



Projet RECONFORT

Détecter et cartographier les dépérissements forestiers en Région Centre Val de Loire

Cécile Vincent-Barbaroux, Florian Mouret (Univ Orléans LBLGC USC INRAe), Milena Planells, David Morin (CESBIO), Hilaire Martin (INRAe EFNO)

SANTECOFOR - MNHN Paris 22-23/03/2023





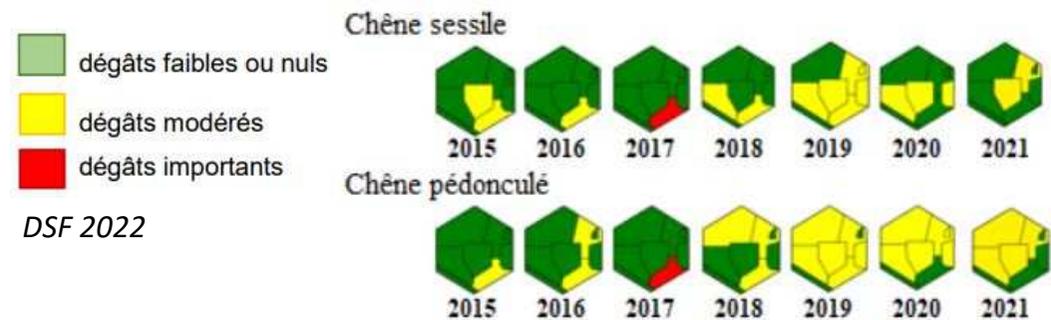
Contexte

Dépérissements forestiers liés aux sécheresses et canicules successives des dernières années. Accélération de ce phénomène dans les années à venir.

Un affaiblissement généralisé des peuplements de plusieurs essences d'importance est déjà observé dans les forêts de la Région Centre-Val de Loire (DSF 2018)



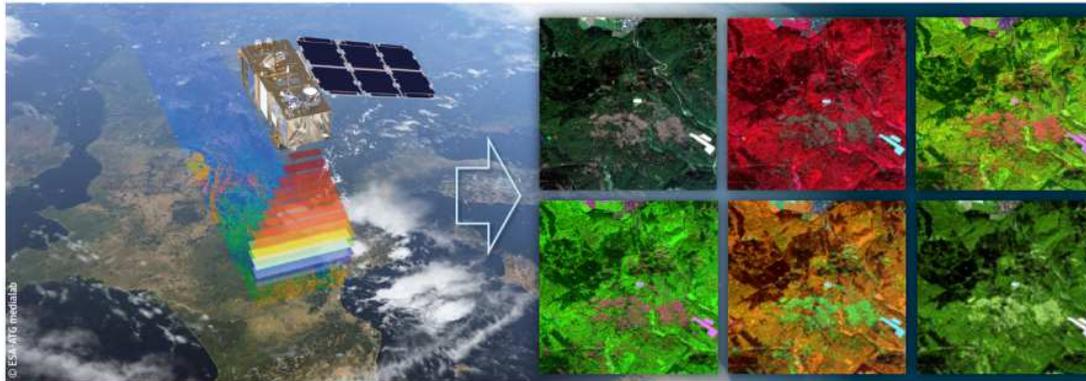
Forêt d'Orléans – parcelle chênes (04/07/2022)



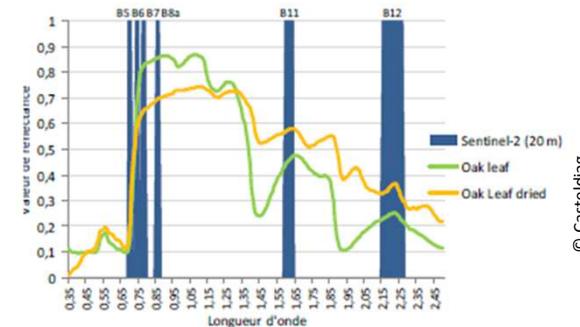
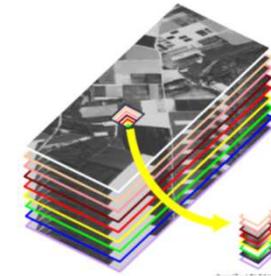
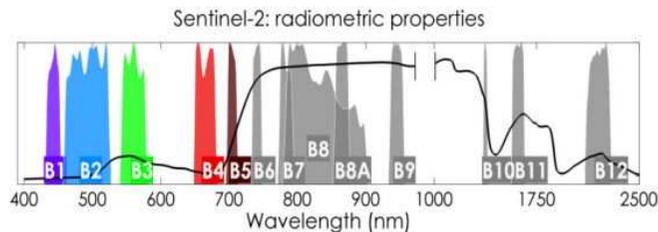
➔ Développer des approches et des outils permettant de mieux évaluer les dépérissements forestiers

