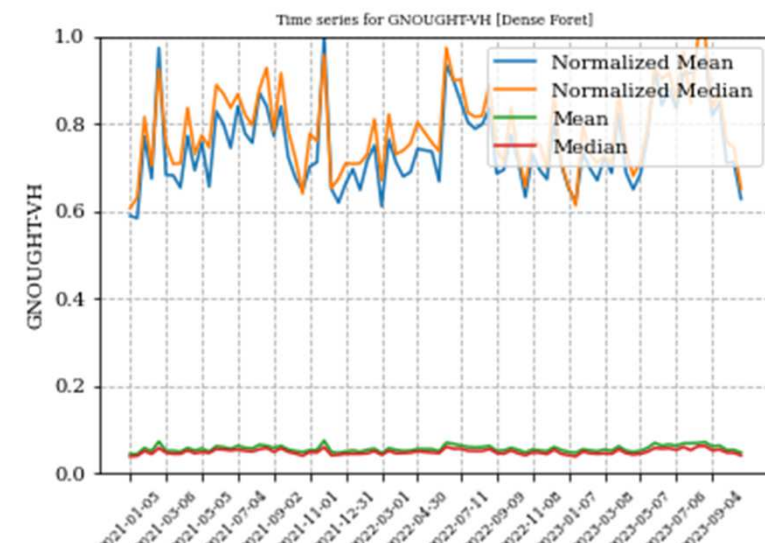
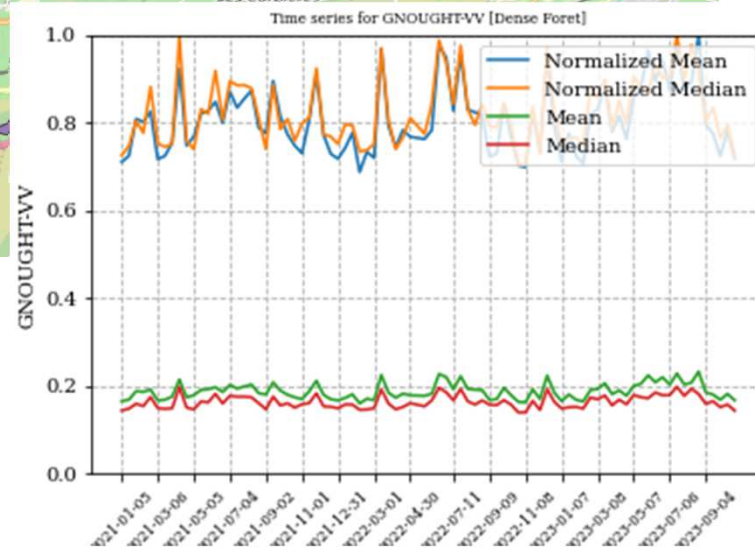
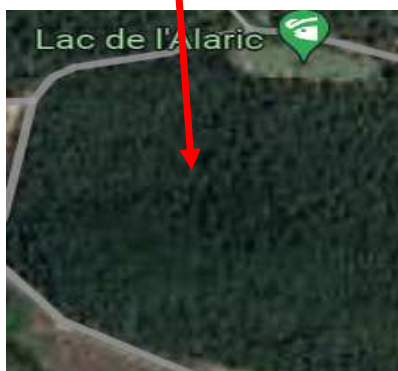
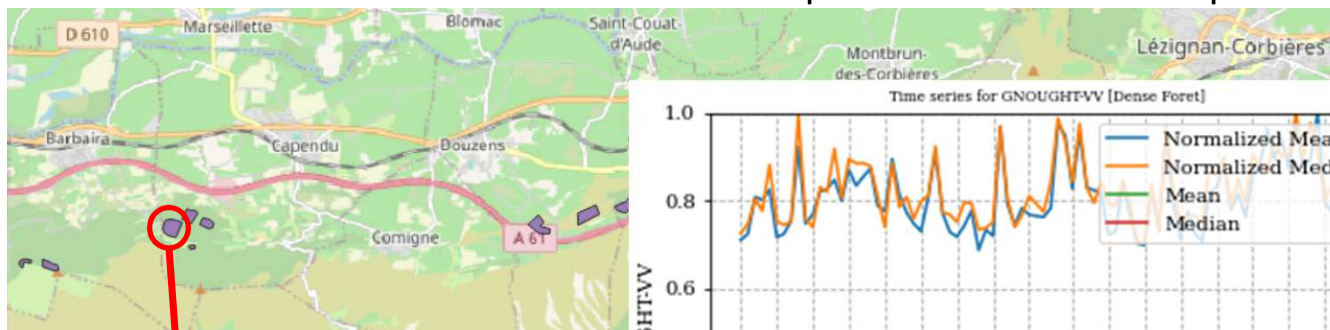
- algorithme de traitement de séries temporelles images S1 (Gamma0) pour le calcul des indicateurs corrélées à la biomasse/végétation et à la variation soit de la saison saisonnière soit d'une dégradation de la forêt
 - Equivalent $NDVI = \frac{\gamma_{VH}^0}{\gamma_{VV}^0} = q \rightarrow$ suivi santé végétation
 - Radar Vegetation Index [RVI]: $\frac{4 * \gamma_{VH}^0}{(\gamma_{VH}^0 + \gamma_{VV}^0)}$ et Dual-Pol-RVI [DP-RVI]: $\frac{q * (q+3)}{(1+q)^2} \rightarrow$ suivi évolution phénologique
 - Radar Forest Degradation Index [RFDI]: $\frac{(1-q)}{(1+q)} \rightarrow$ évaluation du degré de dégradation d'un couvert forestier (mesure densité de la canopée)
 - Depolarization Within Vegetation [DWV]: $\frac{\sqrt{RFDI}}{RVI} \rightarrow$ mesure le niveau de dépolarisation de l'onde incidente par interaction avec le couvert végétal
 - Radar change Ratio (RCR) : rapport entre la moyenne du signal pre- et post-perturbation pour détecter le changement
- zones du LIDAR HD et Lézignan Corbières sur Forestières denses/Forestières moyennement denses/Forestières dégradées/Surface agricoles pour réf. saisonnière
- Période : 01/01/2021 - 30/10/2023
- Validation avec la VT

WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt Dense



[69] Pins d'Alep

WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

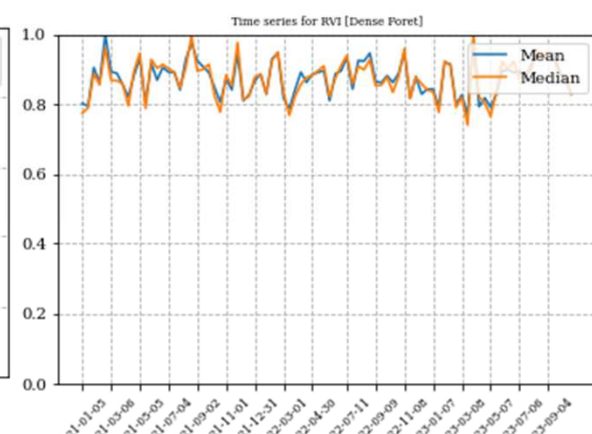
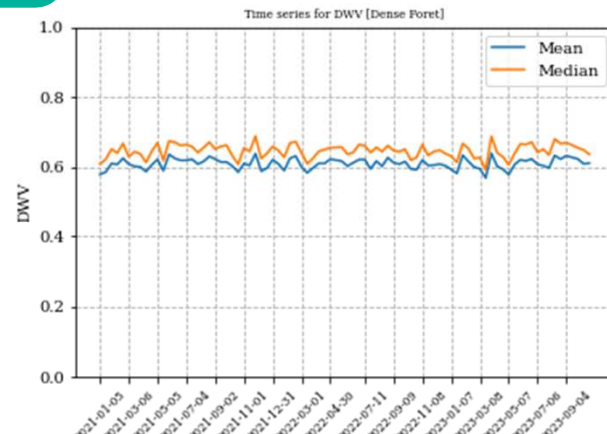
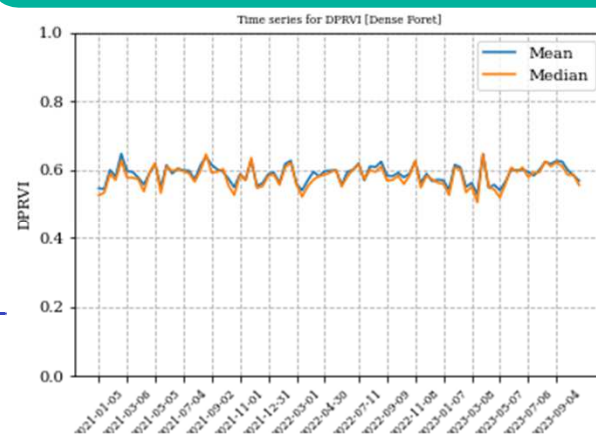
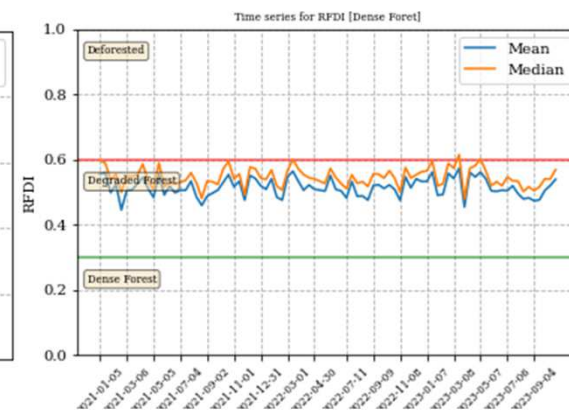
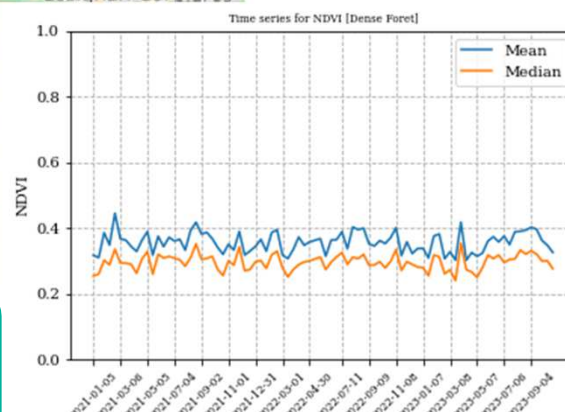


Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt Dense



Variations corrélées entre différents indicateurs:

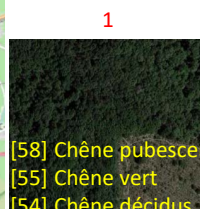
- RVI présente la dynamique la plus intéressante
- RFDI non révélateur de la densité canopée
- La Bande-L serait plus pertinente (ALOS-PALSAR)



[69] Pins d'Alep

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA FF

Tache 1.2



[58] Chêne pubescent
[55] Chêne vert
[54] Chêne décidus



[69] Pins d'Alep
[26] Arbustif garrigue dense



[69] Pins d'Alep



[22] Friche
[08] Agricole

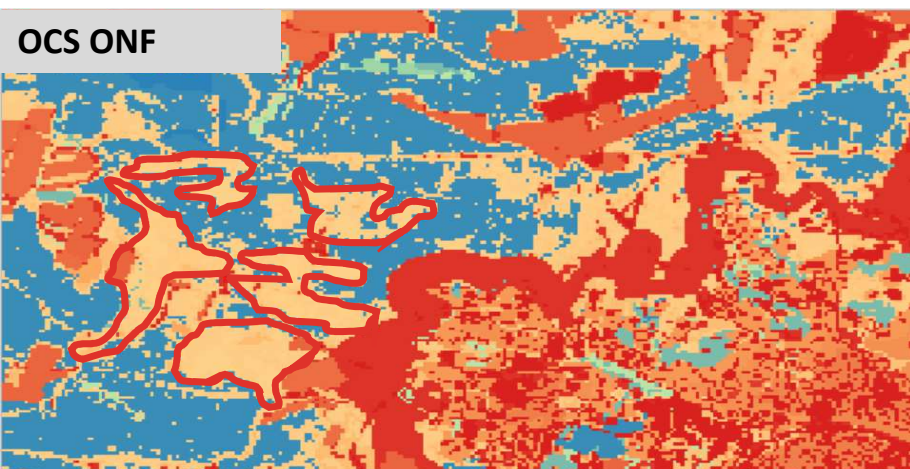
Indices SAR S1	Forêt dense	Forêt moy dense	Forêt peu dense	Agricole/ sol nus
Gamma-Nought VH-VV	Rétrodiffusion relativement stable ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	Rétrodiffusion relativement stable ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	Rétrodiffusion relativement stable ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	✅ Forte dynamique ✅ Forte variabilité saisonnière ✅ moyenne sensibilité aux précipitations
NDVI	❌ Très faible variabilité saisonnière ❌ Très faible variation avec précipitations ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	❌ Très faible variabilité saisonnière ❌ Très faible variation avec précipitations ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	✅ Faible variabilité saisonnière ✅ Faible sensibilité aux précipitations ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	✅ Bonne classification ✅ Forte variabilité saisonnière ✅ sensibilité moyenne aux précipitations
RFDI	Classification des forêts de pin Alep et chaînes vert comme forêts dégradées ❌ pas sensible aux épisodes de pluie ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	Classification des forêts de pin Alep et garrigue comme forêts dégradées ❌ pas sensible aux épisodes de pluie ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	✅ Bonne classification des forêts de pin Alep et garrigue comme forêts dégradées ❌ pas sensible aux épisodes de pluie ❌ Pas de signature d'une dégradation du couvert forestier	✅ Bonne classification ✅ Forte variabilité saisonnière ✅ sensibilité moyenne aux précipitations
RVI/ DP-RVI	✅ dynamique moyenne ❌ Faible sensibilité aux précipitations ❌ faible variabilité saisonnière	✅ dynamique moyenne ❌ faible sensibilité aux précipitations ❌ faible variabilité saisonnière	✅ Forte dynamique ✅ forte sensibilité aux précipitations ✅ Forte variabilité saisonnière	✅ Forte dynamique ✅ forte sensibilité aux précipitations ✅ Forte variabilité saisonnière
DWV	❌ Faible dynamique ❌ pas sensible aux épisodes de pluie	❌ Faible dynamique ❌ pas sensible aux épisodes de pluie	✅ dynamique moyenne ❌ pas sensible aux épisodes de pluie	✅ Forte dynamique ✅ Sensibilité moy. aux précipitations ✅ Forte variabilité saisonnière

WP1

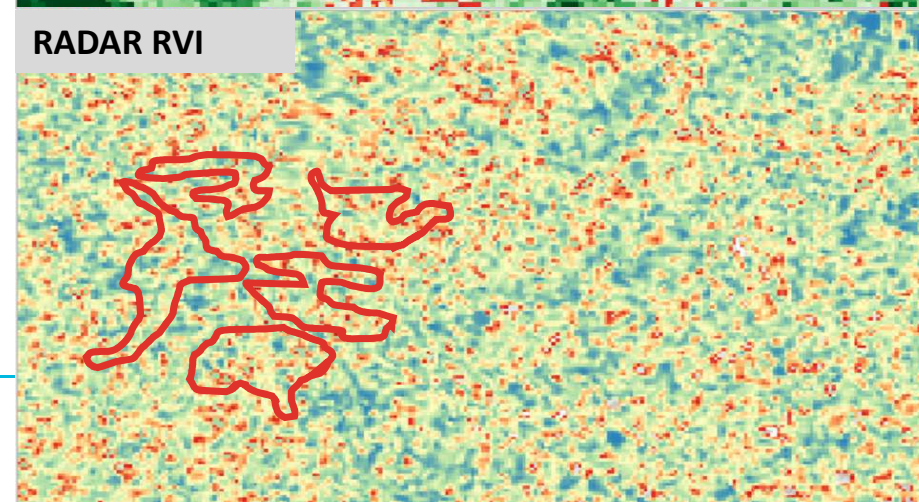
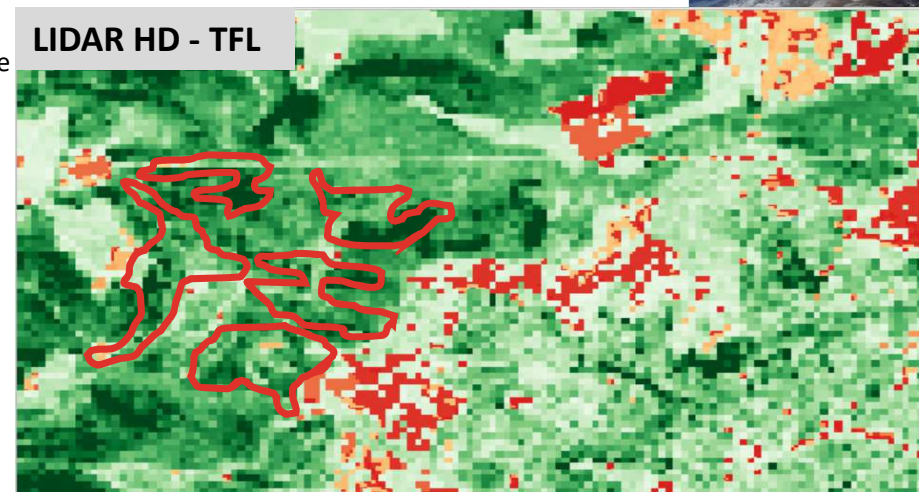
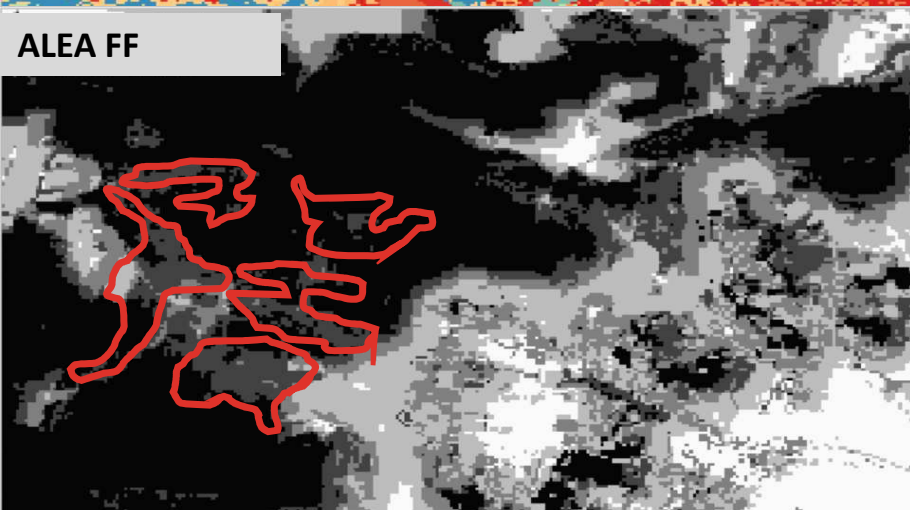
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – validation



— Garrigue, pelouse, vigne
— Pin Alep
— Feuillu



CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – validation indicateur SAR RVI vs LIDAR HD TFL

