

Feasibility of forest health status diagnosis using remote sensing: example of chestnut in Dordogne (CASTELDIAG)

Michel CHARTIER¹ and Véronique CHERET² in collaboration avec Michel GOULARD²

Forest declines are of concern to professionals in the industry and are crucial to the diagnosis of the health status of trees. The chestnut is a good example.

This essence is both sick (identified and reproducible cause) and declining (multiple and complex causes, not known in their entirety) without being able to quantify the impacted surfaces.

The Casteldiag project aims to determine the health status of a stand by remote sensing in addition to the field diagnosis using a method adapted to chestnut coppice. The Dordogne department was chosen as a study area.

To evaluate the stage of decline, the CNPF has developed a diagnostic tool called ARCHI that works on many species (oaks, pines, etc.) but which has required adaptation for chestnut. The work carried out makes it possible to take into consideration different situations: coppice, mature forest as well as fruit orchards. In the end, the ARCHI key makes it possible to carry out a double diagnosis, that of the stage of development and that of the physiological state. The final result is considered fully operational and can be disseminated to managers through training.

At the same time, the aim was to explore the potential of remote sensing for mapping the health status of the chestnut forest by distinguishing healthy stands from declining stands. The work focused on the processing of Sentinel-2A satellite imagery. We therefore sought to analyze, for one year of data (2016), the spatial variability of the state of the chestnut coppice surfaces. The objective was to develop a statistical model, integrating three types of variables: *i*) the 10 spectral bands at 10 and 20 m (visible, Red Edge, PIR and MIR), *ii*) 36 vegetation indices calculated from these 10 spectral bands and chosen for their potential to translate plant activity, productivity, water content or the content of leaf pigments, and finally *iii*) 5 biophysical parameters (Blcv, Glcv, fApar, GLAI and Wat) estimated by applying models

simulating radiative transfer in vegetation with Overland software (Airbus DS). Several predictive models of decline were constructed from these 51 variables. Their calibration was carried out thanks to field observations of the health status of the stands made according to two approaches, by application of the ARCHI diagnosis and expert rating (CRPF). A first level of analysis allowed to select the most significant variables for the construction of the models and to show the importance of their contribution to the prediction. A validation step could be carried out from a second field campaign. The best Kappa (0.64) is obtained from the ARCHI references and with the July image. A final selection is proposed with the 8 models presenting the best predictions. Maps have been established for these different models.

The conclusions of this study are that the results from the Sentinel-2 data processing are promising and several observations can serve as a basis for further work on this topic.

The use of this type of information, even if it is still too early, could be considered to define action priorities depending on the stages of decline.

Authors' detail:

¹ CNPF-IDF 13 avenue des droits de l'homme 45921 Orléans Cedex 9 - France

² Dynafor, Toulouse University, INRA, INPT, INP-PURPAN, Castanet-Tolosan, France

Casteldiag

Faisabilité du diagnostic de l'état sanitaire des peuplements par télédétection Exemple du châtaignier en Dordogne

Michel Chartier (CNPFF-IDF – coordinateur du projet) Véronique Chéret (Dynafor PURPAN)



Constats



- Le châtaignier, 3e essence feuillue de France en surface, (50% de la surface mondiale de la châtaigneraie à bois),
- En Dordogne, le châtaignier, en essence principale de production, représenterait, selon les sources entre 60 000 ha (données IFN-IGN ancienne méthode) et 100 000 ha.
- Mais cette essence est à la fois malade (cause identifiée et reproductible) et déperissante : sans pour autant pouvoir chiffrer les surfaces impactées.
- Le changement climatique augmente les risques de mortalité pour le châtaignier.
- La méthode d'analyse architecturale des arbres (ou méthode ARCHI), élaborée par le CNPF-IDF permet de diagnostiquer les anomalies du développement (écarts à la normale) ainsi que les processus de résilience (retours à la normale).
- Les perceptives d'amélioration et d'interprétation des mesures d'activité et de vitalité des peuplements forestiers faites par télédétection reposent sur de nouveaux produits, en particulier des séries temporelles d'images Sentinel-2, qui ont une résolution spatiale de 10m et dont l'acquisition est effective depuis août 2015.