RECONFORT (2021-2024)

Objectif : Pouvoir rapidement détecter les zones de dépérissement et quantifier leur intensité et leur ampleur spatiale par l'emploi de l'imagerie satellite



Sentinel 2 : combinaison de différentes bandes spectrales en RGB (@ESA)



Responsables scientifiques : Cécile Vincent-Barbaroux (UO LBLGC) et Hilaire Martin (EFNO)

Partenaires et experts académiques : CESBIO, BIOGECO, EI Purpan - DYNAFOR, TETIS

Partenaires non académiques: DSF, ONF, CNPF-IDF, UNISYLVA, INSA, FIBOIS

Détection: croisement images satellites et observations terrain

Les données de terrain

Notation DEPERIS (protocole DSF): sur placette de 20 arbres. Arbre dépérissant à partir de la note D.
Placette dépérissante si plus de 20% arbres D, E, F

AB: Sain



C: Moyen



D: Dépérissant



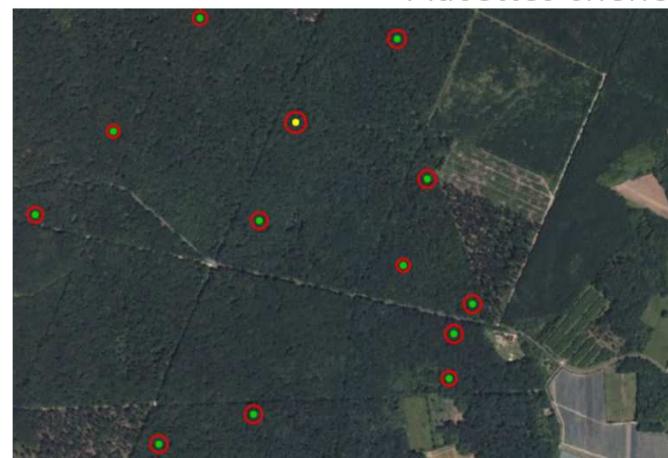
EF: Très dépérissant



		Manque de Ramification (feuillus)					Manque d'Aiguilles (résineux sauf mélèze)						
		0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
Mortalités de Branches	0	A	B	C	D	E	F	A	B	C	D	E	F
	1	B	B	C	D	E	F	B	B	C	D	E	F
	2	C	C	D	D	E	F	C	C	D	D	E	F
	3	D	D	D	E	F	F	D	D	D	E	F	F
	4	E	E	E	F	F	F	E	E	E	F	F	F
	5	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F

Espèces cibles : chênes (sessile et pédonculé) et pin sylvestre

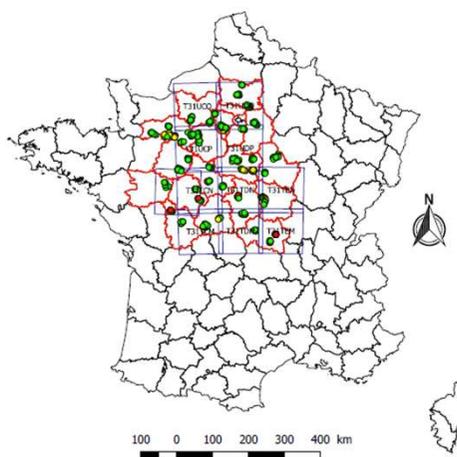
Placettes chênes



Détection: croisement images satellites et observations terrain

Les données de terrain

Chênes : ~ 2700 placettes en RCVL et départements limitrophes de 2017 à 2022 pour l'apprentissage du modèle (DSF, CNPF, Unisylva, INRAe, ONF, Univ Orleans)



Year	# Plots	Healthy	Declining	Very declining
2022	300	111	97	92
2021	433	81	131	221
2020	1685	1202	338	145
2019	135	46	40	49
2018	120	50	52	18
2017	65	37	25	3
TOTAL #	2738	1527	683	528
TOTAL %	100.00%	55.77%	24.95%	19.28%

~ 680 placettes supplémentaires hiver 2022-2023 (ONF, Unisylva, Univ Orleans)