[50] Feuillus Indifférenciés

[08] Agricole

[05] Feuillus Zone non naurelles

[10] – [11] Vigne

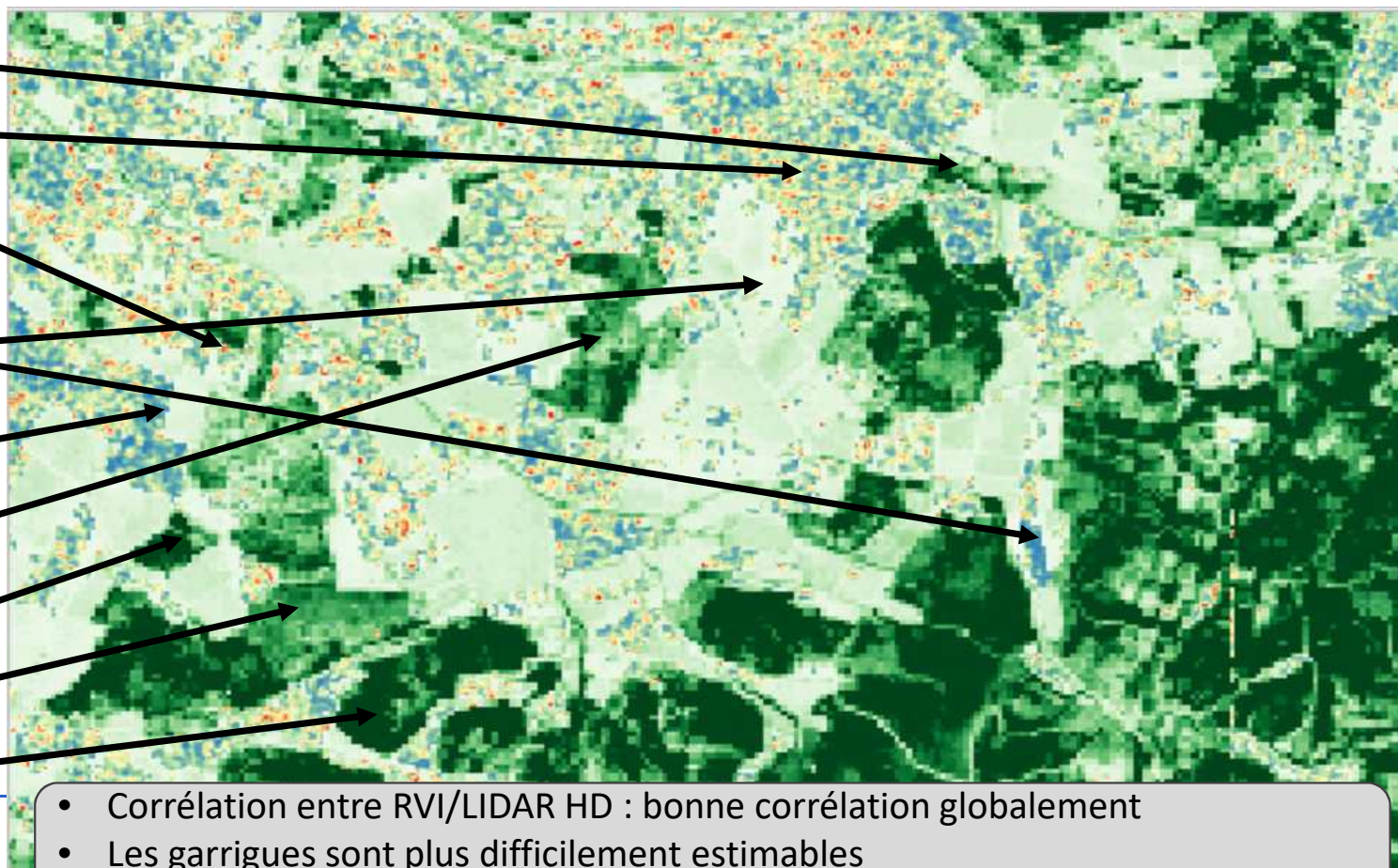
[04] Pelouse

[60] Résineux Indifférenciés

[24] – [25] – [26] Arbustif Garrigue
/ Maquis Peu Dense à Dense

[66] – [69] Pins

[55] Chênes Verts

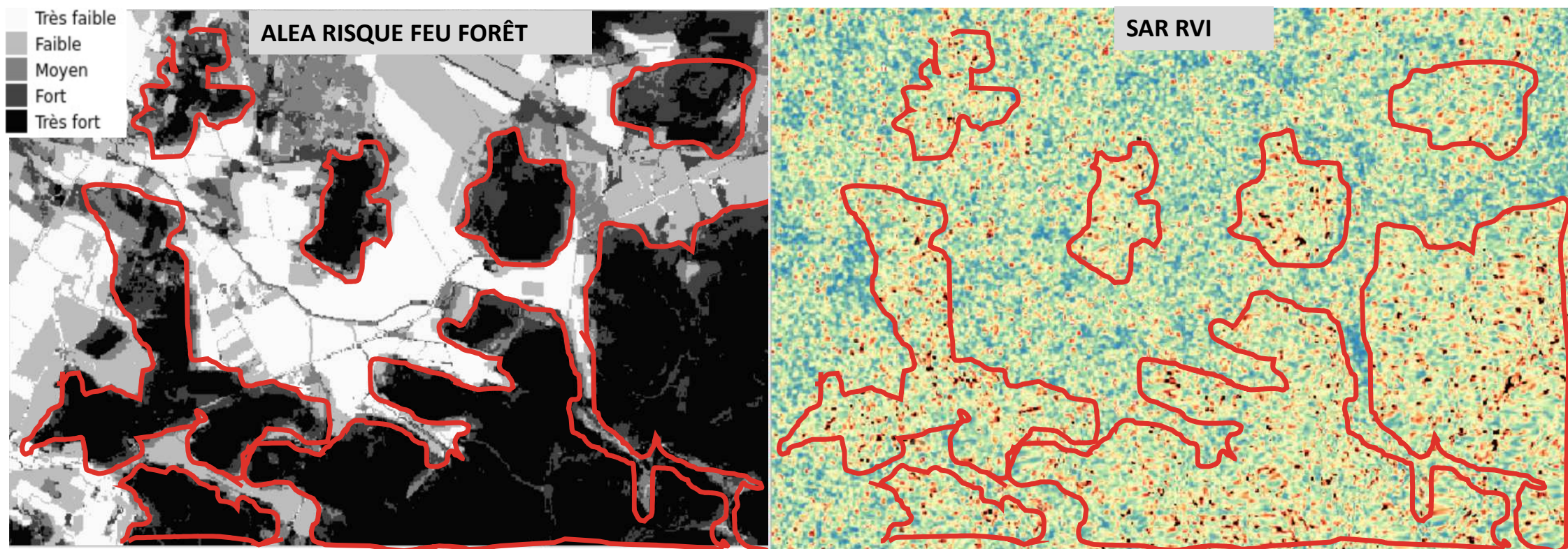


- Corrélation entre RVI/LIDAR HD : bonne corrélation globalement
- Les garrigues sont plus difficilement estimables
- Incohérences entre OCS ONF et LIDAR HD TFL sur les garrigues et pelouses

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – validation de l'indicateur SAR RVI avec la carte d'aléa de FF



- Corrélation entre RVI/risque aléa : très bonne corrélation
- Les garrigues sont plus difficilement estimables

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - CONCLUSIONS

Sur couverts forestiers:

- Les indicateurs proposés apportent peu d'information quant à la détection et quantification directe de la biomasse sèche de parcelles forestières
- Dans le cas d'étude, l'analyse de séries temporelles S1 a permis une légère détection de densité de végétation (p.ex. détection de dégradations par opposition aux variations saisonnières de couverts caduques). Néanmoins, sur certains cas la détection reste compliquée sans l'aide d'autres types de données (SAR mieux résolu, LIDAR, données optiques S2,...). Besoin également de plus de profondeur temporelles.
- Les indicateurs radar RVI, DWV, DP-RVI présentent une dynamique similaire avec une amplitude plus intéressante pour RVI
- Des corrélations entre les variations de ces indicateurs et des épisodes pluvieux sont observables → nécessaire de procéder systématiquement à cette mise en relation afin d'identifier les intervalles temporels permettant une interprétation fiable du signal radar.
- RFDI qui renseigne sur le niveau de dégradation d'un couvert forestier n'apporte aucun élément différenciant avec S1.

Sur surfaces végétalisées:

- S1 permet de faire le **suivi de parcelles cultivées mais moins bien celui des arbres.**
- DP-RVI par exemple montre de belles performances pour le suivi dynamique de croissance de cultures avec S1.

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – validation - CONCLUSIONS

Sur couverts forestiers:

- Bonne corrélation entre indicateurs Lidar CBH et TFL et Carte des Risques incendies → Les zones à forte densité végétale signent comme les zones les plus à risques
- Concordance entre les zones densément végétalisées et indicateur SAR RVI
 - Les zones présentant un TFL élevé correspondent aux zones signant un RVI élevé (zones correspondent à des essences Feuillus et Résineux)

Sur surfaces végétalisées:

- Concordance entre les zones faiblement végétalisées et indicateur SAR RVI
 - Les parcelles agricoles, vignes, prairies, pelouses (faible TFL) concordent avec les zones à faible RVI pour lesquelles le risque incendie est faible

Observations de quelques inconsistances entre Code ONF et TFL/RISQUES/RVI:

- Certaines parcelles Arbustif / Garrigue, pelouses, prairies peu denses indiquent un TFL plus fort que les Pins d'Alep avoisinant.
- Les indicateurs SAR RVI, TFL et Risques montrent une bonne corrélation sur ces cas particuliers → **Carte ONF Update?**

- Cet étude montre que l'indicateur RVI n'est pas pertinent pour estimer la masse combustible.
- En revanche l'indicateur **RVI S1 pourra servir d'indicateur de fiabilité de risque et densité de végétation** en complément des données LIDAR et données terrain pour mettre à jour la carte d'aléa de FF.