Les enjeux/questions

Question du gestionnaire : *peut-on suivre l'évolution de l'état de santé (vitalité) des peuplements forestiers dans le temps?*

- créer un outil d'évaluation de l'état sanitaire des taillis de châtaignier,
- constituer une méthode cartographique permettant de suivre annuellement, à partir d'images satellites, la réponse des taillis de châtaignier aux aléas biotiques et abiotiques

=

Programme CastelDiag (IGN, CNPF, DSF, UMR Dynafor)
financé par le RMT AFORCE pour 2016-2018

Deux approches

La méthode d'analyse architecturale des châtaigniers (ou méthode ARCHI), élaborée par le CNPF-IDF vise à diagnostiquer :

- les anomalies du développement (écarts à la normale)
- les processus de résilience (retours à la normale),

Perceptives d'amélioration et d'interprétation des mesures d'activité des peuplements forestiers faites par télédétection à partir de séries temporelles d'images.



Différentes étapes

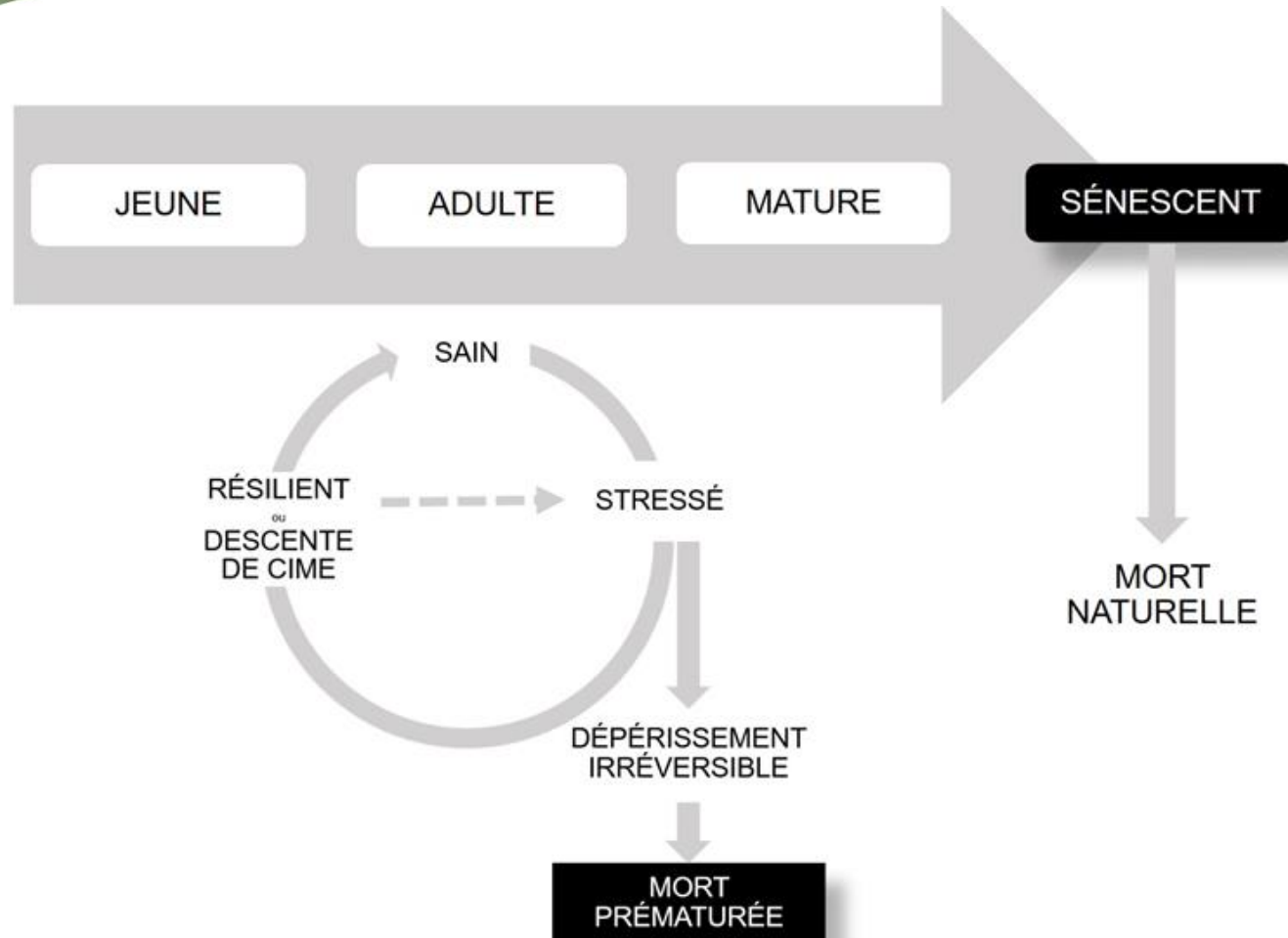
- Etape 1 : adaptation de la méthode ARCHI aux taillis de Châtaignier
- Etape 2 : méthode de traitement d'une série d'images satellites pour discriminer les peuplements sains des peuplements dépérissants
 - ✓ à partir de différentes variables de télédétection
 - ✓ et calibrés à partir des parcelles d'observation terrain (notation ARCHI et « à dire d'expert »).