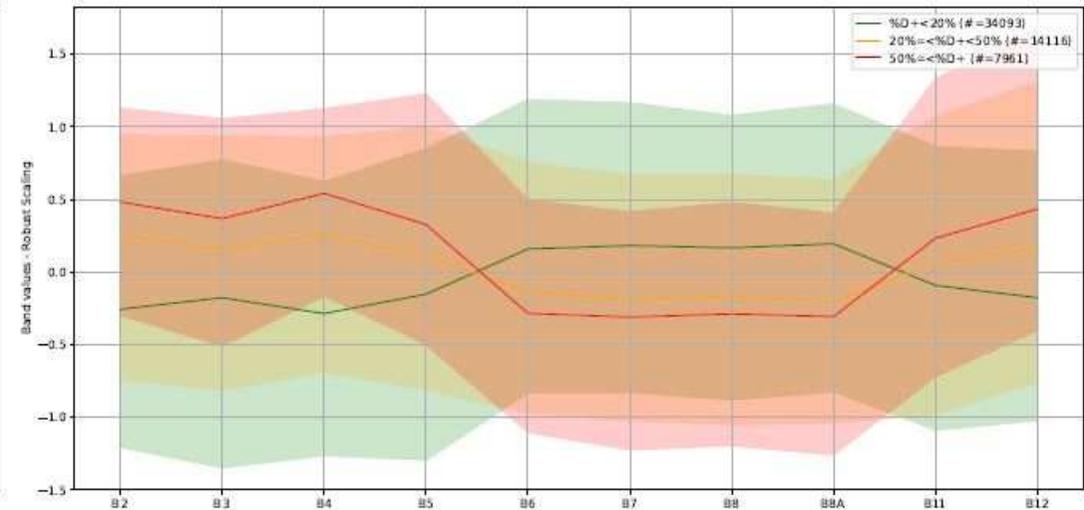
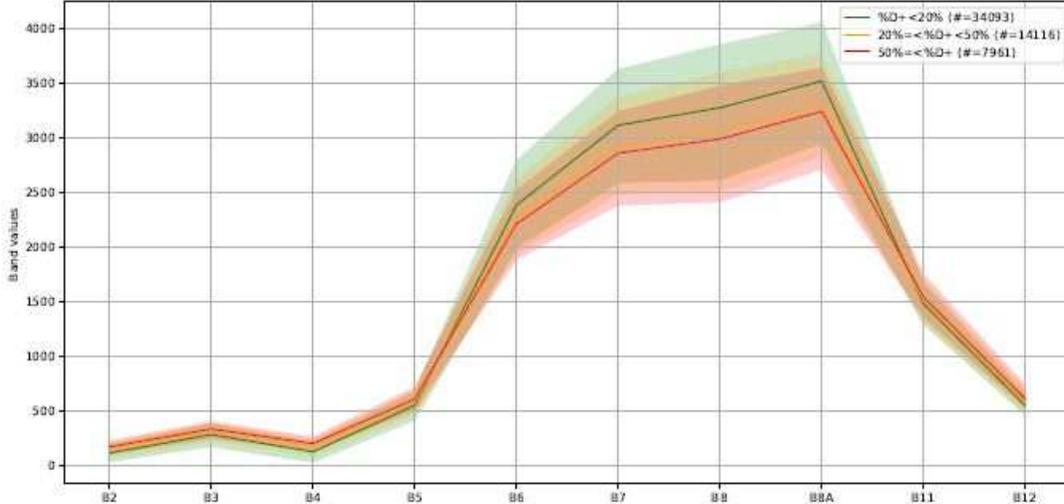
Pins : ~ 80 placettes en RCVL (ADEVBOIS)

Campagne terrain 2023 ~ 240 placettes supplémentaires (CNPF, OPTMIX, Unisylva)

Détection: croisement images satellites et observations terrain

Analyse spectrale des images satellites

Placettes chênes



Mouret et al in prep

Changements observés dans les zones du Red edge et du moyen infra-rouge en fonction de l'état sanitaire des placettes

