



PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Département de la
Santé des Forêts

05/11/2024

Webinaire Changement Climatique : dépérissement et sylviculture de l'épicéa

Zoom sur le modèle de télédétection FORDEAD

Un nouvel indicateur de santé des forêts dans l'appui à la décision forestière

5 novembre 2024

Camille Bernard

chargé de mission télédétection /
Fordead au pôle santé des forêts AuRA

Jérôme Gaudry

adjoint au pôle santé des forêts AuRA

Direction régionale de l'alimentation, de l'agriculture et de la forêt Auvergne-Rhône-Alpes



PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts



Ips typographus

Le typographe

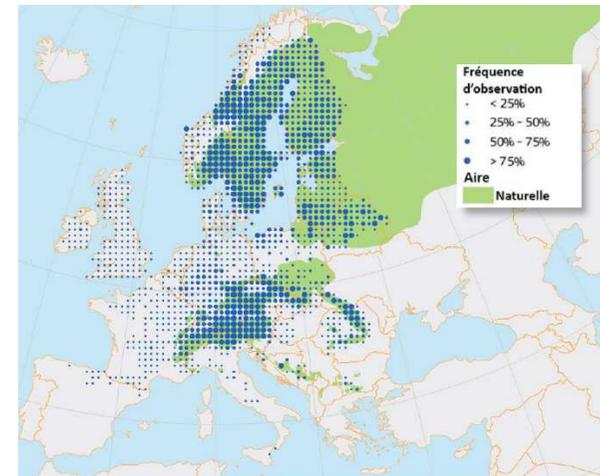


05/11/2024

Etat sanitaire de l'épicéa, 2018 le début d'une crise européenne inédite...

	Volume pré crise	Volume d'épicéa scolyté mort						
		2016	2017	2018	2019	2020	2021	Somme 2018-2021
Allemagne	-	-	-	29,2	63,5	64,4	-	157,1
République tchèque	-	-	-	13	30	50	-	93
Suède	-	-	-	3,5	6,8	7	-	17,3
Autriche	-	-	-	5,2	6,5	5,5	-	17,2
Slovaquie	-	-	-	4,2	5,5	6,5	-	16,2
France*	58	-	-	1	4	5	9	19
Wallonie	46	0,001	0,05	0,5	1	1	0,3	3
Suisse	181	0,2	0,3	0,8	1,5	1,2	0,6	4,6

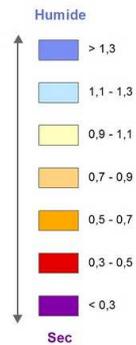
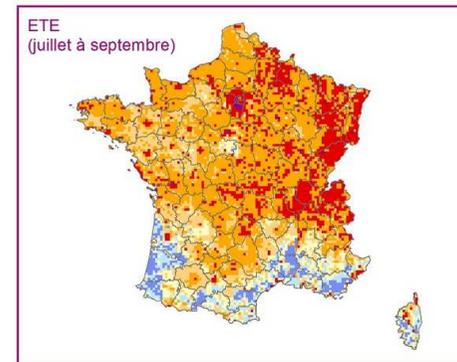
Depuis 2018
environ 35M de
m3 (100 000 ha)



Aire de répartition de l'épicéa commun - European Atlas of Forest Tree Species, 2017

Tableau 1 Volume (en millions de m3) d'épicéas sur pied avant crise et d'épicéas morts dans les principaux pays d'Europe concernés par la crise scolytes (données EUWID, DNF, DSF, IPRFW, IGN, Protection de la forêt suisse, Braendli et al., 2020)

... pilotée par une sécheresse/hausse des températures estivales (+ quelques chablis)





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts

05/11/2024

Fort enjeu de politique forestière: Caractériser la crise pour évaluer les risques, les besoins

Les indicateurs à disposition du ministère:

- **Veille sanitaire** des correspondants-observateurs DSF en lanceurs d'alerte de début de crise
- Les **suivis massif échantillon** du DSF qui quantifient les volumes scolytés sur certains territoires
- En collaboration avec l'ONF, l'ajout et calibration d'une donnée de **martelage en forêt publique pour raison scolytes**

Le typographe, le principal ravageur des pessières.

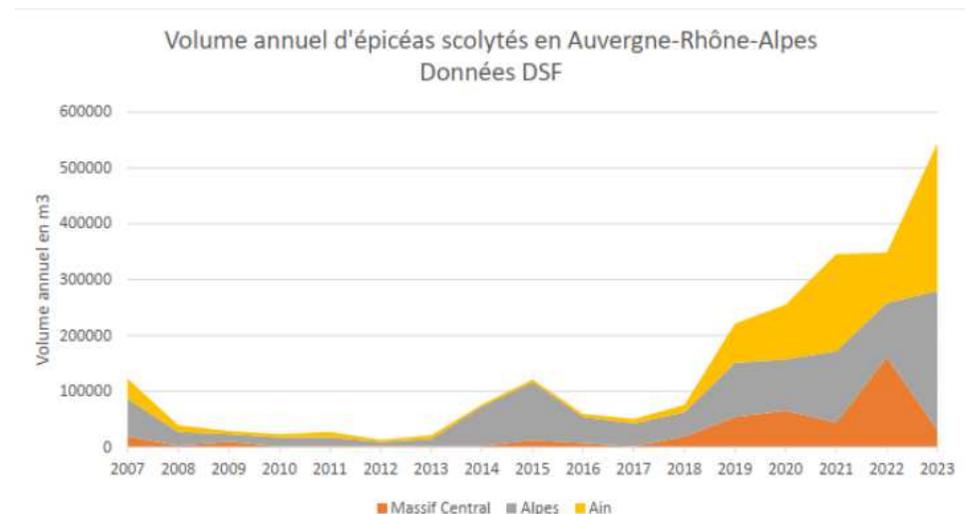
L'information des massifs échantillons est une source fiable d'information.

AURA 2023 : 550 000 m³. Si on cumule les volumes détruits depuis l'automne 2018, ce sont 1 800 000 m³ qui sont concernés

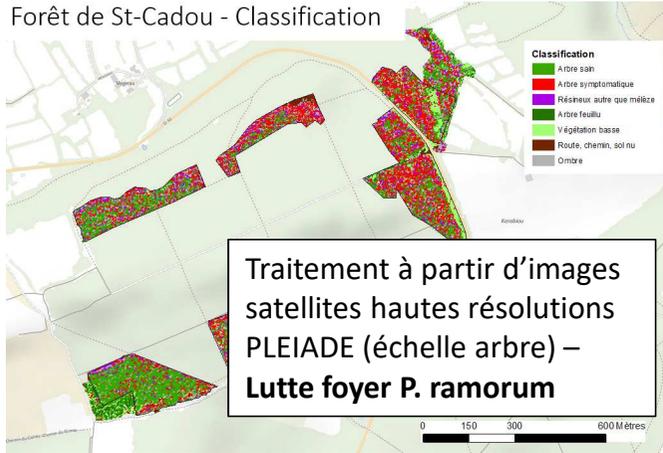
La télédétection va fournir des informations, mais les bases des évaluations seront différentes (en surface).

Et pour 2024

Peu de nouvelles attaques dans le Massif-Central alors que dans les Alpes et l'Ain, l'épidémie reste en cours.



Vers la recherche d'un nouvel indicateur via la télédétection spatiale



DSF a été précurseur sur le sujet télédétection

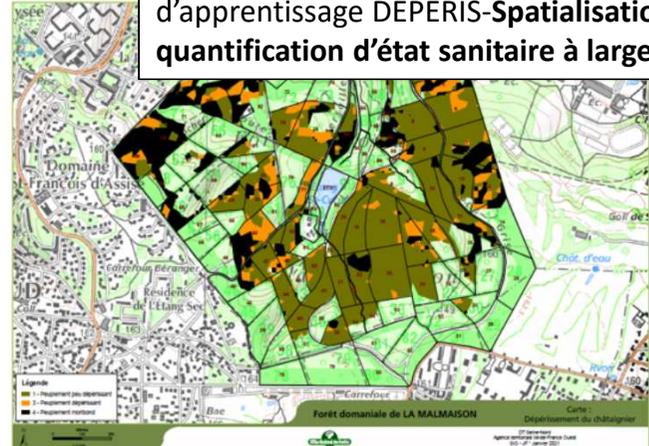
⇒ Expert télédétection DSF au sein de l'INRAE depuis 2012

⇒ Missions: veille technologique, production d'études et de données, référence du réseau télédétection santé des forêts, recherche de prospectives et innovations

Traitement de changement de couvert (NDVI, Sentinel2 via Landviewer) - **Spatialisation et qualification temporelle d'évènements violents (grêle)**



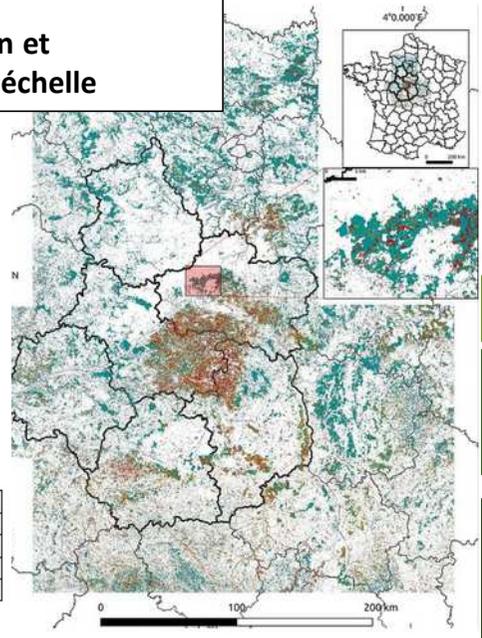
Classification supervisée par données d'apprentissage DEPERIS- **Spatialisation et quantification d'état sanitaire à large échelle**



