



# Télédétection des problèmes sylvo-sanitaires - Un exemple feuillu Les dépérissements du châtaignier

Thierry Bélouard, DSF Véronique Chéret, El Purpan-UMR DYNAFOR Michel Chartier, CNPF



Égalité Fraternité













# Plan

- Contexte
- Cadre
- > Sites et données de référence
- Impact des dépérissements sur le signal
- Méthodologies
- Résultats
- Conclusion







# Contexte: une essence avec d'importants problèmes sanitaires

#### Un cortège de bioagresseurs ravageur

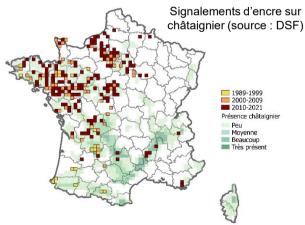
- Chancre du châtaignier (Cryphonectria parasitica)
- Encre du châtaignier (Phytophthora cinnamomi et P. cambivora)
- Cynips (Dryocosmus kuriphilus)

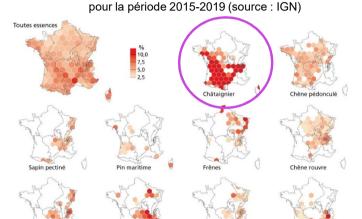
#### Mortalité et dégâts à travers tout le pays

- Particulièrement et historiquement dans le Sud-Ouest : Périgord, Limousin, Charente
- Aujourd'hui dans la quasi-totalité de l'aire de distribution du châtaignier : Sud-Est, Nord-Ouest, région parisienne

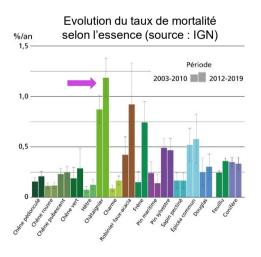


Mortalité due à la maladie de l'encre, forêt de Montmorency (95)





Taux d'arbres morts sur pied par essence









# Cadre: 3 récents projets de recherche

#### Nouvelle-Aquitaine: projets CastelDiag et SPNA

**Projet CastelDiag** 

Partenaires: CNPF, DSF, El Purpan-UMR Dynafor, IGN

• Période: 2016-2018

• Financement: RMT Aforce

SPNA – Sylviculture de précision en Nouvelle-Aquitaine

• 2 essences : pin maritime et châtaignier

Action télédétection pour le châtaignier

Partenaires: CNPF, DSF, El Purpan-UMR Dynafor, IGN

• Période : 2019-2022

Financement: PFI-AGRI

#### Région parisienne : projet TEMPOSS

Modélisation de la trajectoire TEMPOrelle d'observations Sentinel 1 & 2 pour le suivi de la Sante des forets

• Partenaires: INRAE BIOGECO, DSF, IMS Bordeaux

• Période : 2018-2022

Financement: Cnes (TOSCA)

#### **Objectifs en partie communs**

Evaluer et suivre l'état sanitaire des châtaigneraies à l'aide de la télédétection

Méthode cartographique valorisant les images Sentinel-2



Dépérissements important dans la forêt de La Grange (94). BD Ortho IRC® (IGN)









# Données de référence : similitudes des protocoles

#### Observations sur le terrain

Installation de placettes avec observation des arbres Etat sanitaire : mortalité de branches et manque de ramification fine (protocole DEPERIS)

#### Homogénéité des placettes

Etats sanitaire, composition, développement

Nécessaire : une placette recouvre plusieurs pixels

#### Géolocalisation

Faire le lien entre les observations de terrain et les images Précision variable du fait de matériels divers

|                           |   | Manque de Ramification (feuillus) Manque d'Aiguilles (résineux sauf mélèze) |   |   |   |   |   |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|---|
| Mortalités<br>de Branches |   | 0   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|                           | 0 | Α   | В | С | D | Е |   |
|                           | 1 | В   | В | С | D | Е |   |
|                           | 2 | С   | C | D | D | Е |   |
|                           | 3 | D   | D | D | Е | F |   |
|                           | 4 | E   | E | Е |   |   |   |
|                           | 5 |   |   |   |   |   | F |