INDICATEURS SENSIBILITÉ VÉGÉTATION & DANGER OPÉRATIONNELS



Tache 1.1 – Génération pile de données à partir de Sentinel 2 et MODIS

Objectif : génération d'une pile de données à partir de Sentinel 2 et MODIS pour

- améliorer la précision temporelle, mais surtout spatiale du modèle statistique d'activité des feux (occurrence et taille) de l'INRAE et créer de nouveaux indices opérationnels à partir des indices de télédétection issus de ces données. (cf. thèse INRAE Jorge Castel Clavera).
- comparaison des données de télédétection avec les données d'observation hydrographiques (cf. post-doc INRAE)

Besoins INRAE pour les activités de feu en été et hiver :

- Zones : Aude (tuile T31TDH) et Zone Prométhée
- Période : toute l'année
- Satellites : Sentinel 2A & 2B, MODIS
- Produits d'images : les plus résolus, type L2A FRE
- Bandes : toutes
- Fréquence temporelle : 2000-2022
- Couverture nuageuse acceptée : faible

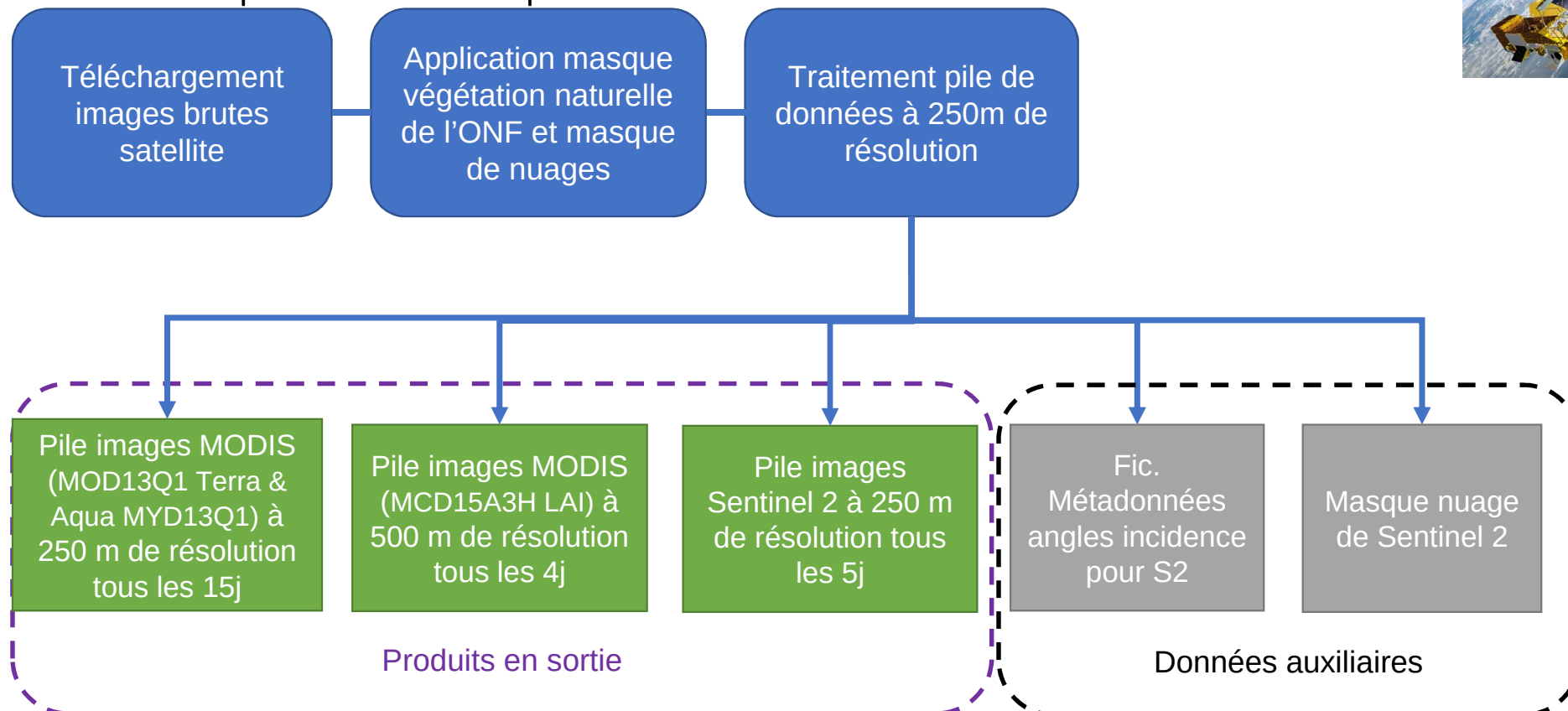
Méthodologie :

- Mise en place d'une chaîne de traitement de données Sentinel 2 et MODIS.

INDICATEURS SENSIBILITÉ VÉGÉTATION & DANGER OPÉRATIONNELS



Tache 1.1 – Génération pile de données à partir de Sentinel 2 et MODIS

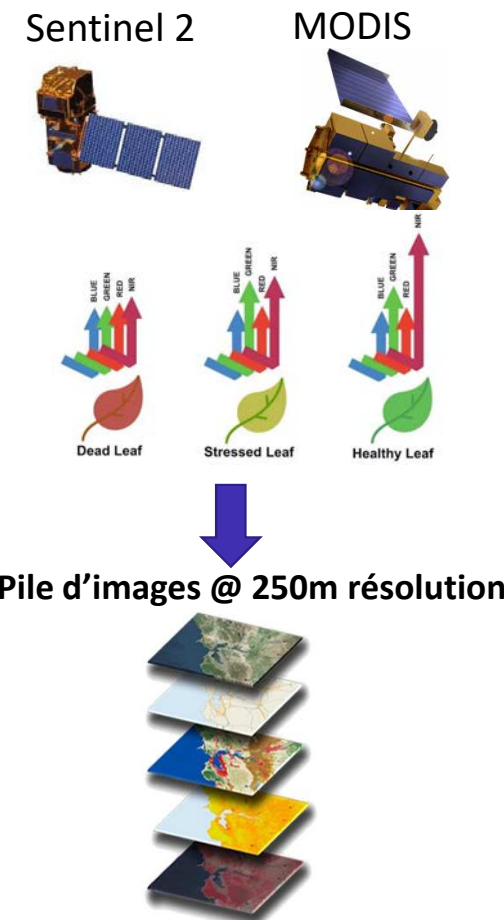


INDICATEURS SENSIBILITÉ VÉGÉTATION & DANGER OPÉRATIONNELS

Tache 1.1 – Génération pile de données à partir de Sentinel 2 et MODIS

Livraison effectuée en juin 2023

- 1999-2022: Produit MODIS dérivée Terra MOD13Q1 et Aqua MYD13Q1 (NDVI, VI, EVI, red, NIR, blue, MIR) à 250m tous les 15 jours et produit MCD15A3H LAI (produit dérivé (Terra+Aqua)) à 500 m de résolution tous les 4 jours
- 2016-2022: Produit Sentinel 2 L2A FRE tous les 5 jours en combinant S2A&B
 - Bandes nécessaires B2,B3,B4,B8,B11,B12
 - Bandes en option B5,B6,B7,B8A
- 16 tuiles sur la zone Prométhée
- Données auxiliaires
 - fichier de metadonnées décrivant la moyenne des angles d'incidence de mesures et du soleil pour chaque bande de Sentinel 2
 - masque nuage de Sentinel 2



BD sur zone Prométhée(2000-2022)

INDICATEURS SENSIBILITÉ VÉGÉTATION & DANGER OPÉRATIONNELS

Tache 1.2 – Caractérisation de la masse combustible de la végétation à partir de Sentinel 2

Objectif : développer une méthodologie transposable à l'échelle nationale en France à partir de l'outil biophy de l'INRAE pour créer des indicateurs à partir de la télédétection (Sentinel 2) corrélés avec la biomasse sèche. Ces indicateurs serviront à la mise à jour annuelle de la carte d'aléa de FF. Le LIDAR HD de l'IGN servirait de référence ainsi que la vérité terrain issue de l'ONF

Besoins :

- Zones : Aude (tuile T31TDH)
- Période : 2018 – 2023 sur les périodes estivales de mai à octobre
- Données satellite : Sentinel 2A & 2B (produit L2A)
- Validation : comparaison avec le masque de végétation de l'ONF et carte du combustible du LIDAR HD de l'INRAE

Méthodologie :

- Intégration du code de Marie Weiss pour le calcul du LAI à partir des réflectances sentinel2 sur le cluster du cnes pour un déploiement à grande échelle.

INDICATEURS SENSIBILITÉ VÉGÉTATION & DANGER OPÉRATIONNELS

Tache 1.2 – Caractérisation de la masse combustible de la végétation à partir de Sentinel 2

- Prise en main de l'outil Biophy et compilation du code sur les moyens de calcul du CNES
- Exécution du code pour la zone de l'Aude (tuile 31TDH)
- Une 1^{ère} livraison a été réalisée en mai 2024 pour une validation de la part de l'INRAE avec la génération des sorties de l'outil Biophy de Marie Weiss (INRAE) sur la tuile T31TDH (produit Sentinel2 Muscate du 15 juillet 2018).
- 13 produits générés dont
 - CAB - Chlorophyll content per leaf area (LCC) ($\mu\text{g.cm}^{-2}$)
 - FPR - Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation
 - LAI - Leaf Area Index)

➡ Cette tâche n'a pas pu complètement aboutir car mise en attente d'un retour de validation de l'INRAE

A large Ariane 5 rocket is shown launching from the Guiana Space Centre. The rocket is ascending vertically, leaving a massive, billowing plume of white smoke and fire behind it. The launch is flanked by two tall, slender service towers. In the foreground, a large building with the 'esa ariane' logo is visible. The entire scene is overlaid with a blue-to-green gradient.