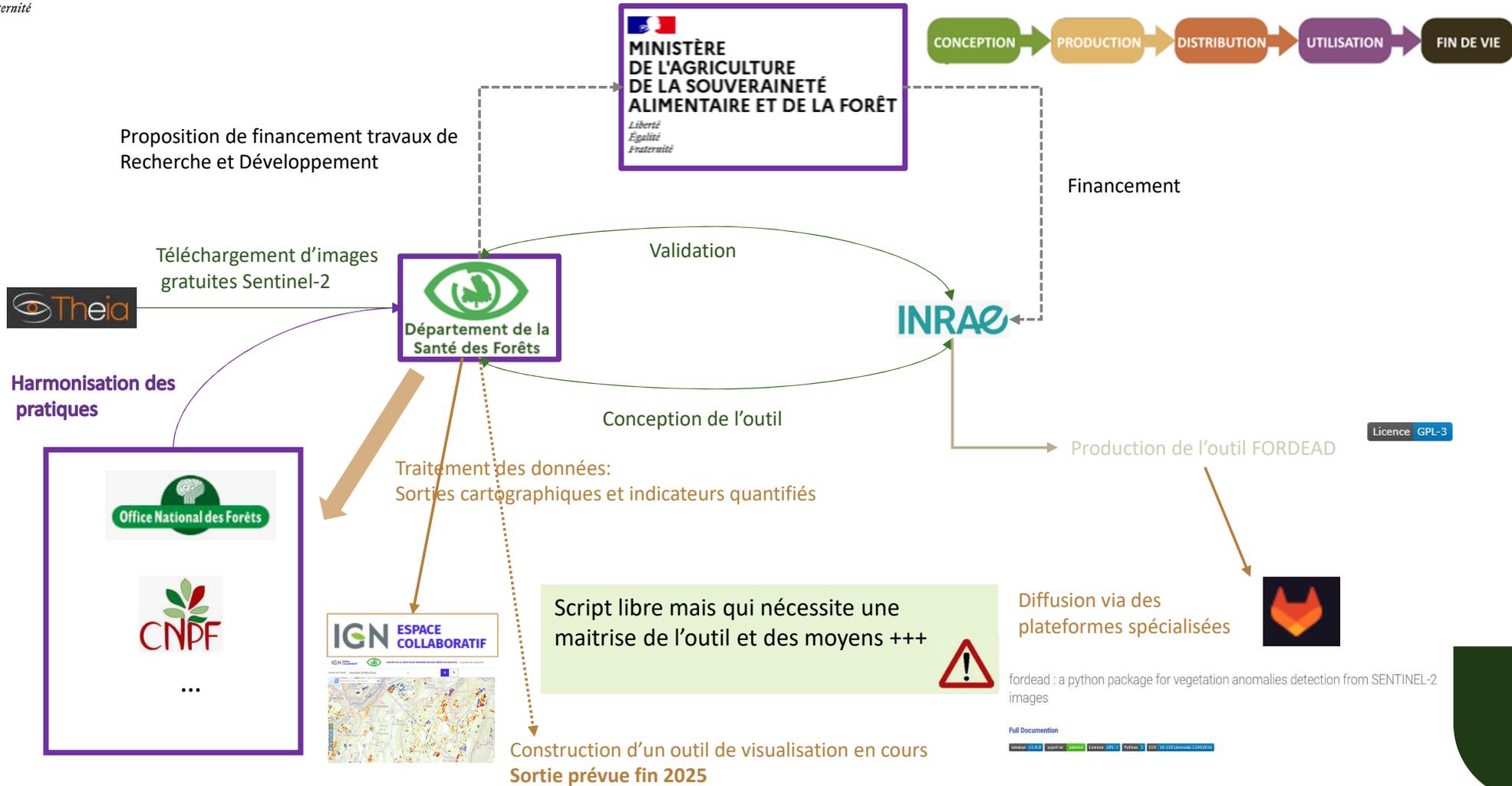
Légende de la cartographie

[Light Green]	Zone non diagnostiquée car le châtaignier n'est pas assez représenté
[Orange]	Peuplements de châtaigniers sains ou peu déprimés
[Dark Green]	Peuplements de châtaigniers déprimés
[Black]	Peuplements de châtaigniers présentant des signes de dépérissement très avancés ou morts

Exemple de cartographie - forêt domaniale de La Malmaison (Yvelines) : l'état sanitaire des peuplements de châtaigniers de chaque forêt d'Ile-de-France a ainsi été qualifié et cartographié. - ©ONF



Vers la recherche d'un nouvel indicateur en télédétection





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts

Modèle FORDEAD

Sentinel-2 :

- Résolution : 10-20m
- Acquisition : tous les 5 jours (théorique)
- Free Data
- Bandes sélectionnées pour leurs sensibilités à de nombreuses propriétés de la végétation
- Tuiles

C'est quoi FORDEAD ?

- Modèle créé en 2019
 - Par INRAE Tetis
- Contexte de crise sanitaire des scolytes
- Basé sur l'index de végétation CRSWIR

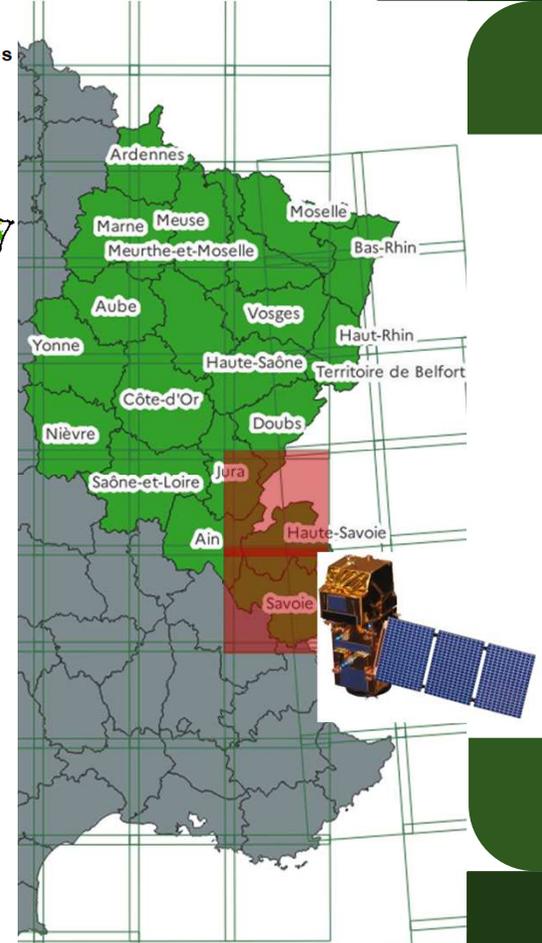
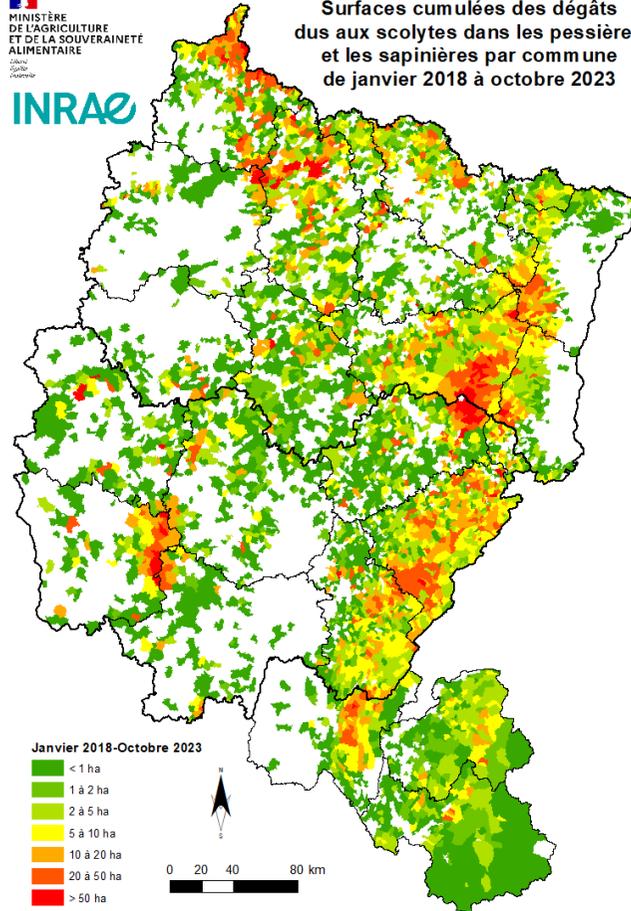
C'est quoi CRSWIR ?