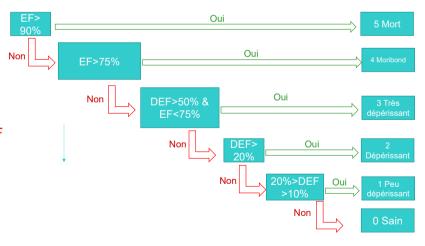
- Un arbre (très) dépérissant = D, E, F
- Un peuplement (très) dépérissant = plus de 20% (50%) d'arbres dépérissants







De l'état de l'arbre à celui de la placette : règle de décision (finale)









# Données de référence : un effort substantiel des gestionnaires forestiers en région parisienne

# **Opération ONF, CNPF et DSF** Région Île-de-France et département de l'Oise

### Eléments spécifiques du protocole

Placette de 20 arbres dominants

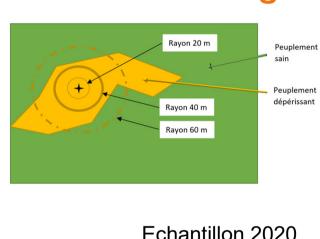
Rayon de représentativité au-delà de la placette des 20 arbres

Quelques données complémentaires (exemple : recouvrement de la végétation)

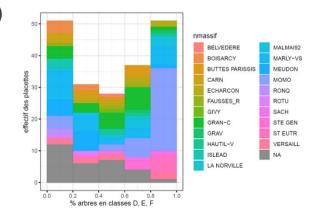
#### **Echantillons**

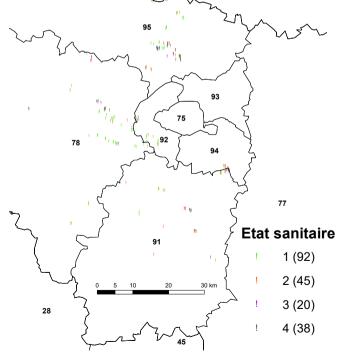
2020: 198 placettes + coupes

2022: 188 placettes + coupes













# Données de référence : un protocole (plus) rigoureux en Nouvelle-Aquitaine

# Critères de localisation de peuplements de châtaigniers

Surface minimale de 0,5 ha permettant de contenir un carré de 1 600 m<sup>2</sup>

1ère notation à dire d'expert

Délimitation et contrôle de la composition en essence et de l'homogénéité sur photos aériennes

#### Installation des placettes

Au sein des parcelles sélectionnées

Emprise de 4 pixels Sentinel-2 de 20 m soit 1600 m<sup>2</sup> (carrés de 40 m de côté)

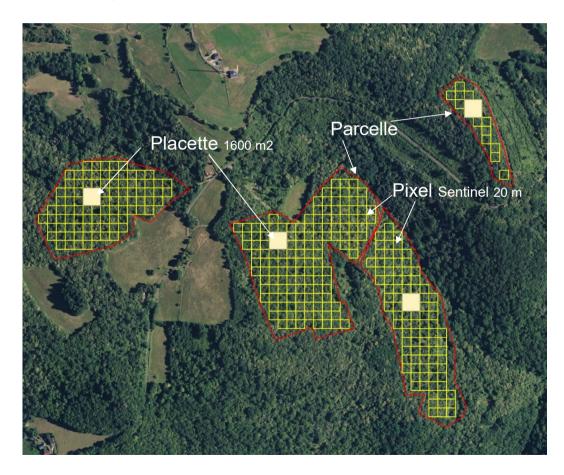
#### **Observations**

72 tiges réparties régulièrement sur la placette selon une grille carrée de 6 m de côté

Protocole DEPERIS

Eté 2020 : 89 placettes Eté 2021 : 150 placettes

**Opération CNPF (appui DSF)** 









# Impact des dépérissements sur le signal Sélection des variables (projet SPNA)

#### Variables candidates

10 bandes spectrales

30 indices de végétation par combinaison de bandes spectrales

5 variables biophysiques: LAI, FCover, FAPAR, CW, CAB

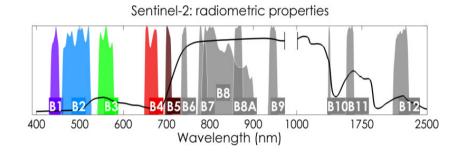
#### Approche statistique

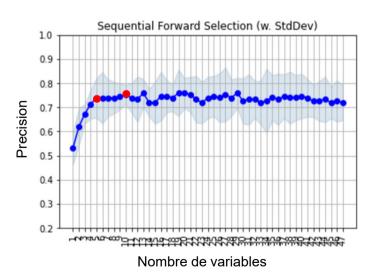
Sequential features selection

- Basé sur un classifieur 'random forest' avec 30 répétitions
- Critères: global accuracy et F-score