MERCI

WP1

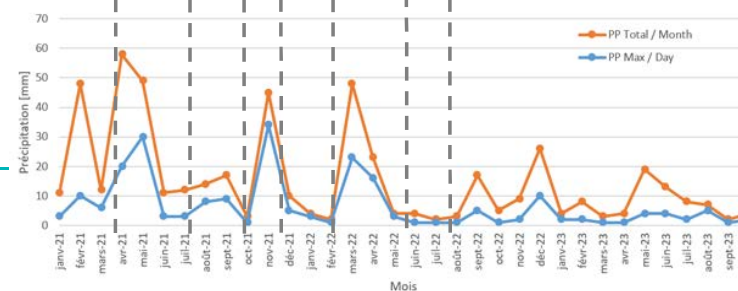
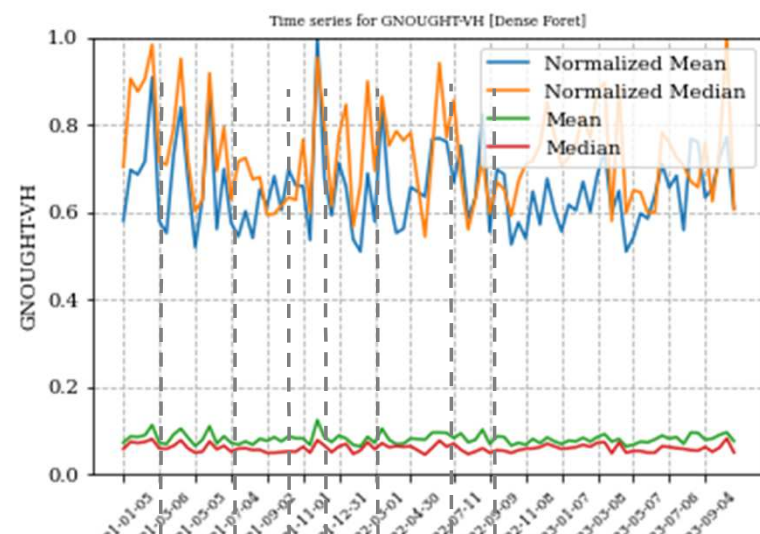
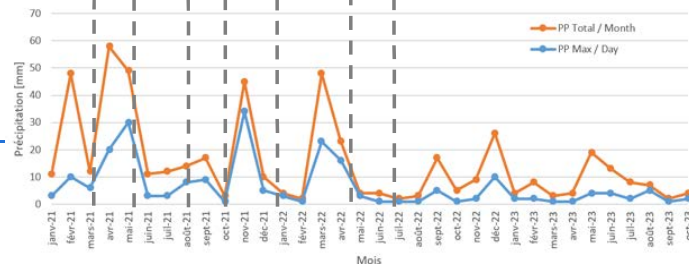
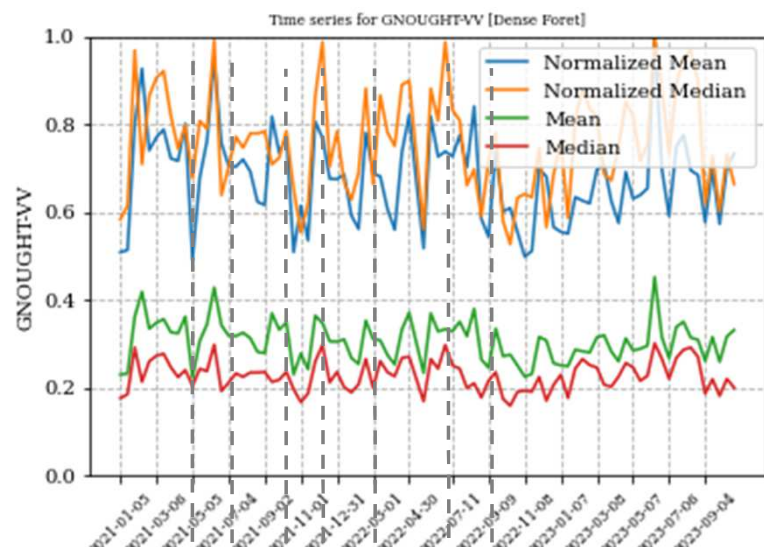
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt Dense



[58] Chêne pubescent
[55] Chêne vert
[54] Chêne décidus



CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



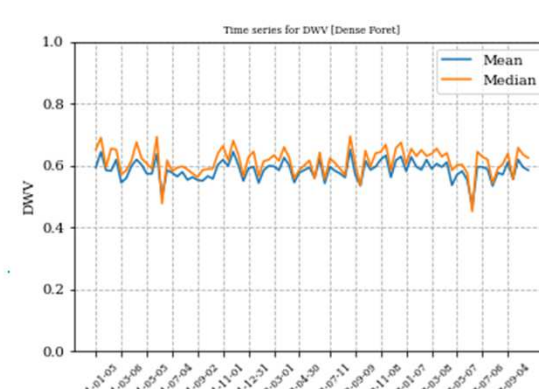
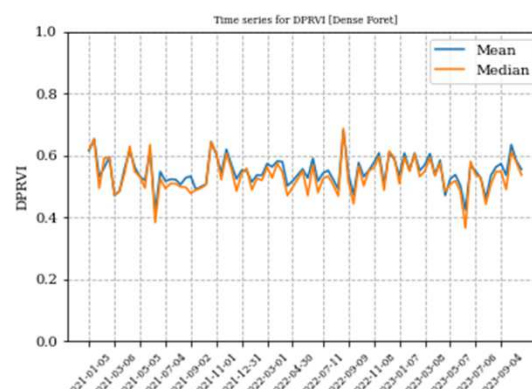
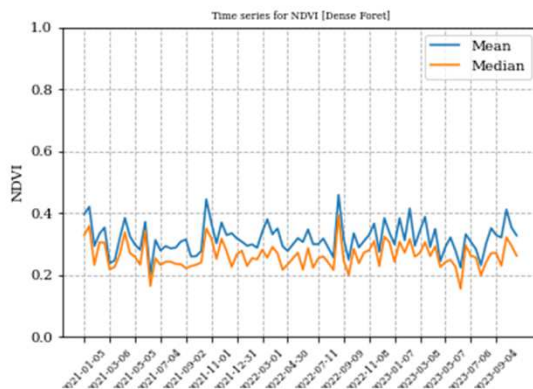
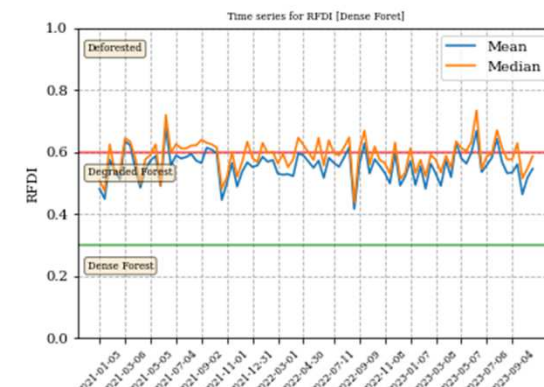
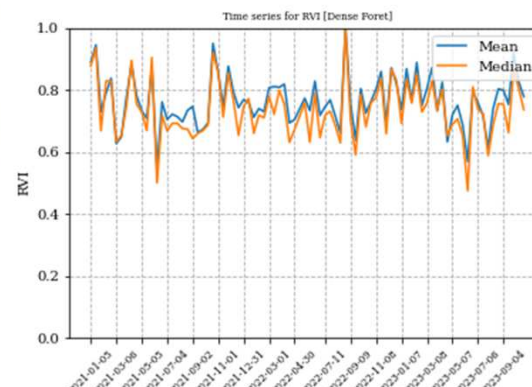
Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt Dense



Variations corrélées entre différents indicateurs:

- RVI présente la dynamique la plus intéressante
- RFDI non révélateur de la densité canopée
- La Bande-L serait plus pertinente (ALOS-PALSAR)

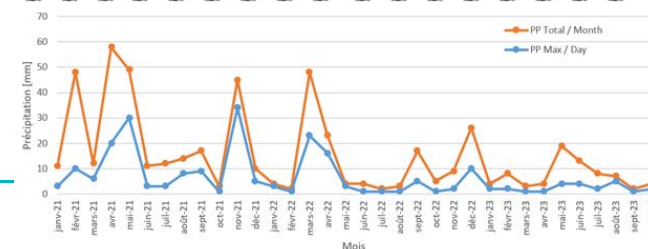
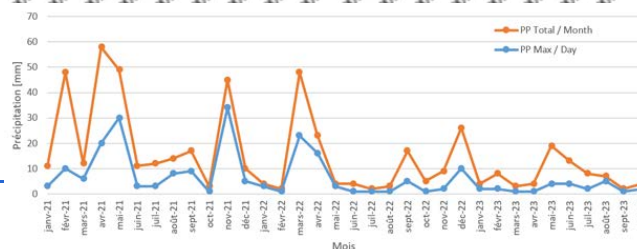
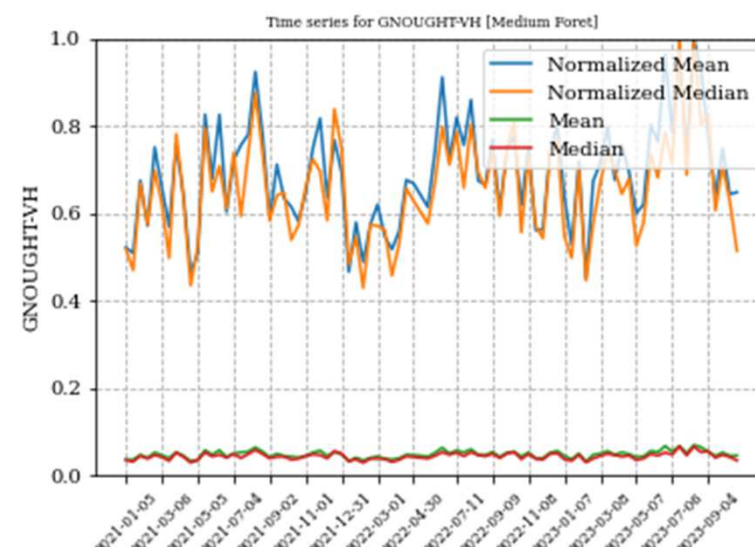
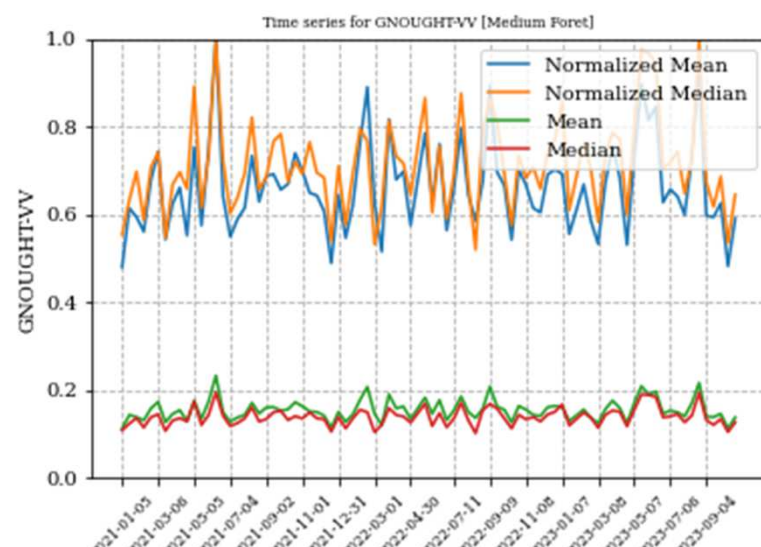
[58] Chêne pubescent
[55] Chêne vert
[54] Chêne décidus



CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt Medium

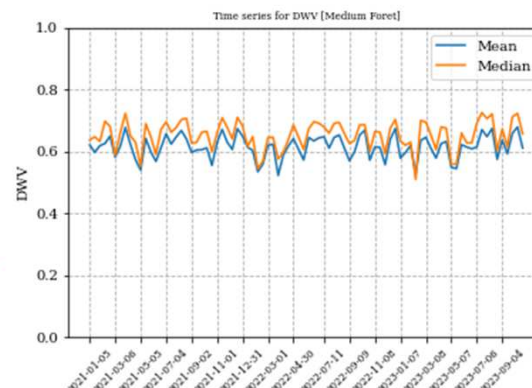
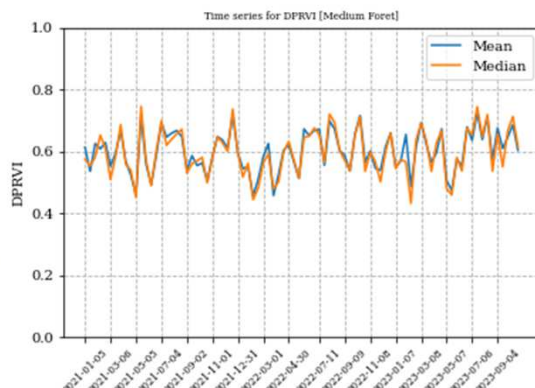
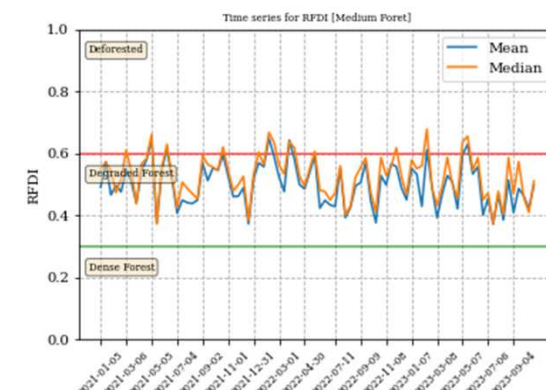
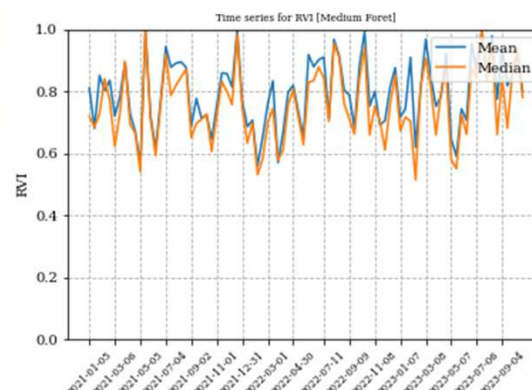
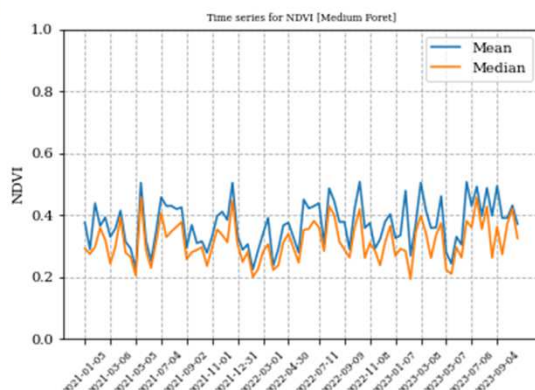


[69] Pins d'Alep
[26] Arbustif garrigue dense

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt Medium



Corrélation avec épisodes de pluie
Cycle saisonnier

[69] Pins d'Alep
[26] Arbustif garrigue dense

WP1

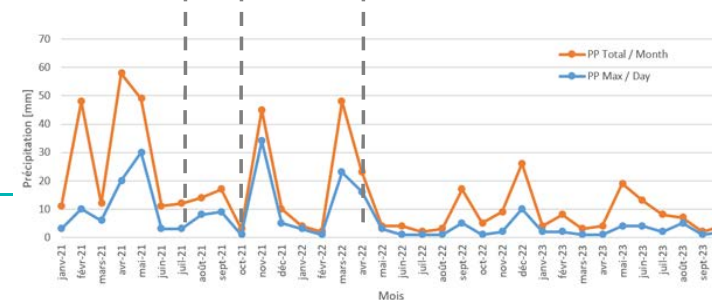
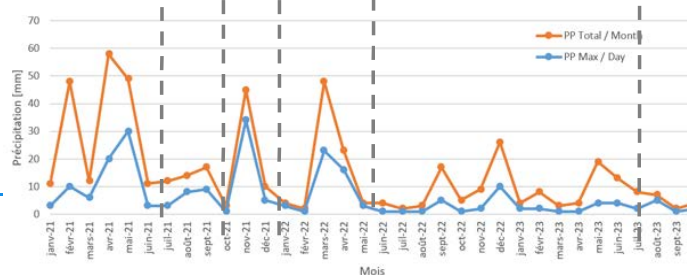
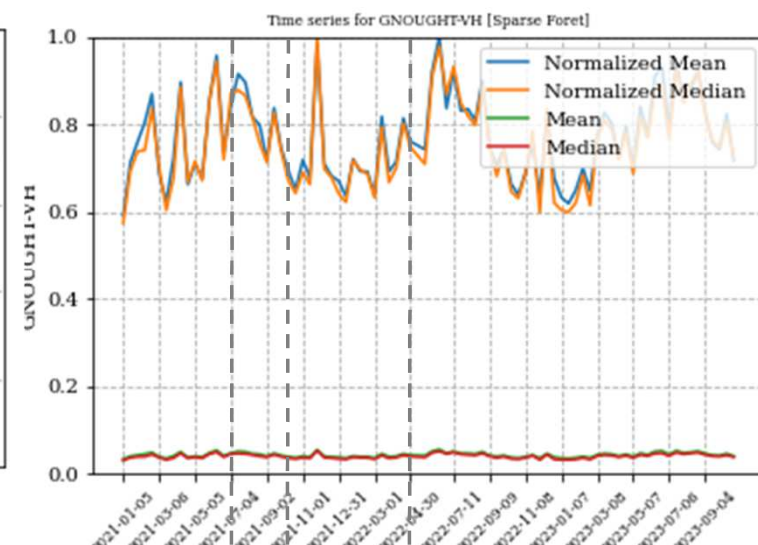
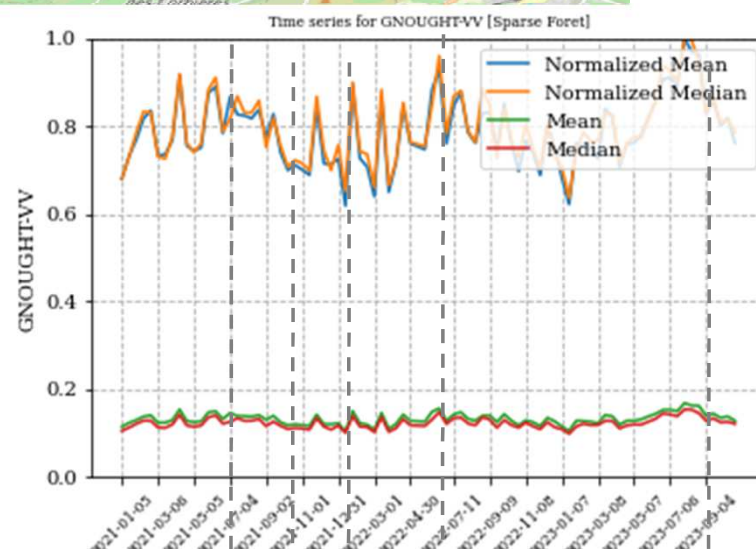
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt peu dense