- Indice de végétation basé sur Short wave infrared (SWIR)
- Sensible à la quantité d'eau dans les aiguilles et les feuilles



INRAE

Surfaces cumulées des dégâts
dus aux scolytes dans les pessières
et les sapinières par commune
de janvier 2018 à octobre 2023





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



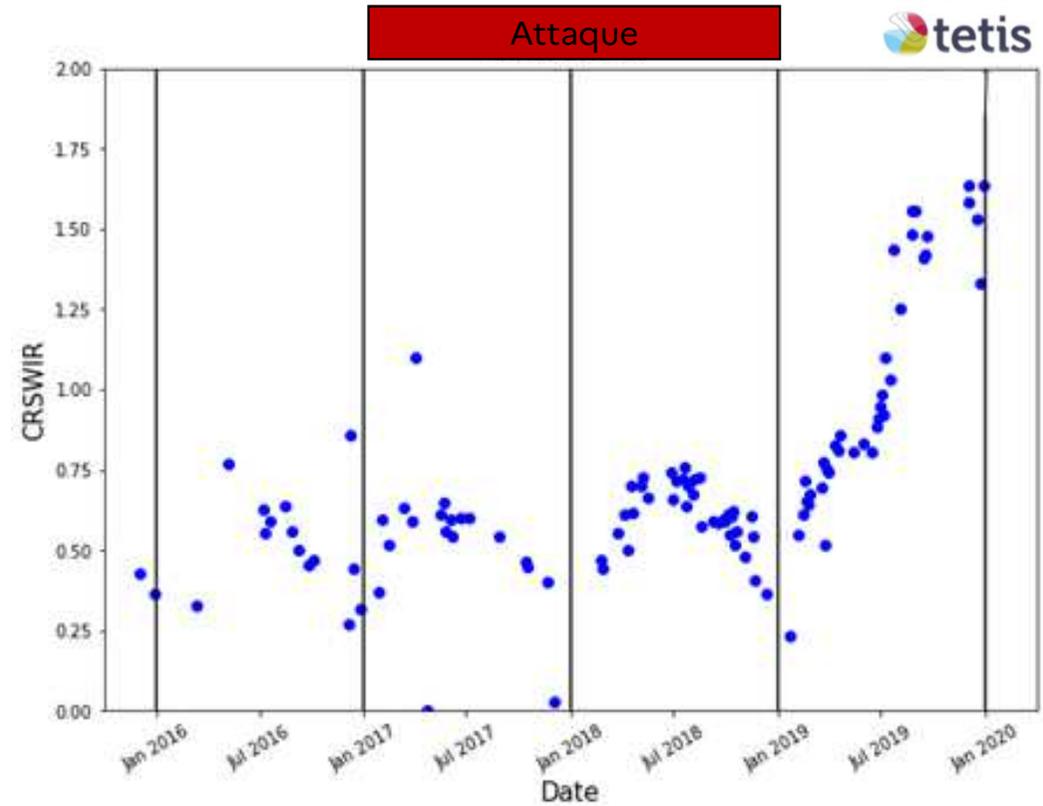
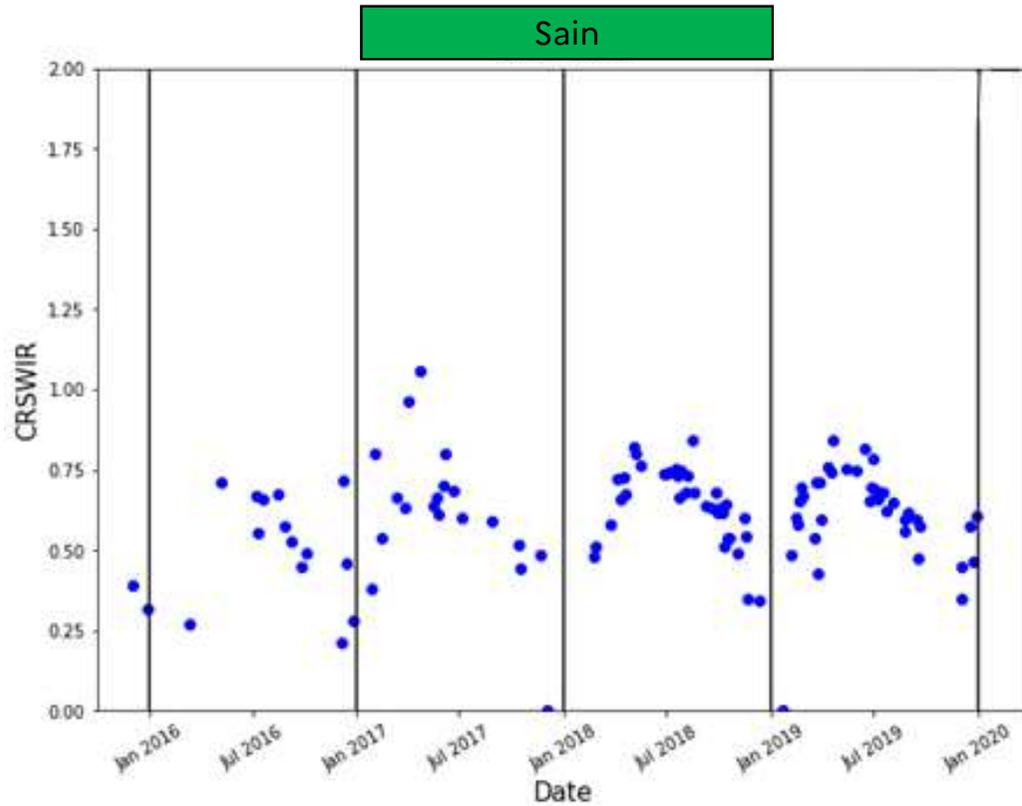
Département de la
Santé des Forêts

05/11/2024

- 1 point → 1 pixel → une acquisition

Modèle FORDEAD

C'est quoi ?





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



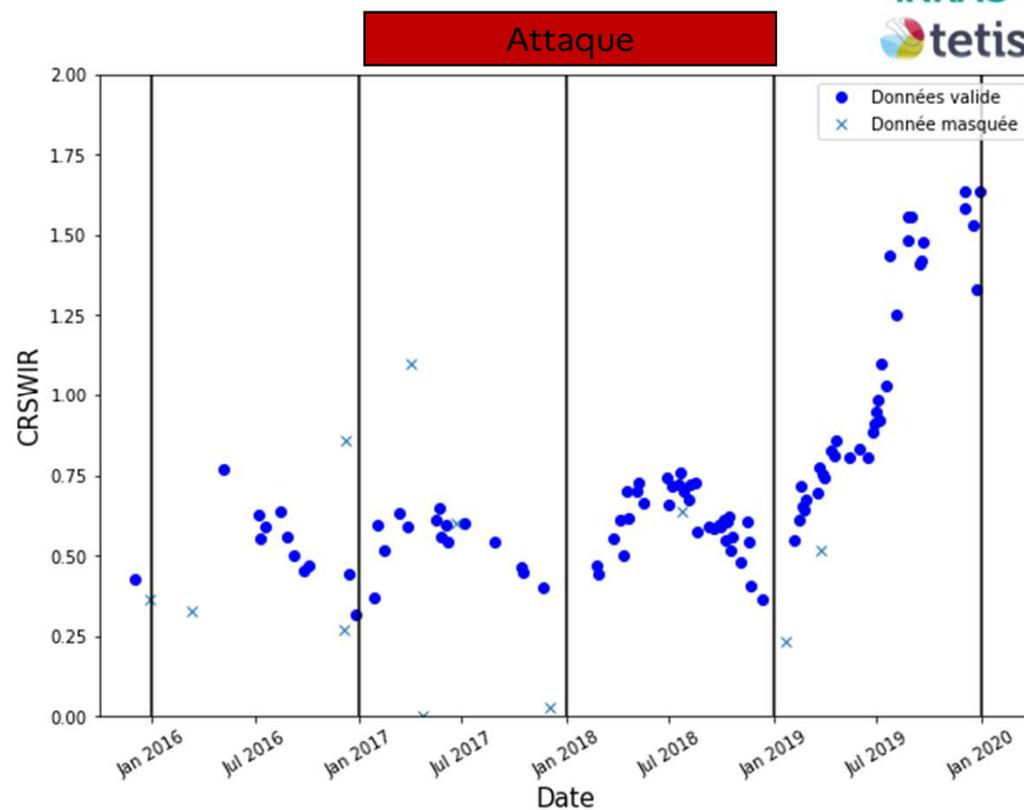
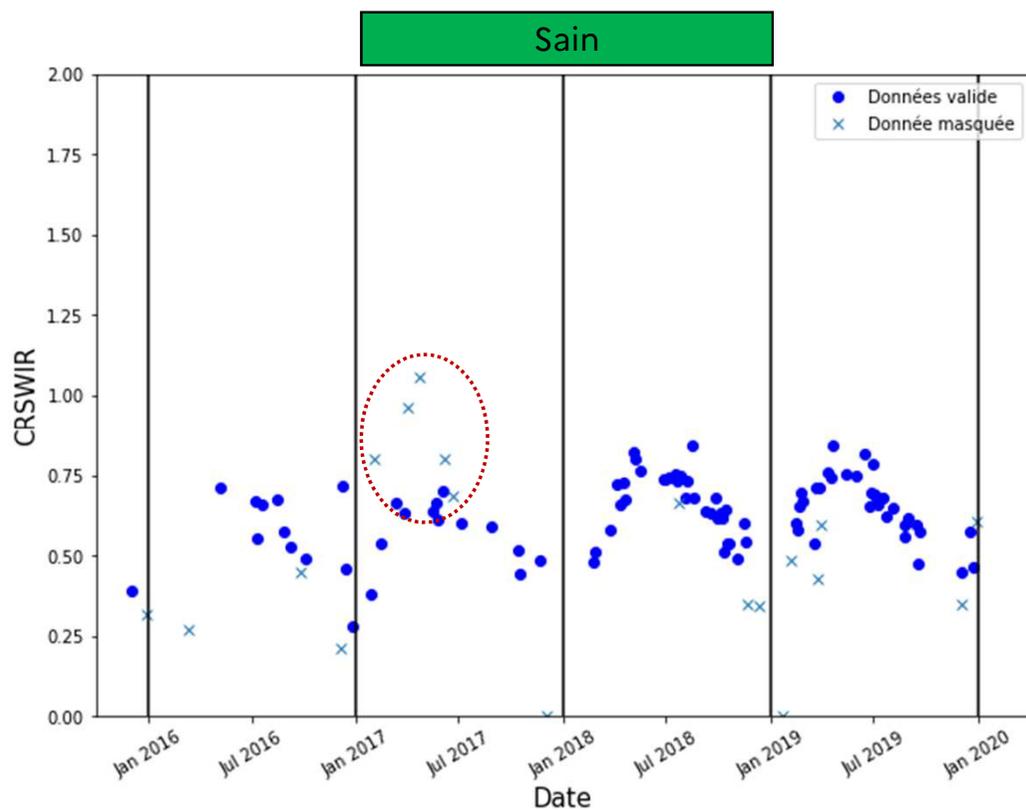
Département de la
Santé des Forêts