Détection: croisement images satellites et observations terrain

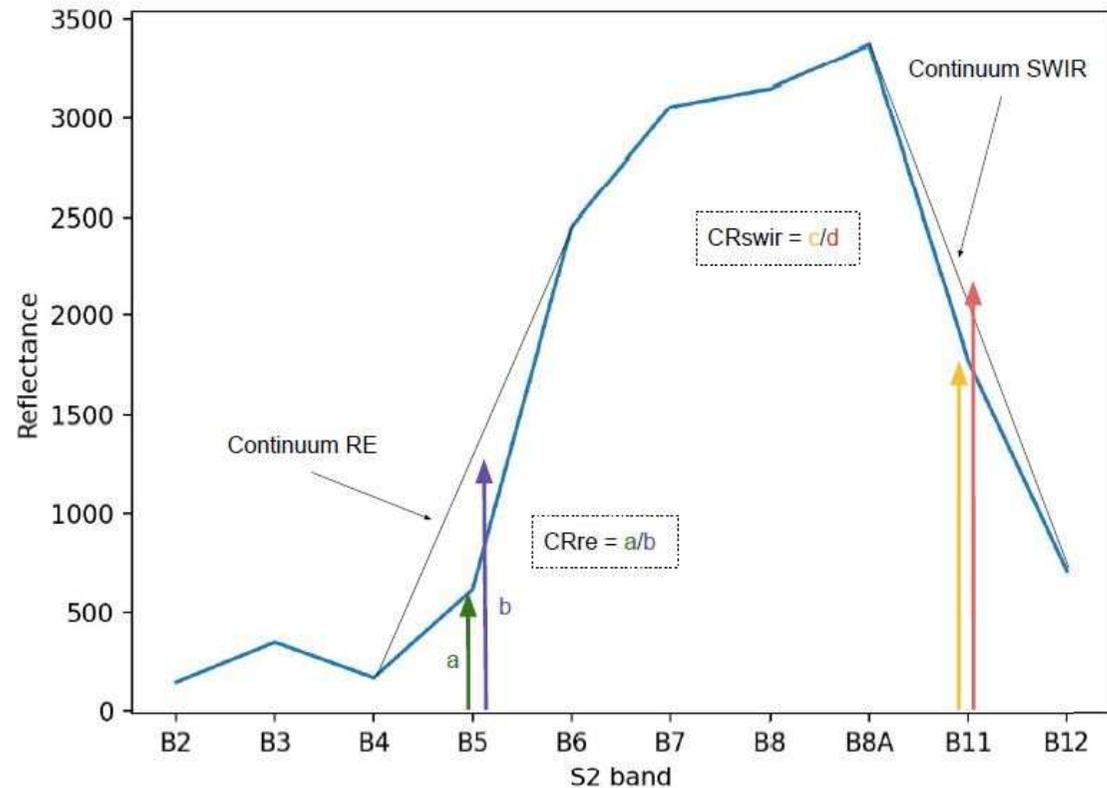
Analyse spectrale des images satellites

Utilisation de deux indices spectraux sensibles au niveau de dépérissement

Indice CR_{SWIR} (Dutrieux et al. 2021) :
augmente quand la végétation subie un déficit en eau du feuillage

Indice CR_{RE} : augmente quand la végétation subie une réduction de l'activité chlorophyllienne du feuillage