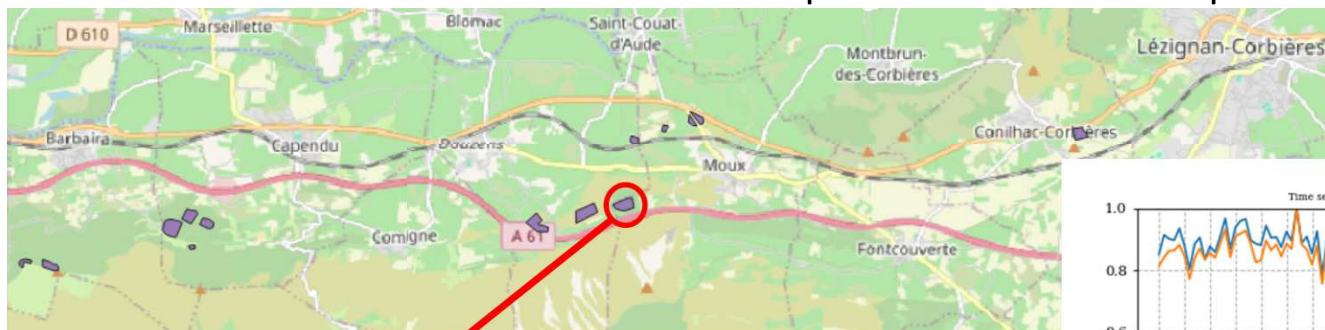
[69] Pins d'Alep



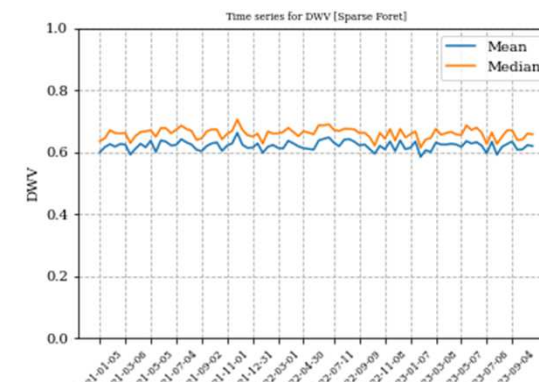
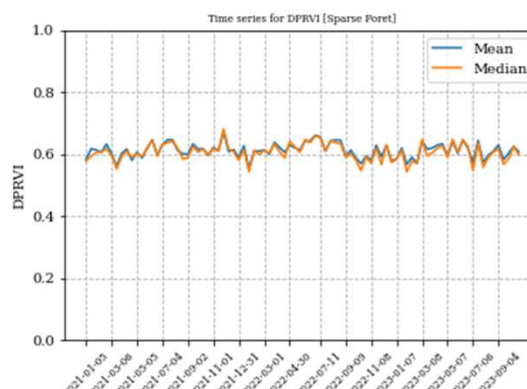
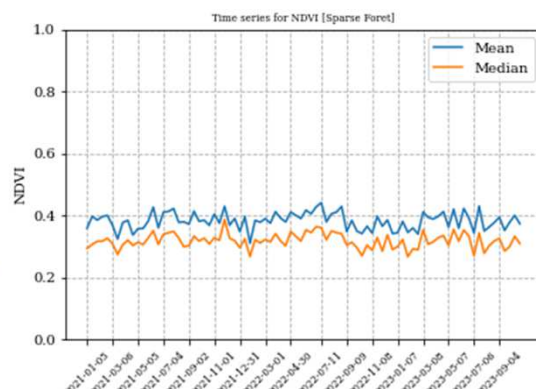
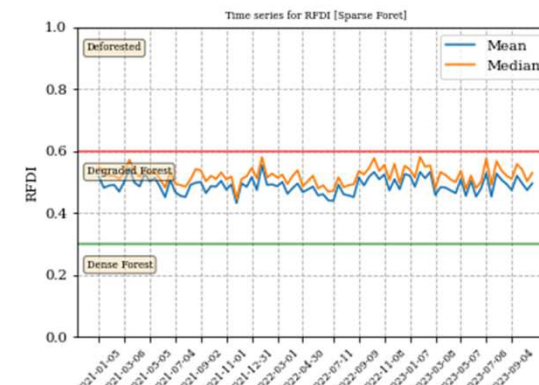
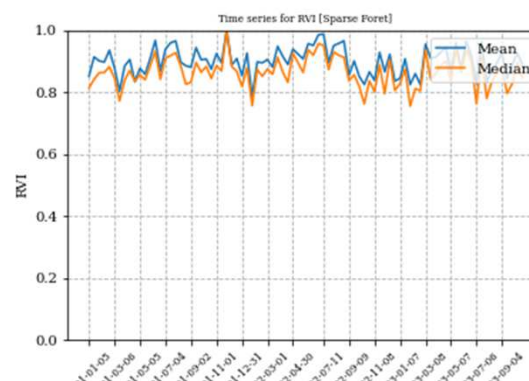
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 - Forêt peu dense



Corrélations avec épisodes pluvieux
Cycle saisonnier observable sur Gamma-Nought



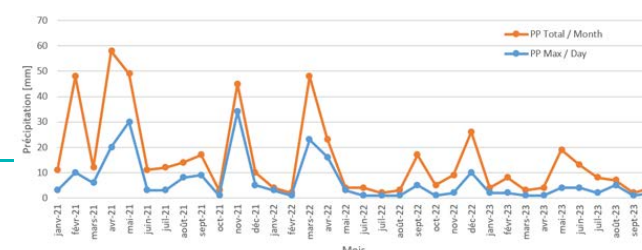
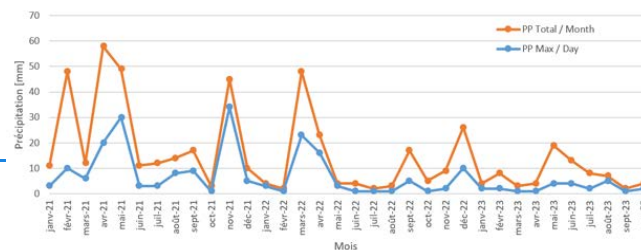
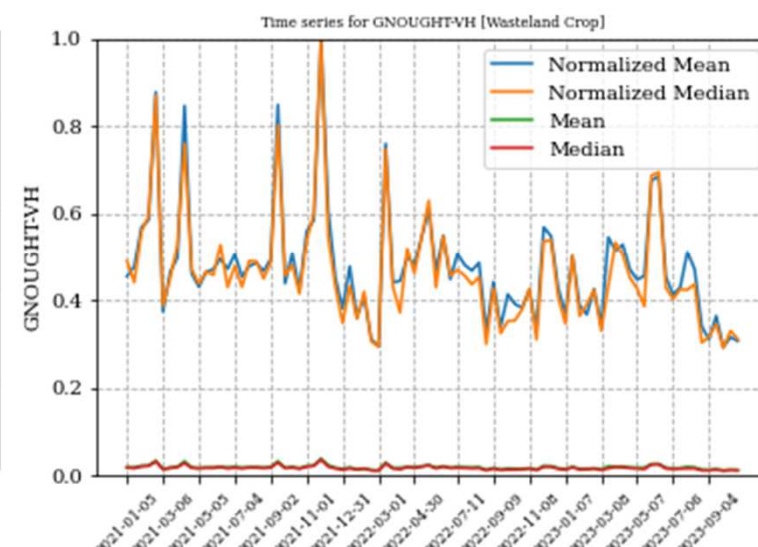
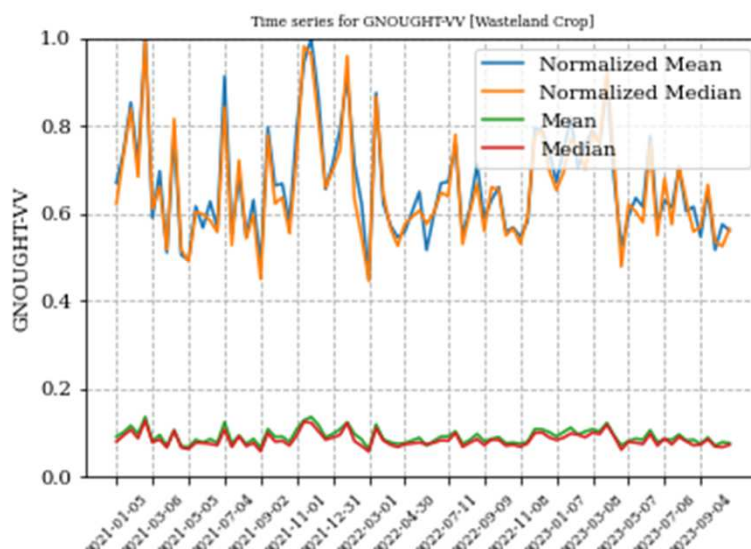
[69] Pins d'Alep