05/11/2024

- Suppression des nuages/ombres

Modèle FORDEAD

C'est quoi ?





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



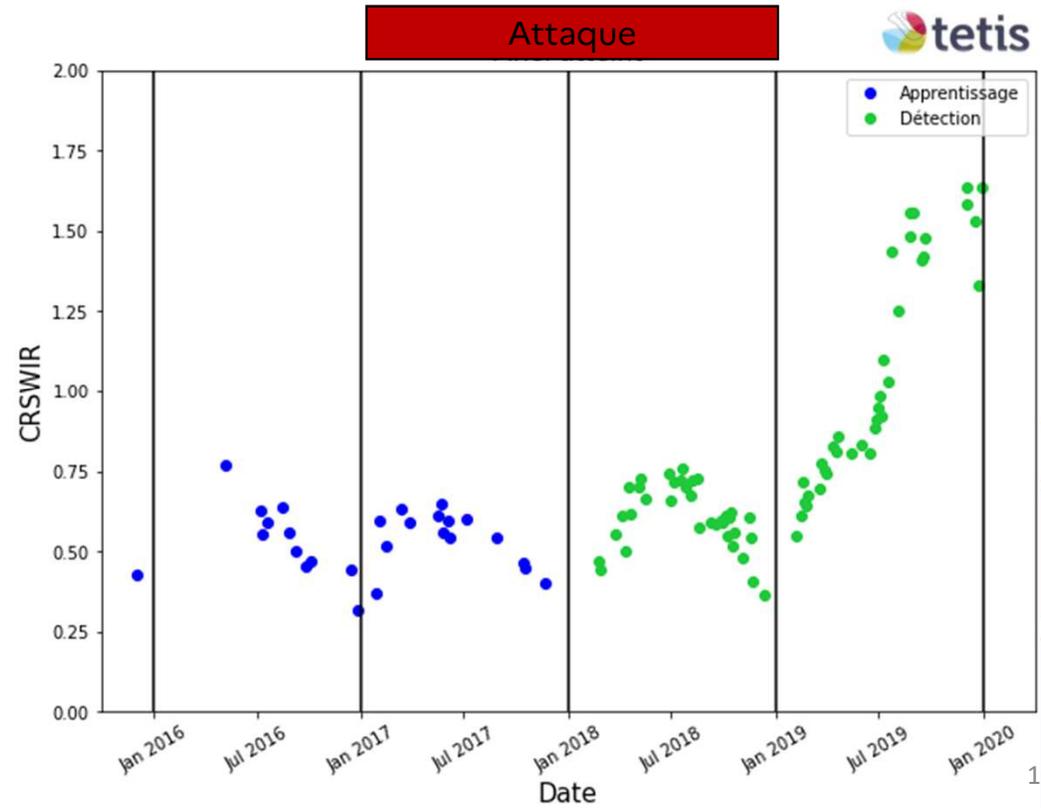
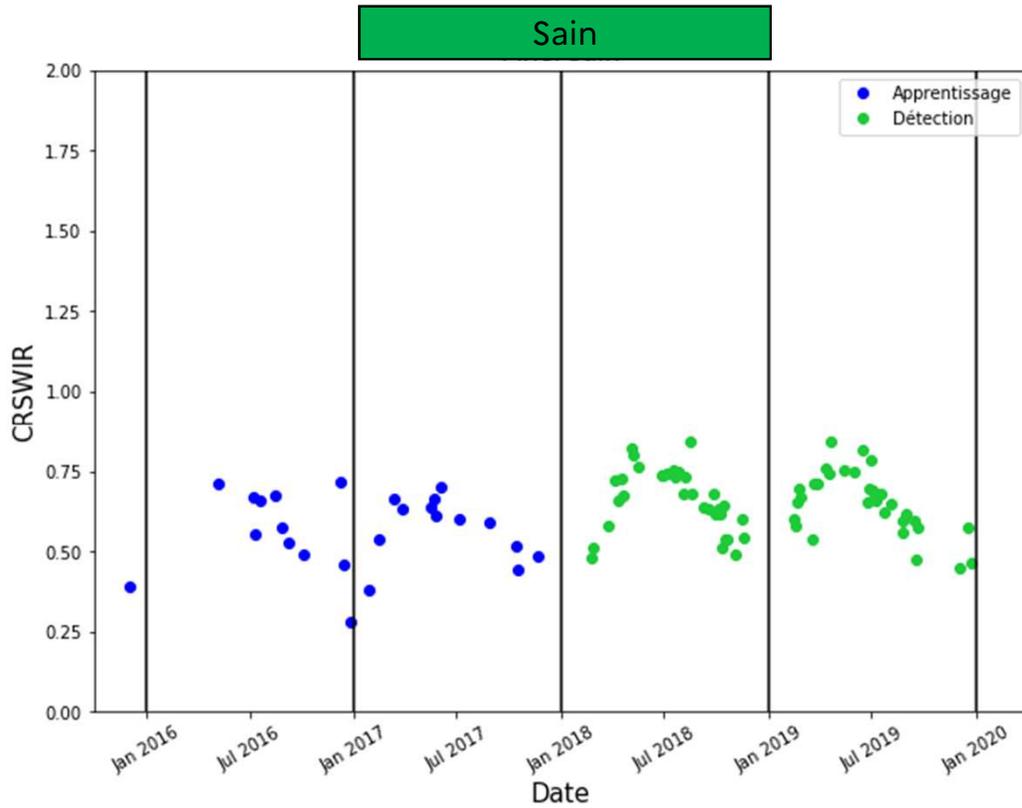
Département de la
Santé des Forêts

05/11/2024

Modèle FORDEAD

C'est quoi ?