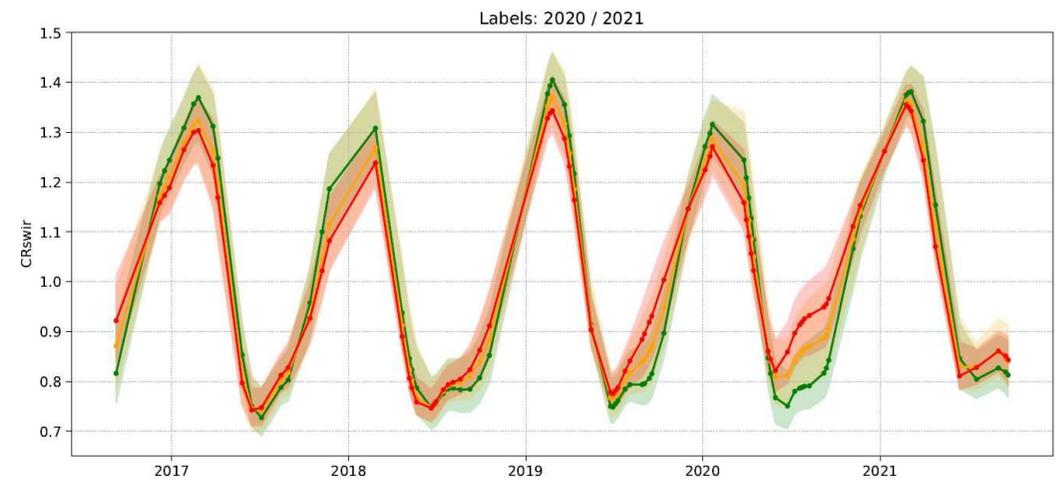
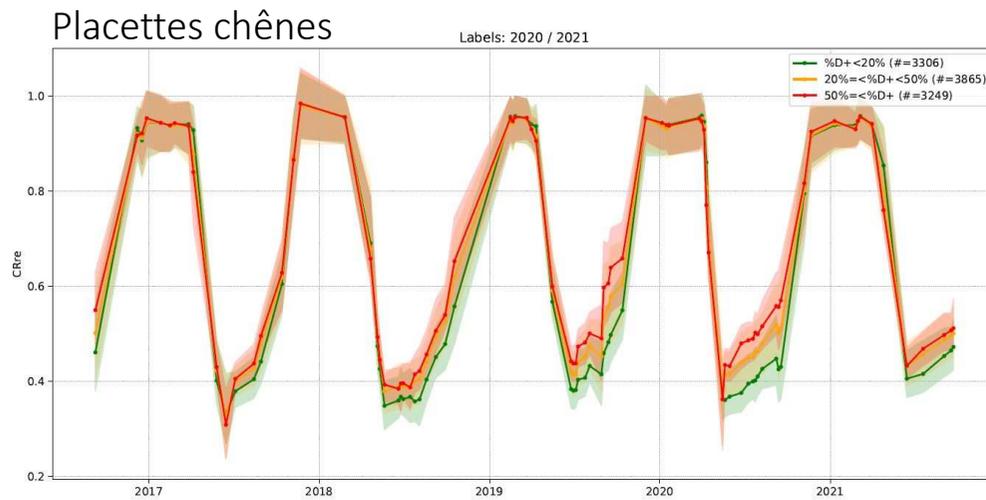
$$CR_{SWIR} = \frac{B_{11}}{B_{8a} + (\lambda_{B_{11}} - \lambda_{8a}) \times \left(\frac{B_{12} - B_{8a}}{\lambda_{B_{12}} - \lambda_{8a}} \right)}$$
$$CR_{re} = \frac{B_5}{B_4 + (\lambda_{B_5} - \lambda_4) \times \left(\frac{B_6 - B_4}{\lambda_{B_6} - \lambda_4} \right)}$$