WP1

CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT



Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 – Agricole/Friche



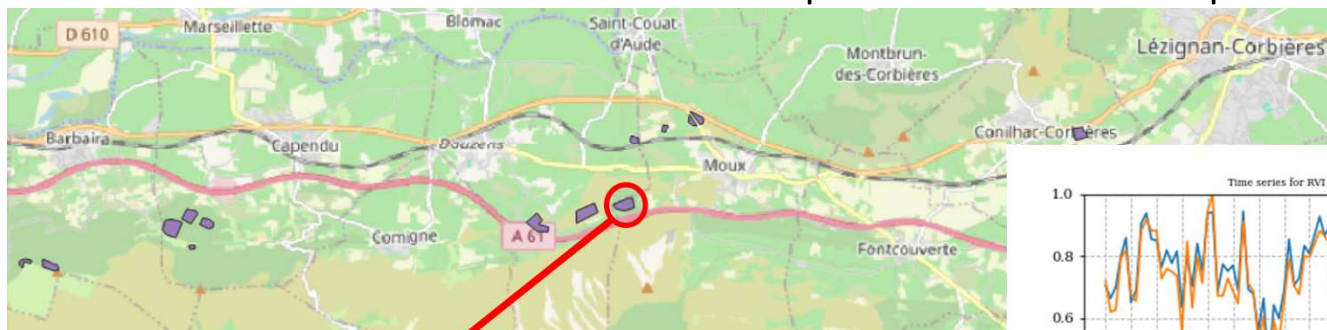
[22] Friche Herbacée moyennement dense

WP1

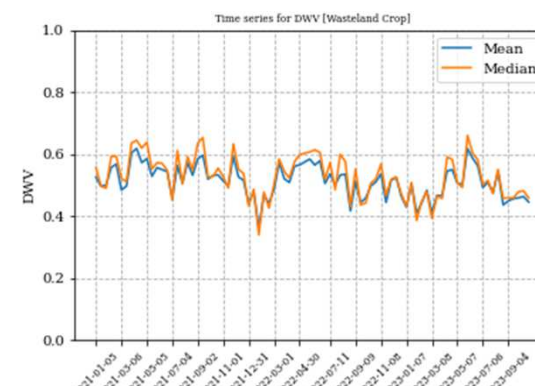
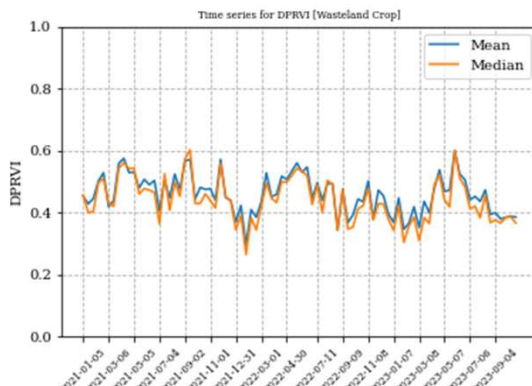
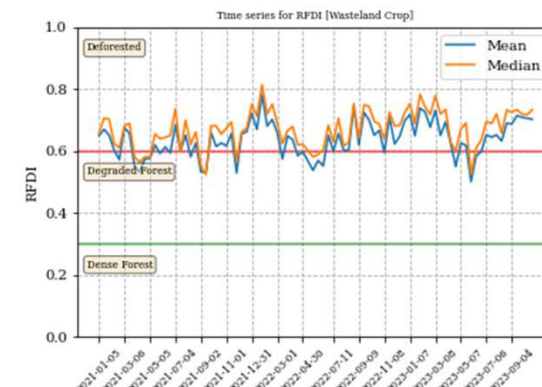
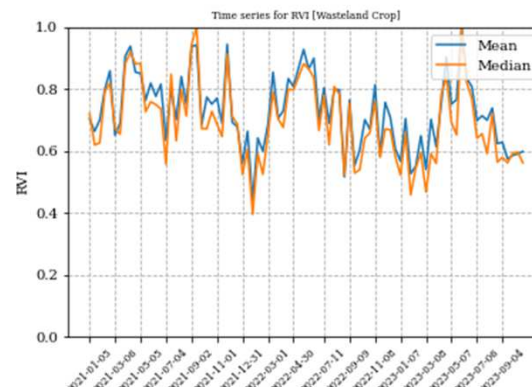
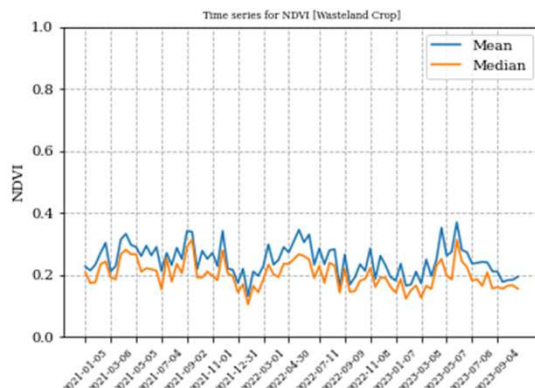
CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

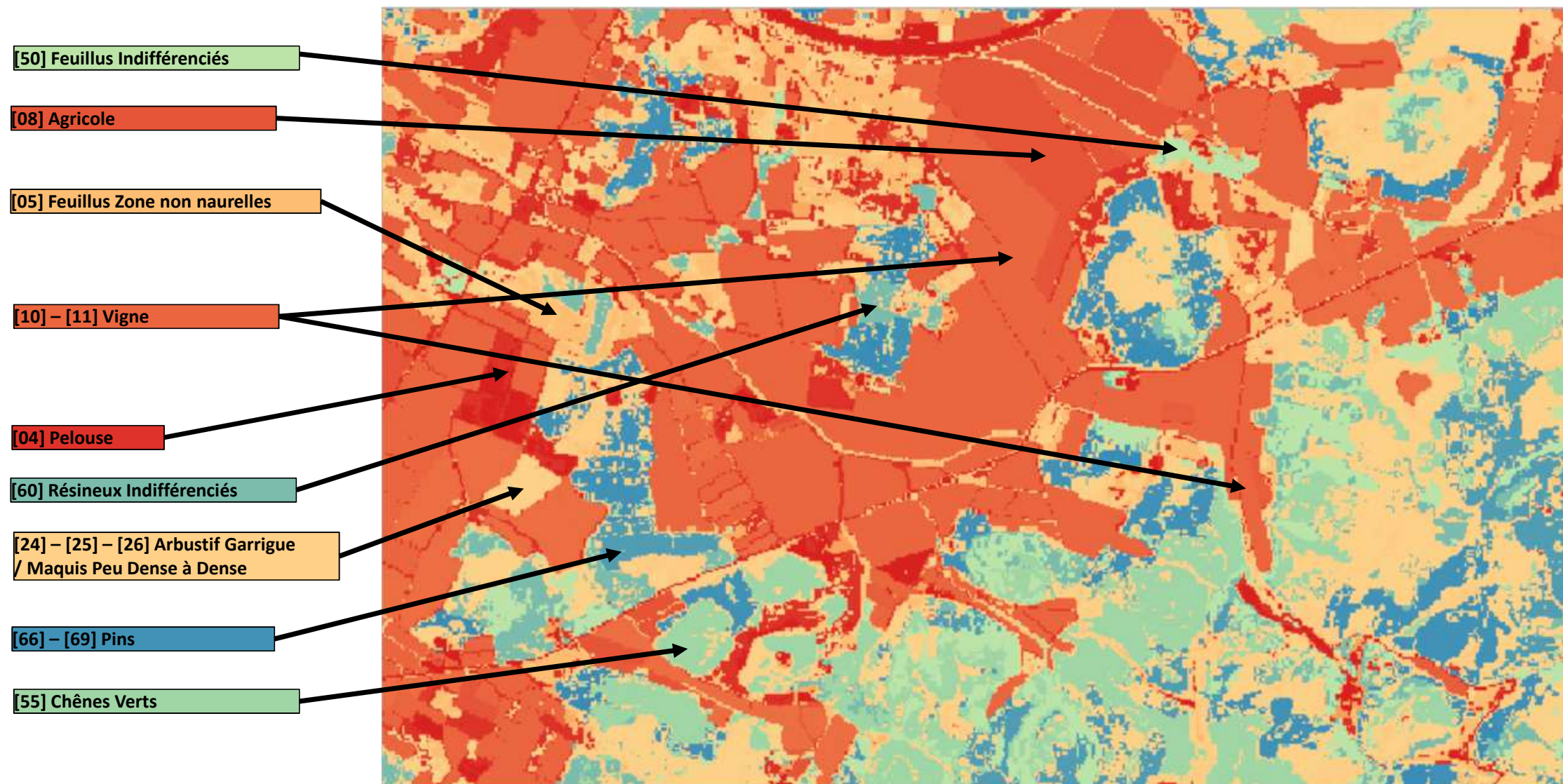


Tache 1.2 – traitement interférométrique sur les séries temporelles Sentinel-1 – Agricole/Friche



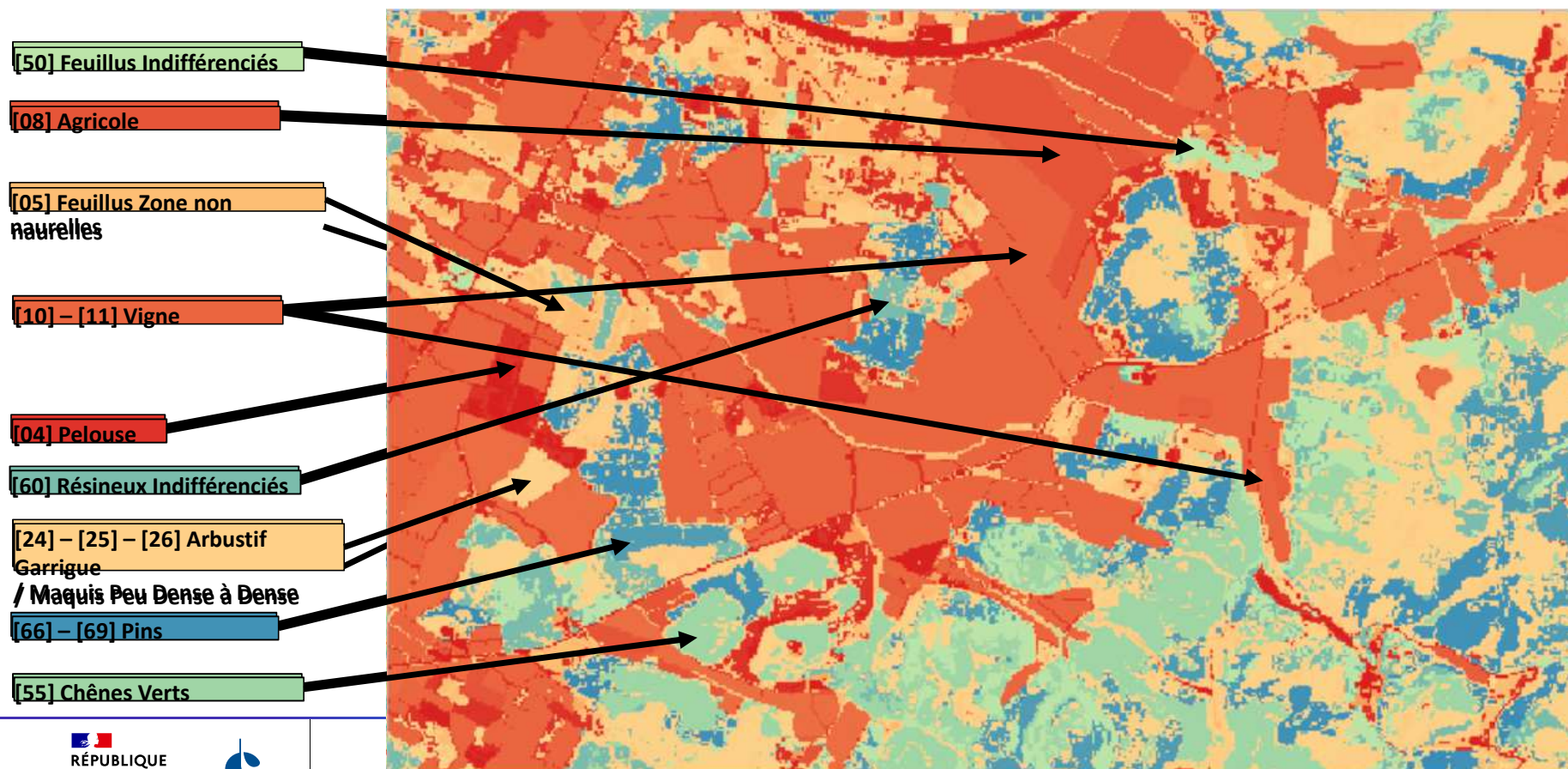
[22] Friche Herbacée moyennement dense





CARTOGRAPHIE DYNAMIQUE DE L'ALÉA DE FEU DE FORÊT

Tache 1.2 – validation de l'indicateur RVI avec la carte OCS de l'ONF



- Les garrigues sont plus difficilement estimables