#### Résultats

- Début du plateau avec 6 variables et maximum avec 10
- 10 variables retenues
  - Bandes spectrales 'red edge' (B5, B6, B7), proche (B8a) et moyen infrarouge B11, B12
  - Indices de végétation : PSRI, EVI, GRVI, NDWI2 (combinaisons des couleurs naturelles, red edge et PIR)
- NB: l'indice NDVI ne ressort jamais

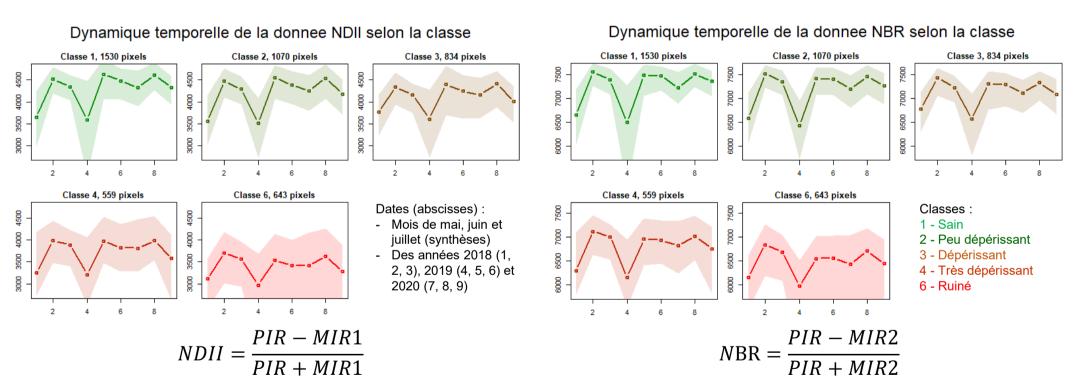








# Impact des dépérissements sur le signal Indices de végétation (résultat CastelDiag et TEMPOSS)



Les indices NDII et NBR diminuent nettement dans les peuplements très dépérissants et ruinés Leur diminution est beaucoup plus faible pour les peuplements dépérissants





### Méthode de classification TEMPOSS

#### Classification supervisée d'images Sentinel-2

#### Apprentissage et validation

- Observations de terrain + photo-interprétation (coupes)
- Note SPNA après regroupement (confusion)

#### **Prédicteurs**

- Images de début de saison (mai, juin et juillet)
- Année des observations terrain + 2 années précédentes
- 10 bandes spectrales. NB: test avec indices de végétation pertinents selon CastelDiag

#### Classifieurs de type machine learning (IA)

- Comparaison Random Forest, SVM, kNN
- Choix Random Forest

#### Masque châtaignier

Sources disponibles non exhaustives : BD Forêt® (IGN), types de peuplement ONF

Absence d'information sur les mélanges, les petits peuplements en forêt privée

- → Classification supervisée
  - Situation avant crise: année 2018
  - Données de référence : BD Forêt®, cartes ONF, photo-interprétation
  - Prédicteurs : images Sentinel-2 2018
  - Résultat
    - bonne distinction résineux/feuillu
    - Le châtaignier est le feuillu qui se distingue le mieux mais confusion importante cependant