- Entraînement : 2 saisons de végétations
- Avant les perturbations

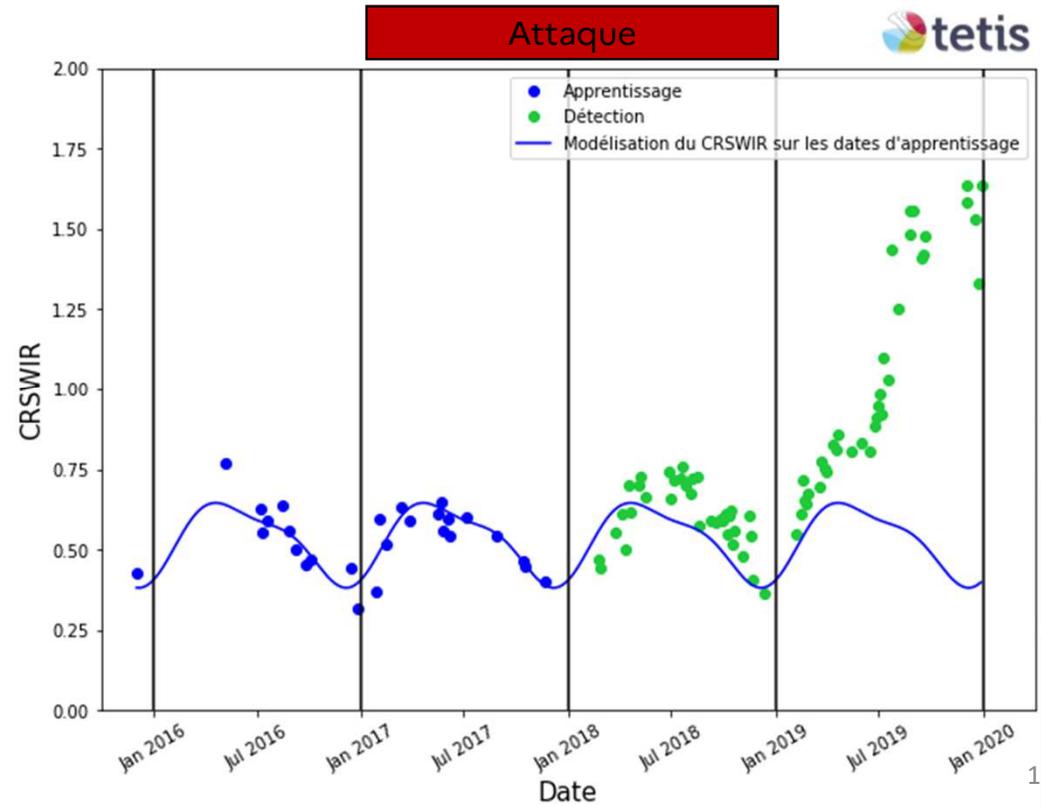
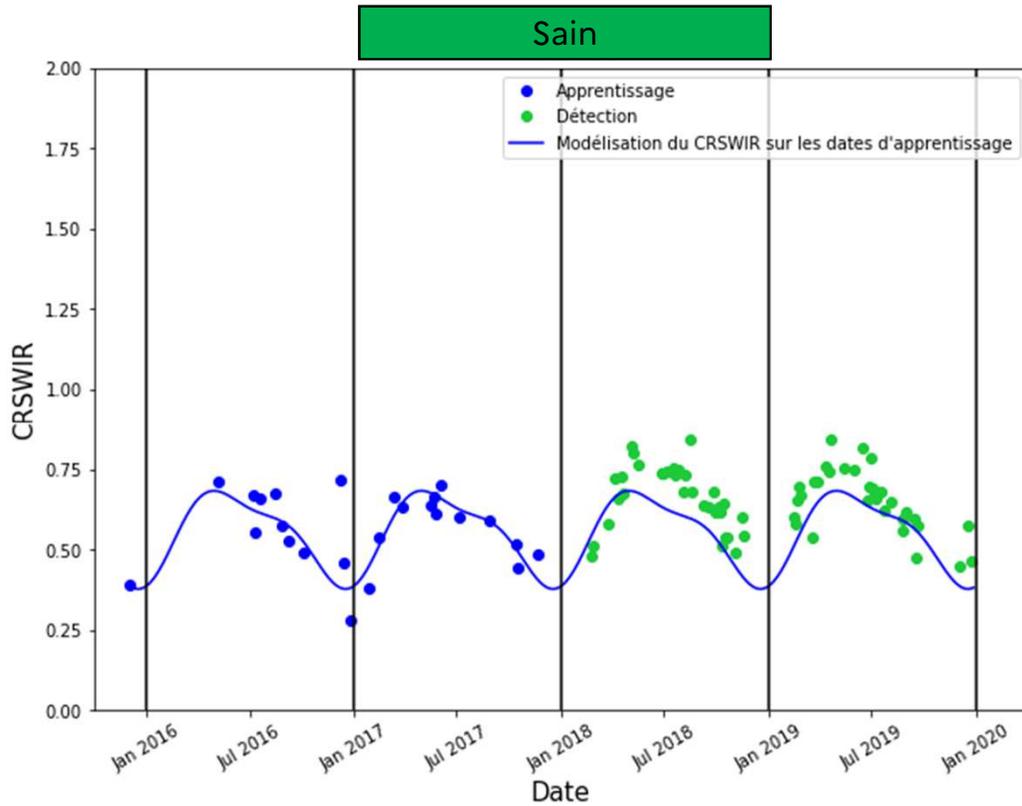




Modèle FORDEAD

C'est quoi ?

- Construction d'un modèle (prédiction du comportement de l'indice CRSWIR)

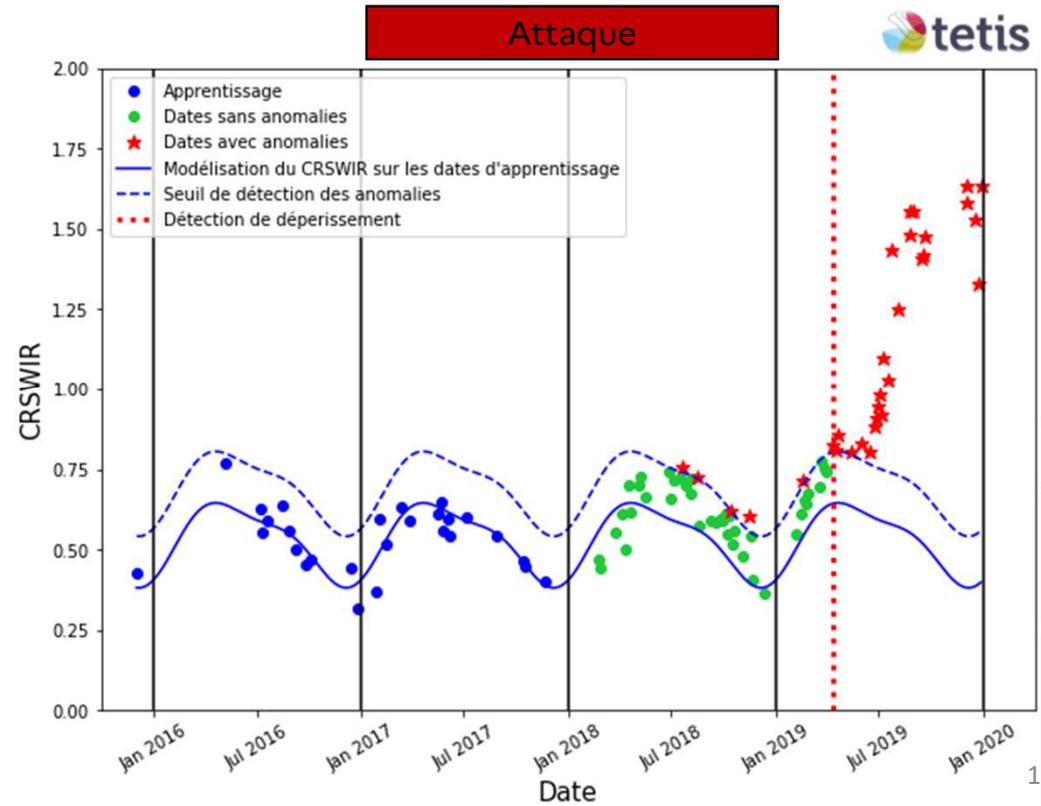
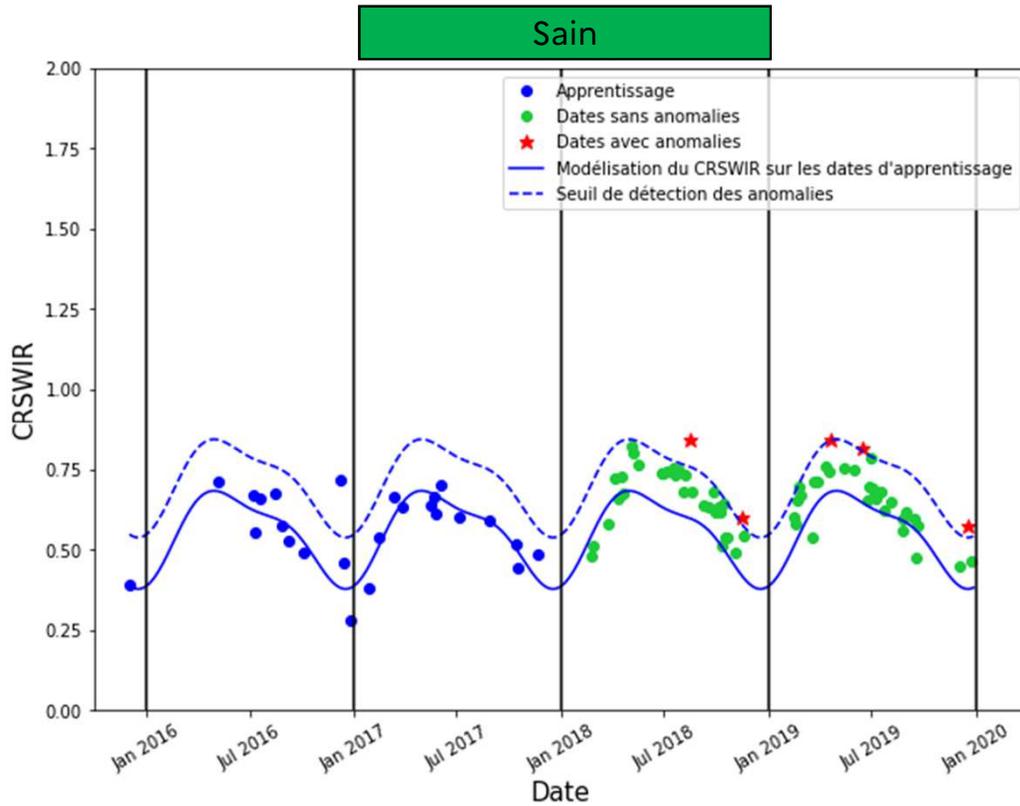




Modèle FORDEAD

C'est quoi ?

- Seuil
- Après 3 pixels atteints → anomalie





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité

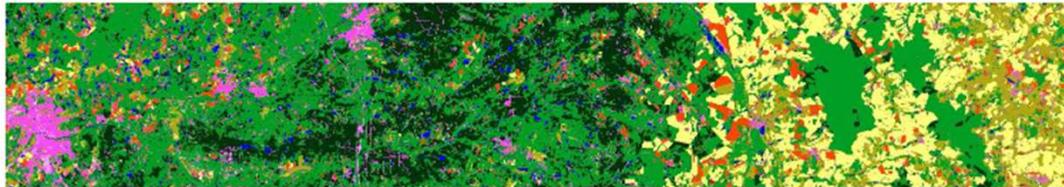


Département de la
Santé des Forêts

- Zone de calcul

Modèle FORDEAD

C'est quoi ?