Mouret et al in prep

Détection: croisement images satellites et observations terrain

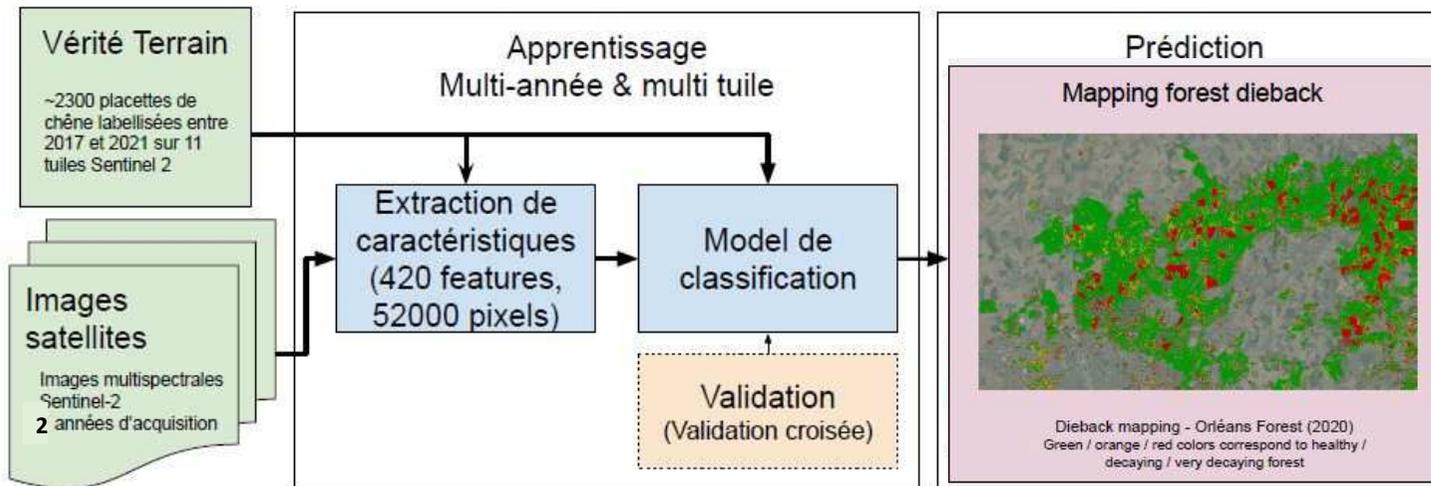
Séries temporelles



Détection: croisement images satellites et observations terrain

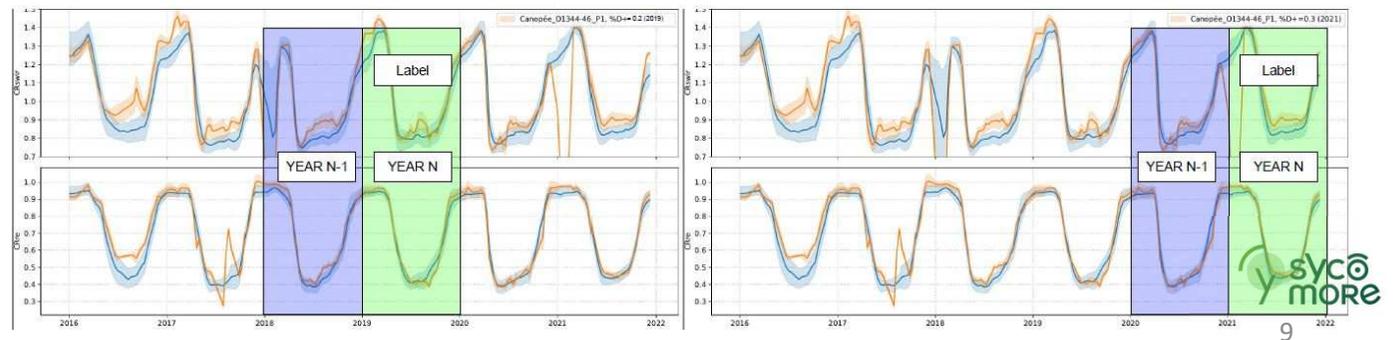
Chaîne de détection Modèle Reconfort Chêne inclus dans la chaîne de traitement Iota2 du CESBIO

(Mouret et al in prep)



Modèle multi-années et multi-tuiles:

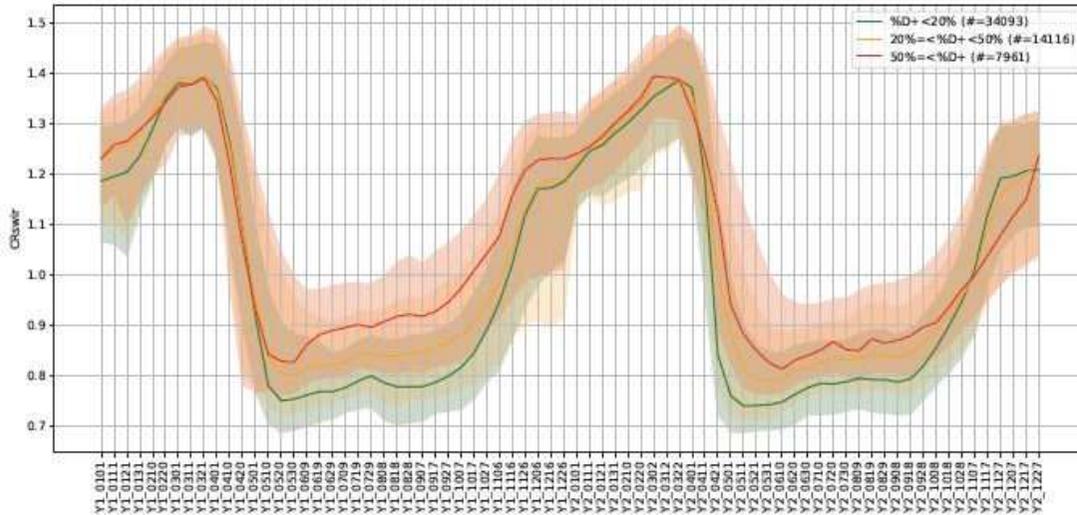
- 1 exemple d'entraînement =
- 1 notation (label) acquise année n
- + séries temporelles associées (jusqu'à année n)