### **Outils (libres)**

Orfeo ToolBox lota2



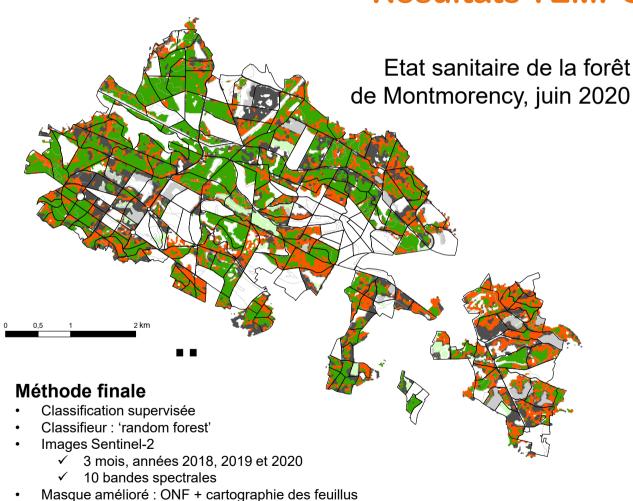




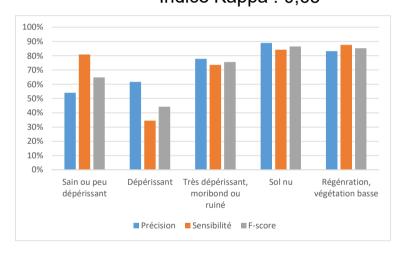


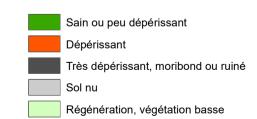


# Résultats TEMPOSS



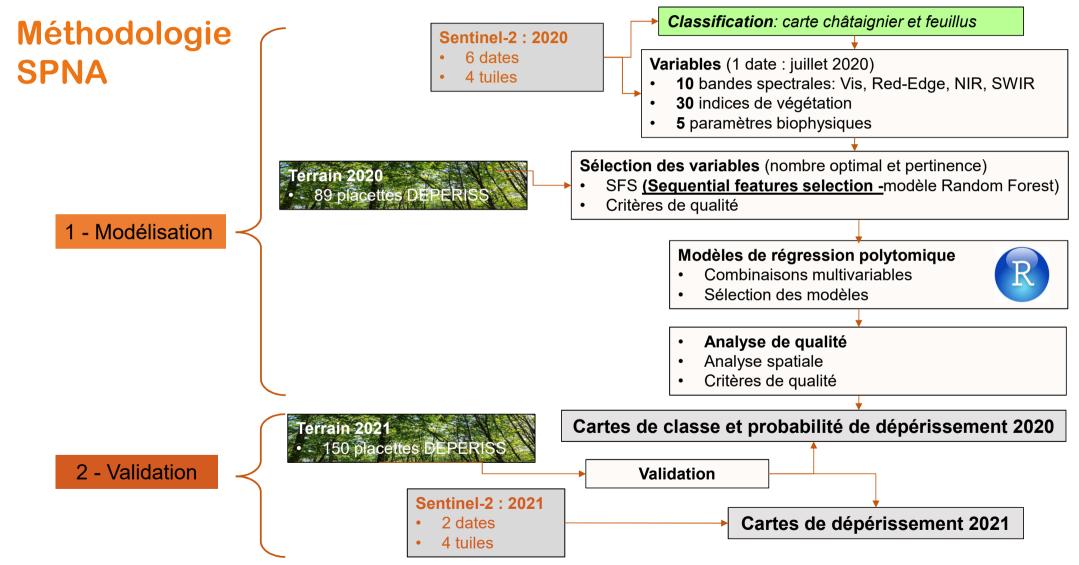
Précision
Précision globale : 72%
Indice Kappa : 0,65









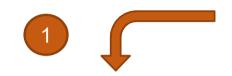








# Méthodologie SPNA - Combinaison des meilleurs modèles



**cartes de probabilité** d'appartenance spécifique à chaque classe

Pour chaque classe, le plan de probabilité est la moyenne des 9 plans de probabilité. On affecte à chaque pixel la classe qui correspond à la probabilité maximale.

#### 9 modèles

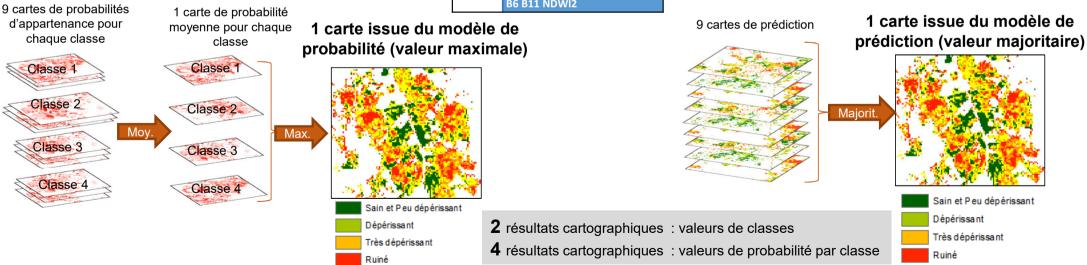
| Critères<br>qualité | Combinaisons                |  |  |  |  |
|---------------------|-----------------------------|--|--|--|--|
|                     | B5 B6 B7 B12 EVI PSRI       |  |  |  |  |
| AIC                 | B6 B5 B12 EVI PSRI          |  |  |  |  |
|                     | B5 B6 B7 B11 B12 NDWI2 PSRI |  |  |  |  |
| MC                  | B5 B6 B8a B12 EVI NDWI2     |  |  |  |  |
| IVIC                | B5 B6 B8a B11 B12 EVI NDWI2 |  |  |  |  |
| MCcv                | B5 B6 B8a B12 PSRI          |  |  |  |  |
| IVICCV              | B5 B6 B8a B11 B12 PSRI      |  |  |  |  |
| Chi2                | B6 B12 NDWI2                |  |  |  |  |
| Cniz                | B6 B11 NDWI2                |  |  |  |  |