Production de cartes d'occupation du sol à échelle nationale :

- nomenclature : Forêts = 2
- résolution spatiale : 10 m à 20 m
- fréquence de MAJ : annuelle
- Utilisation d'images optiques à haute résolution (ex : Sentinel-2 et/ou Landsat-8)
- Unité minimale de collecte : de 0.01 ha à 0.1 ha



Masque CES OSO

Masque BDForêtV2

L'IF
Synthèse
périodique
de l'inventaire
forestier
N° 46
Octobre 2019

BD ForêtV2 : élaborée : 2007 et 2018 → photo-
interprétation d'images en infrarouge couleurs
de la BD ORTHO®.

- Plage cartographiée de plus de 5000 m² =
un type de formation végétale.
- nomenclature nationale : 32

Retrouvez la BD Forêt® sur geoportail.gouv.fr

IGN
INSTITUT NATIONAL
DE L'INFORMATION
GÉOGRAPHIQUE
ET FORESTIÈRE



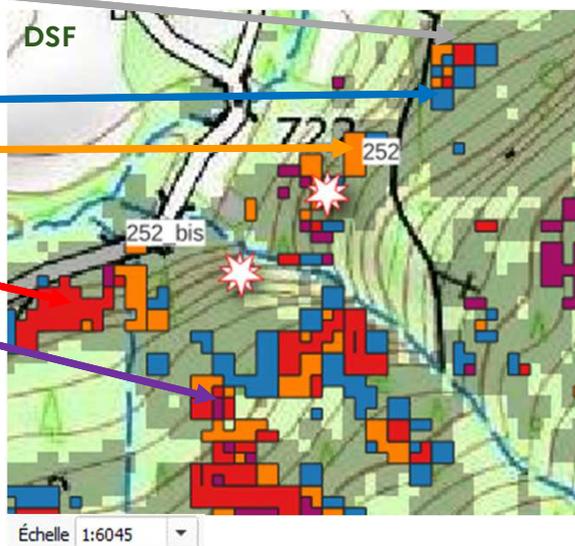
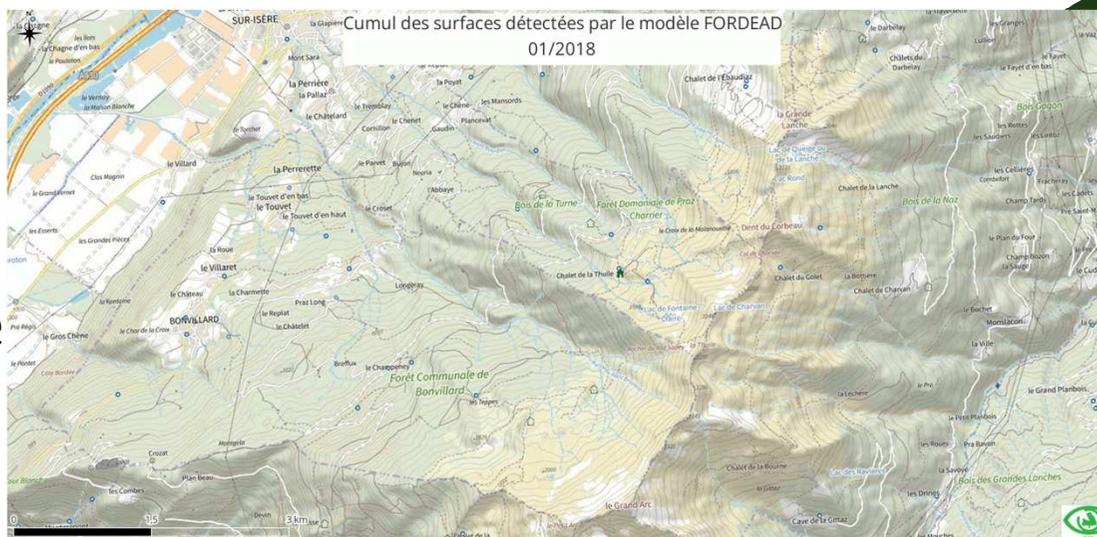
A quoi ressemble FORDEAD sur une carte

- Sans anomalie (zone calculée)
- Anomalie
 - faible
 - moyenne
 - forte
 - sol nu

Zone calculée :

Masque avec peuplements d'intérêts
(résineux)

Sans problème de
nuages/ombres/neige





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts

Modèle FORDEAD

VALIDATION du modèle

- Carte Sept-Oct 2023

Fruit d'une collaboration



Office National des Forêts

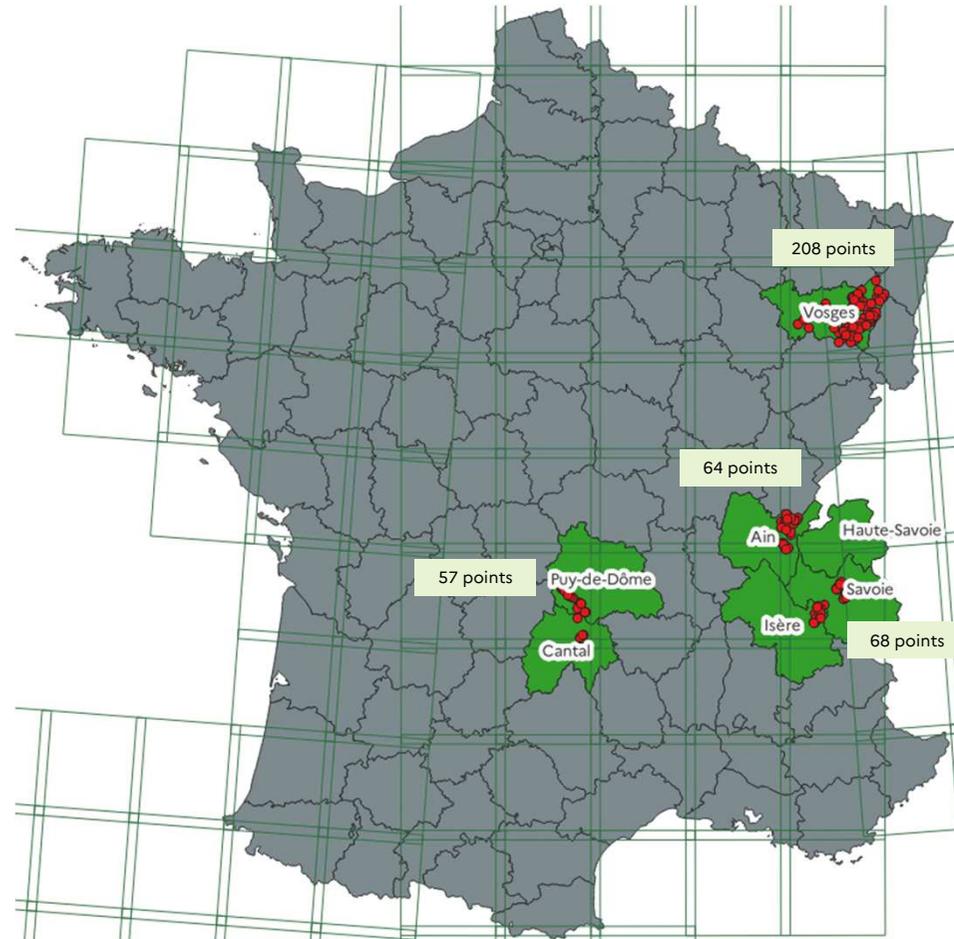
RDI

INRAE



Département de la
Santé des Forêts

• Projet EvalFORDEAD



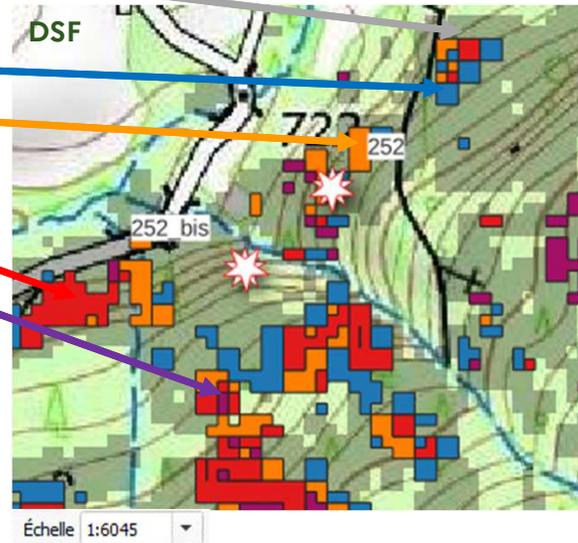


Utilisation d'un
GPS de précision

Méthode : Terrain

Echantillonnage :

- Couple de points : 252 et 252bis (~100m l'un de l'autre)
- **200** sans anomalie (zone calculée)
- **200** avec anomalie
 - 50 faible
 - 50 moyenne
 - 50 forte
 - 50 sol nu
- Taille de l'anomalie :
 - **Petite** : $5 < x < 10$ ares
 - **Grande** : $10 \text{ ares} < x$
- 200 points : Vosges (ONF RDI)
- 200 points : AURA (DSF)
- ~ 150m d'une route/piste
- Privée : 24% / Publique : 76%