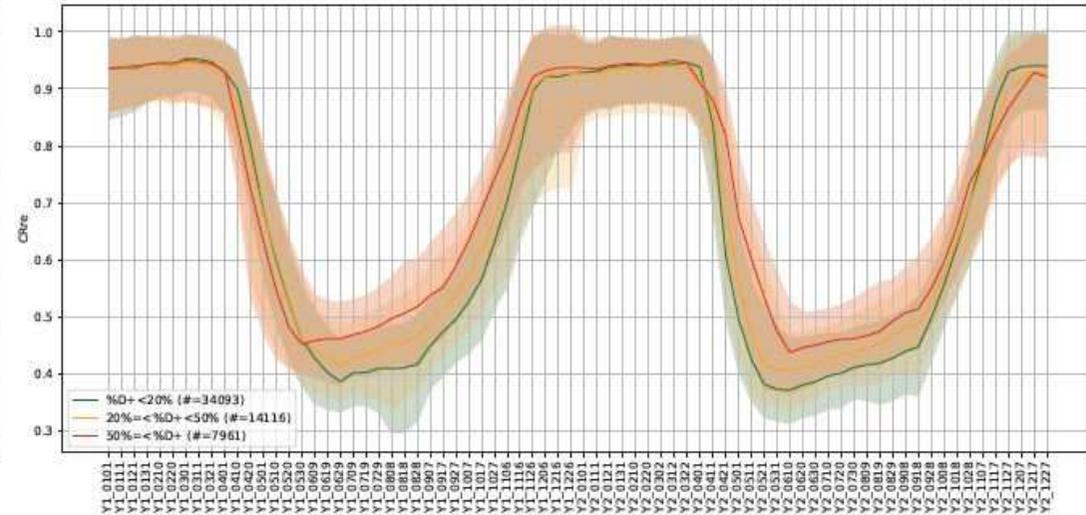
Détection: croisement images satellites et observations terrain

Données d'apprentissage du modèle

Placettes chênes



(a) CRswir



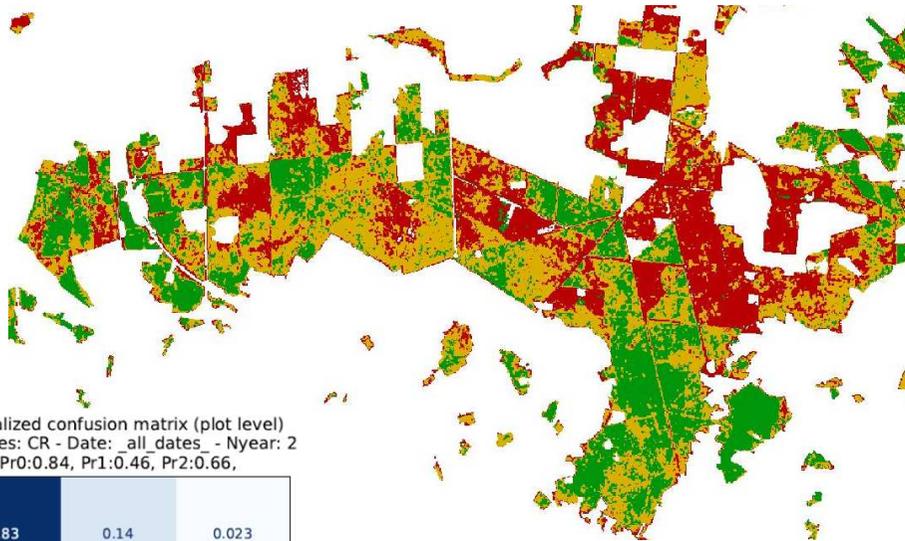
(b) CRre

Mouret et al in prep

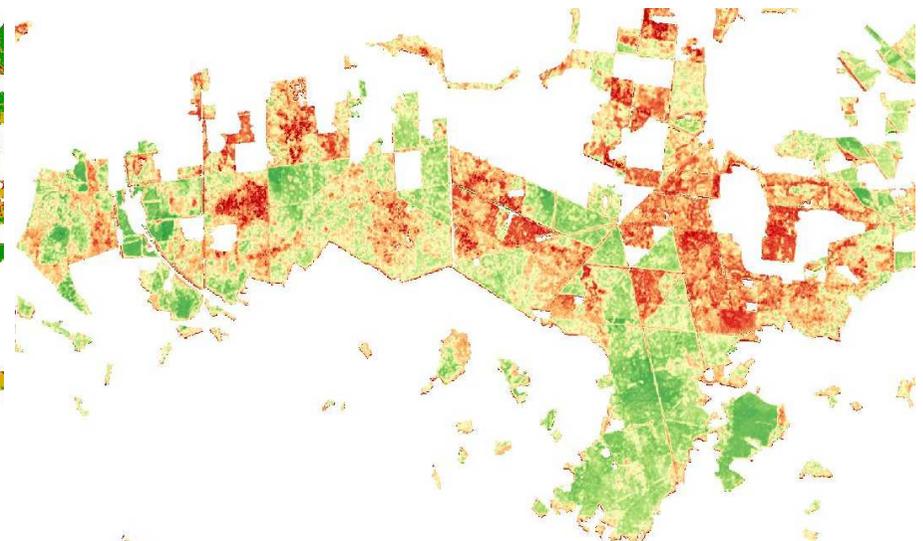
Détection: croisement images satellites et observations terrain