2

cartes de prédiction des

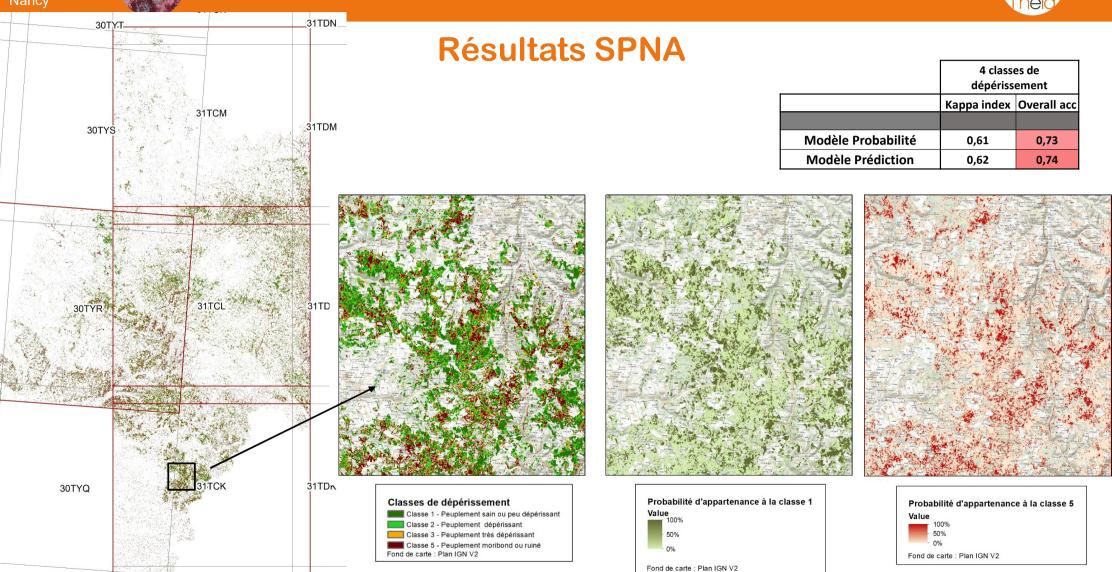
classes

On affecte à chaque pixel la classe la plus fréquente des 9 modèles proposés















### Conclusion

#### Intérêts

Etat des lieux des dépérissements à une échelle spatiale relativement fine

Bonne détection des peuplements sains et ruinés Spatialisation et donc valorisation des observations de terrain

Convergence des approches : la méthode SPNA a été testé de façon satisfaisante en région parisienne

#### **Limites**

Précision des résultats : difficulté de détecter les dépérissements précocement, imprécision de la détection des peuplements dépérissants

Difficulté de suivre les évolutions à partir de plusieurs cartographies successives (les erreurs se cumulent)

Classification supervisée : coût important des campagnes de terrain

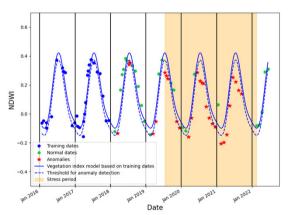
#### **Perspectives**

Méthode SPNA:

- Poursuite des tests sur d'autres régions
- Projet de développement d'une chaîne de traitement

Suivi dans le temps des évolutions : tester des approches basées sur des séries d'images type ForDead

Evolution de l'indice NDWI sur une placette moribonde en été 2022



Point de vue du gestionnaire : cf. présentation Claire Nowak et Virginie Le Mesle

















# Retrouvez toutes les présentations de l'atelier



TÉLÉDÉTECTION & SANTÉ DES FORÊTS

sur www.theia-land.fr/2022-sante-foret/