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts

Méthode : Terrain



Protocole : DSF/ONF RDI

- ID
- Cause du décalage du point
- Type de propriété (publique ou privée)
- Type de peuplement
- Structure de la forêt
- Taux de couvert absolu
- Espèce principale
- Espèce secondaire
- Présence de mélèze
- Espèce touchée
- Stade du scolyte
- Autre espèce touchée
- Stade scolyte de l'autre essence touchée
- Autres dégâts



PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts

05/11/2024

Méthode : Terrain

Stade des dépérissements dû au
scolyte

Sain



Scolyte vert



Scolyte rouge



Scolyte gris



Coupe rase



Sain / Scolyte
vert indifférencié

Scolyte rouge /
gris indifférencié



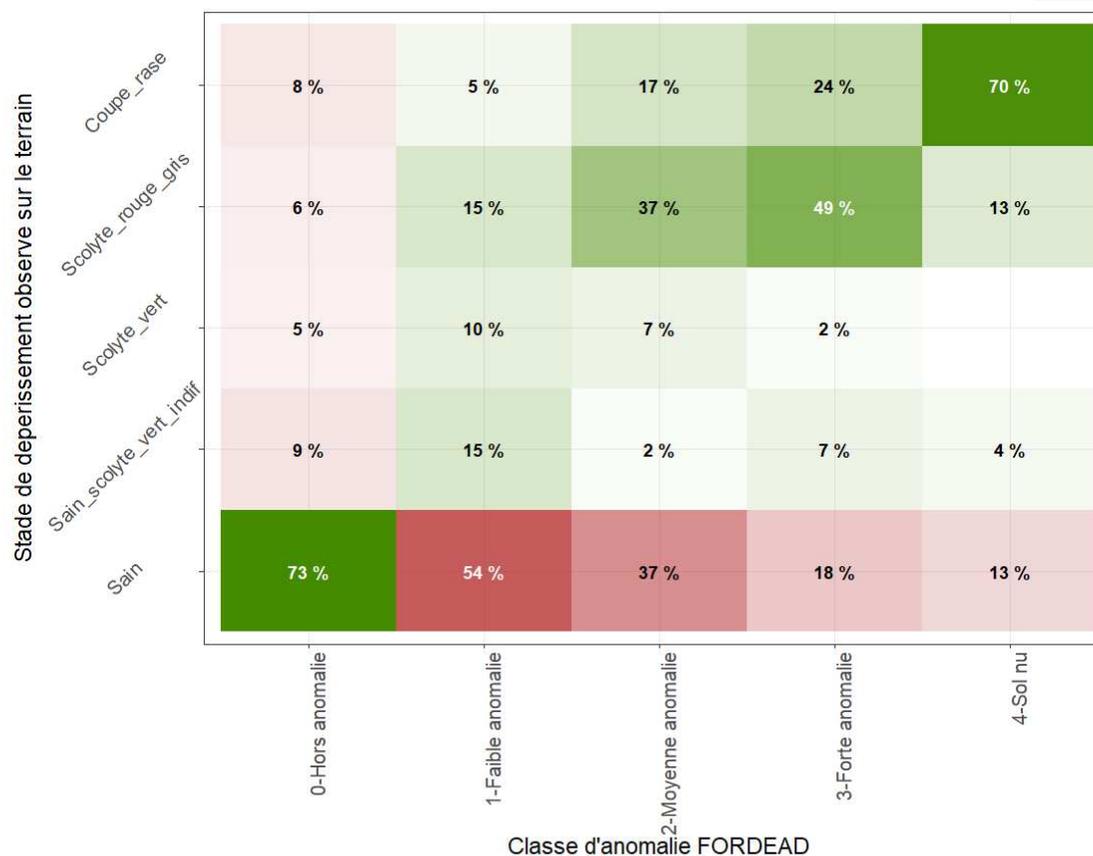
Résultats : Terrain

Matrice globale

A retenir :

- Taux d'erreur 30%
- Tendance à la sur-détection
 - croissante à mesure que la classe d'anomalie diminue
 - 54% "1-Faible anomalie",
 - 37% "2-Moyenne anomalie",
 - 18% "3-Forte anomalie"
 - 13% "4-Sol nu").
 - Les forts taux s'expliquent en grande partie par la détection de casses de cimes.
- Détection des **dépérissements peu marqués moyennement efficace**

Toutes tailles d'anomalies





Résultats : Terrain

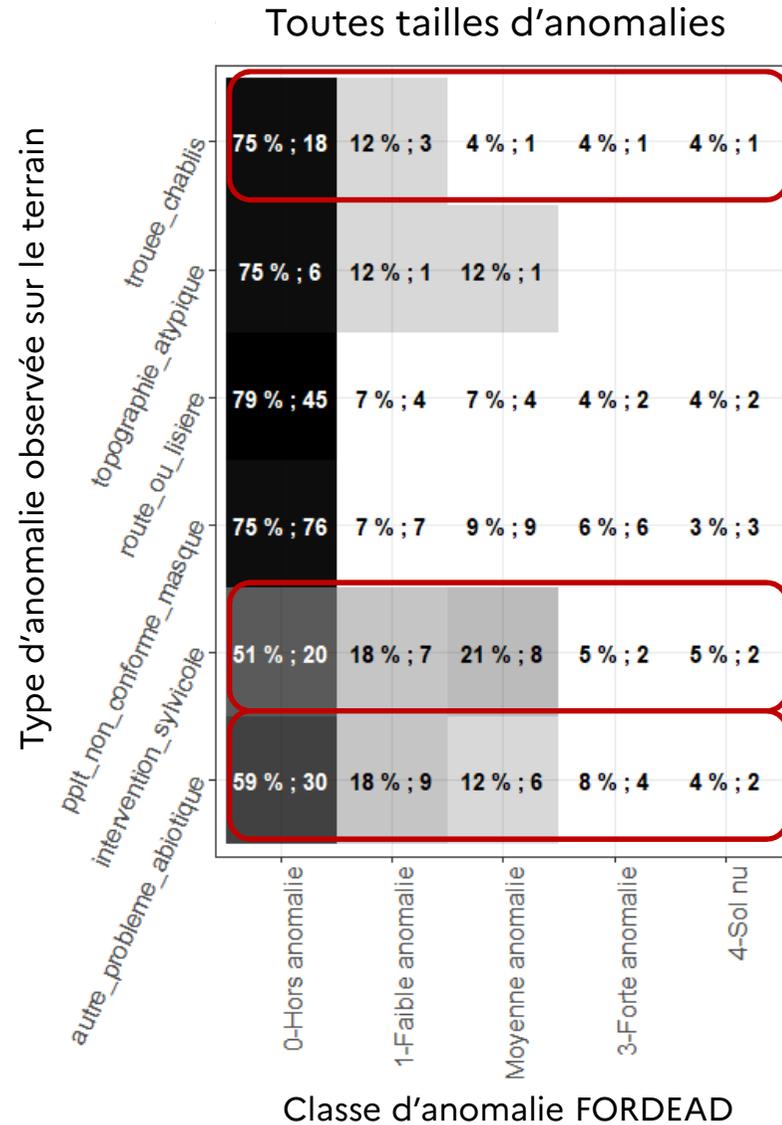
La plupart des altérations mentionnées lors des relevés terrains **autres que dépérissement ne sont pas détectées** comme anomalie par la méthode.

"1-Faible anomalie" et "2-Moyenne anomalie" sensibles :

- **trouée/chablis** (25% apparaissant comme anomalie FORDEAD),
- **intervention sylvicole** (38% apparaissant comme anomalie FORDEAD)
- **autre problème abiotique type casse de cime** (41% apparaissant comme anomalie FORDEAD)

Répartition d'autres altérations du couvert forestier Placettes SANS dépérissement observé

- présence de **trouée/chablis**
- mention d'une **topographie atypique** (forte pente, falaise, ruisseau...)
- présence d'une **route ou lisière** de peuplement
- **peuplement non conforme au masque de calcul** : jeune peuplement, peuplement à faible capital, ou essence autre que sapin pectiné et épicéa commun en proportions notables
- mention d'une **intervention sylvicole récente** (coupe d'éclaircie, ouverture de cloisonnements...)
- **autre problème abiotique** (volis, gelée tardive...)





PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



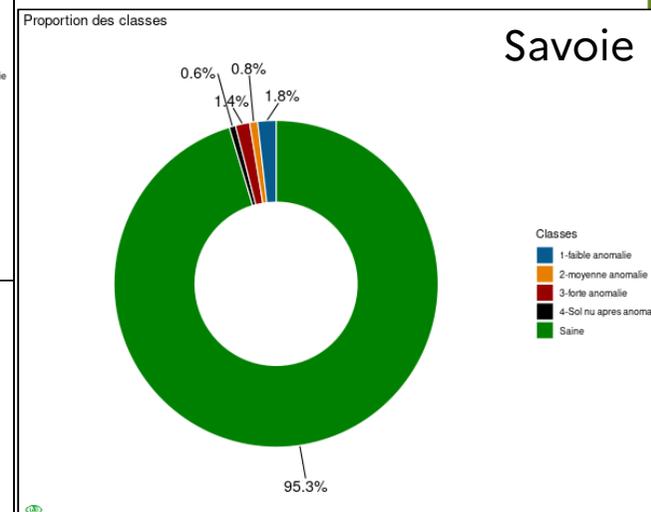
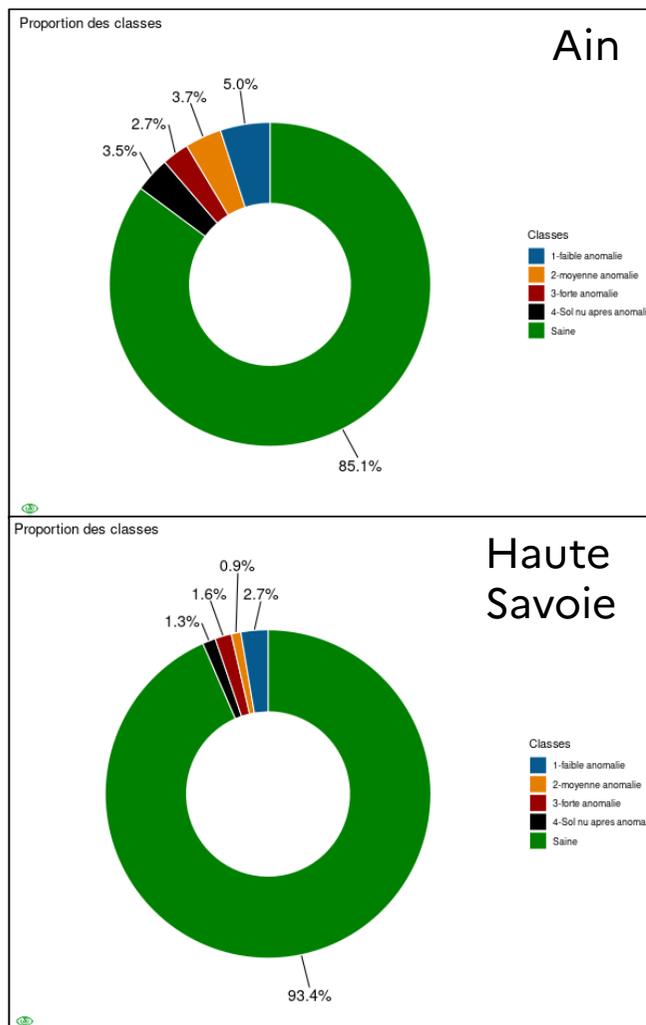
Département de la
Santé des Forêts

Exemple d'indicateur pour les secteurs en crise

Peu de confiance sur les faibles
anomalies

Des surfaces en anomalies de moins
de 5 ares (5 pixels) à prendre avec
beaucoup de précaution

05/11/2024



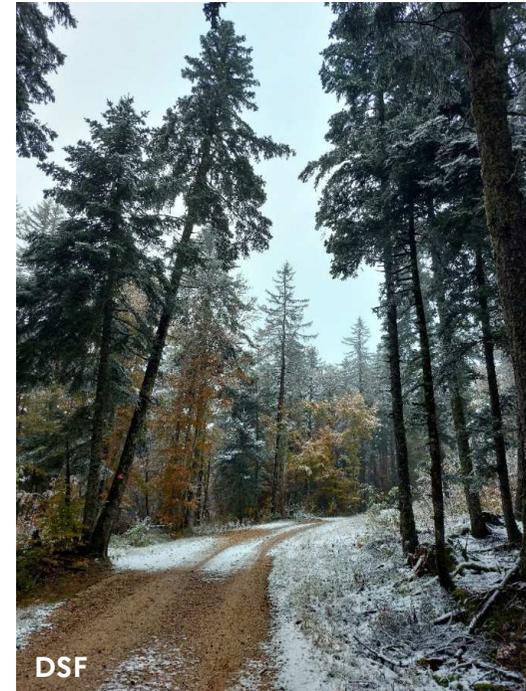


Conclusion

- **Bonnes performances et plasticité spatiale** de la méthode
- **Sensibilité à d'autres événements** impactant la teneur en eau du couvert
- **Tendance à sur-détection**, sauf pour dépérissements précoces (difficultés)
- **Peu de sous détection**
- **Drone** : idem terrain mais limites différentes
- Potentiellement moins précis l'hiver (moins d'images disponibles)
- Problème avec des peuplements mixtes feuillus ?
- **Travail en cours sur les sapinières**

Un outil qui a besoin de validation :

- Sur épicéa 
- Sur sapin 
- Sur douglas 
- Sur pin sylvestre 



DSF



PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts

Un nouvel outil qui ouvre des perspectives

De nombreuses pistes de recherche et d'utilisations potentielles

Ce n'est pas « presse bouton »

Toute nouvelle utilisation devrait être évaluée

L'échange entre utilisateurs fera partie des facteurs de réussite



ATTENTION

Etre attentif aux potentielles utilisations/conclusions abusives

Ce n'est pas parce qu'un peuplement est classé en moyenne ou forte anomalie qu'il est **forcément condamné**

Une vérification terrain est toujours préférable

05/11/2024



PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

Liberté
Égalité
Fraternité



Département de la
Santé des Forêts

05/11/2024

Liens utiles

Scolyte typographe:

- Toute l'actualité sur les scolytes en AuRA : <https://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/scolytes-des-resineux-diagnostic-et-lutte-r890.html>
- Situation et gestion de la crise liée aux scolytes de l'Épicéa commun fin 2021 dans l'est de la France, en Suisse et en Wallonie : <https://revueforestierefrancaise.agroparistech.fr/article/view/7201#>
- Crise scolytes sur épicéas et sapins - Bilan mi 2024 : <https://agriculture.gouv.fr/crise-scolytes-sur-epiceas-et-sapins-bilan-mi-2024>

Fordead

- Compte-rendu succinct Evaluation Fordead : <https://draaf.auvergne-rhone-alpes.agriculture.gouv.fr/methode-fordead-analyse-de-la-validite-des-detections-d-anomalies-de-vegetation-a5597.html>
- Présentation Fordead et téléchargement sur Theia : <https://www.theia-land.fr/product/fordead/>

La santé des forêts

Site officiel: <https://agriculture.gouv.fr/la-sante-des-forets>

Santé des forêts sur l'observatoire des forêts: <https://foret.ign.fr/themes/sante-des-forets>

 : <https://ephytia.inra.fr/fr/P/124/Forets>



PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Département de la
Santé des Forêts

Valorisation

Rédaction d'un rapport d'analyse
(fait)

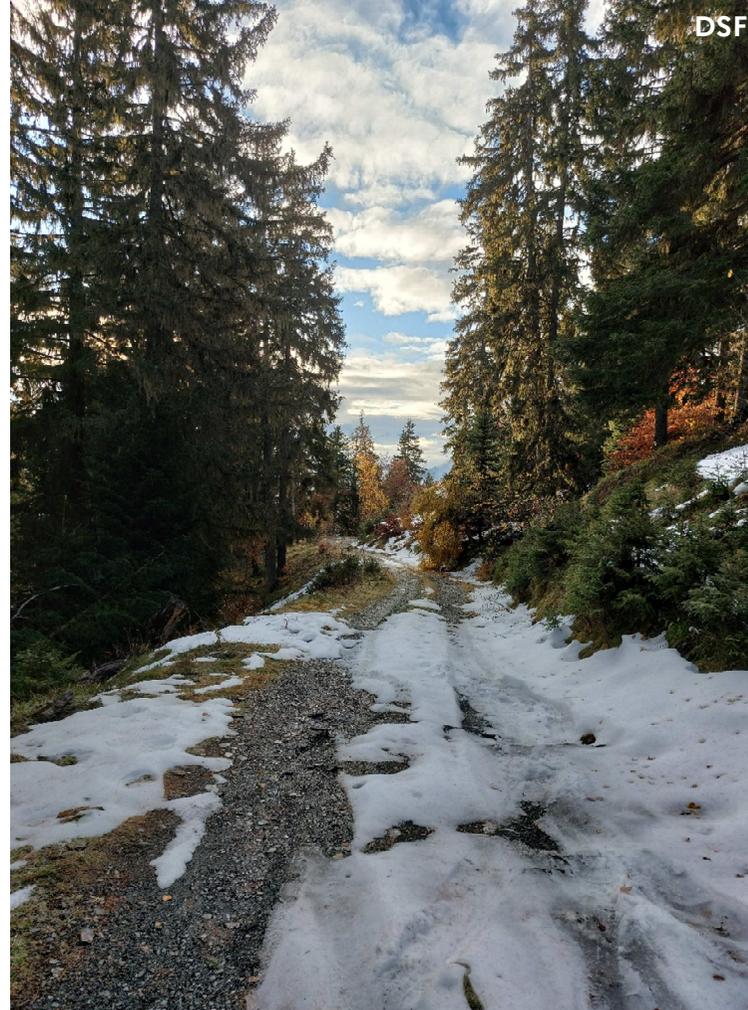
Synthèse globale (fait)

Rendez vous technique ONF (?)

Article scientifique → collaboration
avec l'INRAE (prévu)

Webinaire DSF (prévu)

Réunion avec les utilisateurs de
FORDEAD → présentation du travail
de qualification (?)



05/11/2024



**PRÉFÈTE
DE LA RÉGION
AUVERGNE-
RHÔNE-ALPES**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



**Département de la
Santé des Forêts**

05/11/2024

Discussions

Question(s) ?