Résultats

Carte V2 sur l'état sanitaire des chênaies (massif de Vierzon en 2022)



Carte de probabilité (sain - vert, moyen - orange, fort - rouge)



Normalized confusion matrix (plot level)
Features: CR - Date: _all_dates_ - Nyear: 2
Pr0:0.84, Pr1:0.46, Pr2:0.66,

True label \ Predicted label	%D+<20%	20%=<%D+ <50%	%D+>=50%
%D+<20%	0.83	0.14	0.023
20%=<%D+ <50%	0.31	0.49	0.2
%D+>=50%	0.085	0.28	0.63

Précision du modèle

83 % des placettes saines identifiées avec une précision de 84%

Modèle applicable sur une nouvelle année d'images satellite sans recalibration préalable

Perspectives d'amélioration :

V3 - augmentation du nombre d'échantillons, ajout du radar S1

Test de méthodes non supervisées
(Steven Zheng, stage ingénieur ENSEEIHT 2023)

Spatialiser les dépérissements des essences en région

- **Cartographie des dépérissements** sur les différentes essences de la région Centre Val de Loire de 2017 à 2023

Chênes : méthode Reconfort

Pin sylvestre : transfert learning de la méthode Reconfort et/ou méthode ForDead (*Dutrieux et al. 2021*)

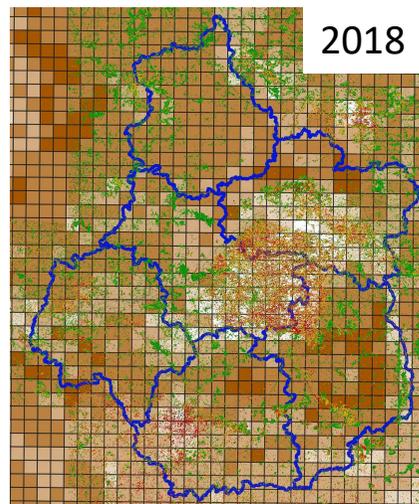
Châtaignier : modèle SPNA (*Cheret et al. 2018*)

Réflexion sur les plateformes de transfert des cartes (Forêt bouge, Theia, géoportail, ERABLE, SI interne aux organismes...)

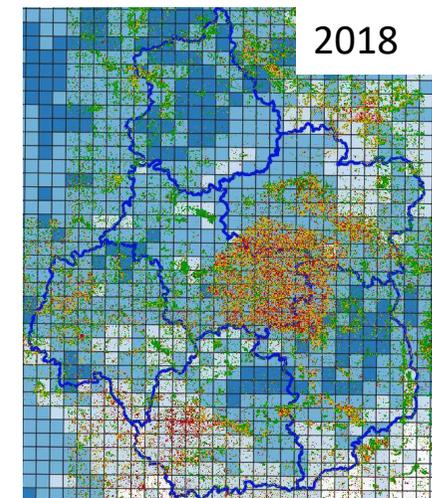
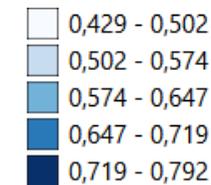
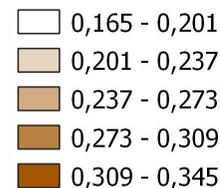
- **Evaluation de la ressource forestière** impactée par les dépérissements

Croisement des cartes de dépérissement et des cartes de biomasses (projet SUFOSAT, post doc David Morin)

- **Interprétation des zones de dépérissements** par croisement avec d'autres informations spatiales environnementales: climat et sol



Moyenne annuelle du contenu en eau liquide dans la couche racinaire (en m^3/m^3) à gauche et de l'indice d'humidité des sols (%) à droite – données SAFRAN (8 km, Météo France)



stage M2 Louise
Beaudonnat 2023

Merci de votre attention