Etape 1

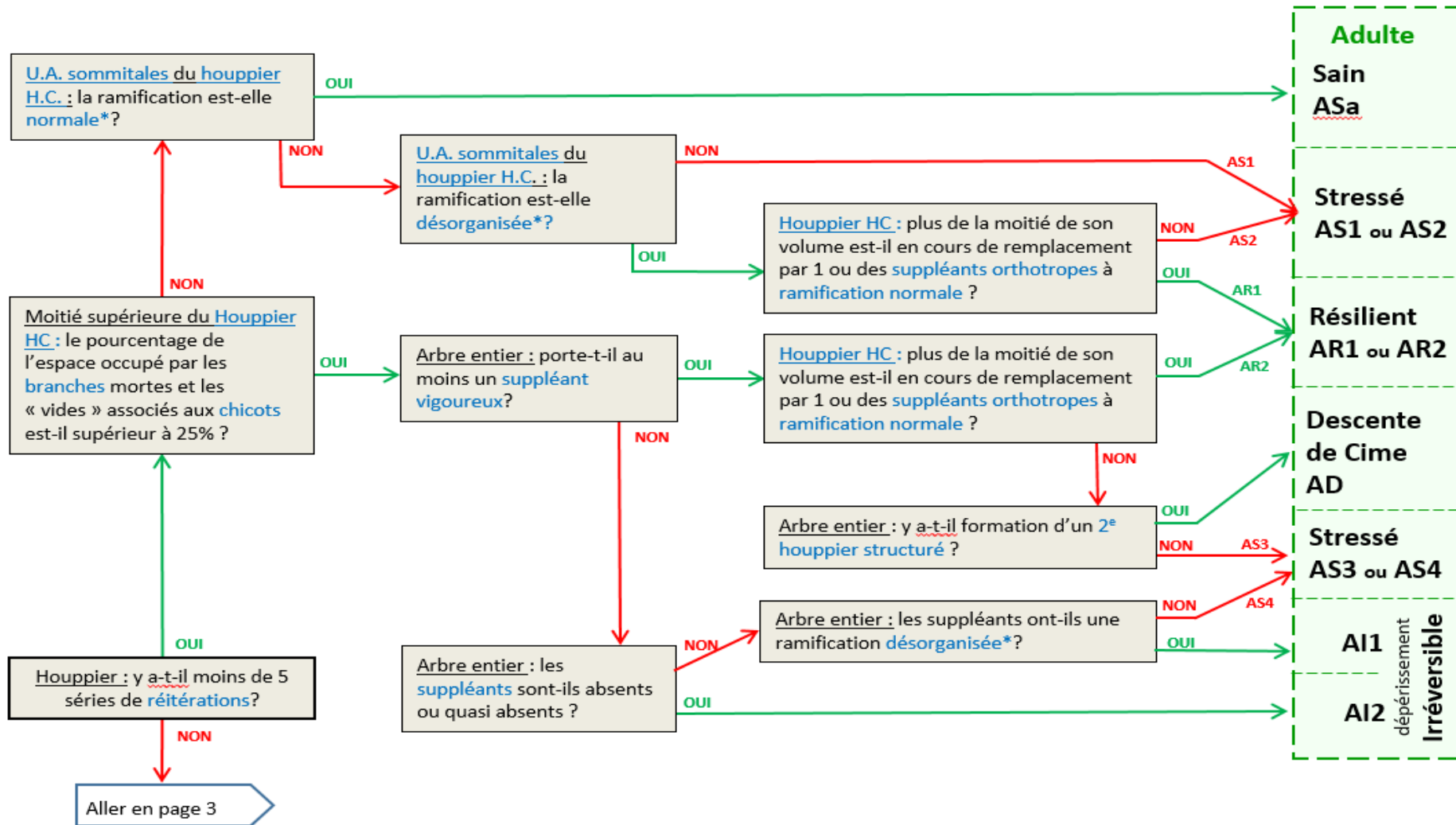
LA MÉTHODE ARCHI



Double diagnostic de la clé ARCHI



Clés ARCHI

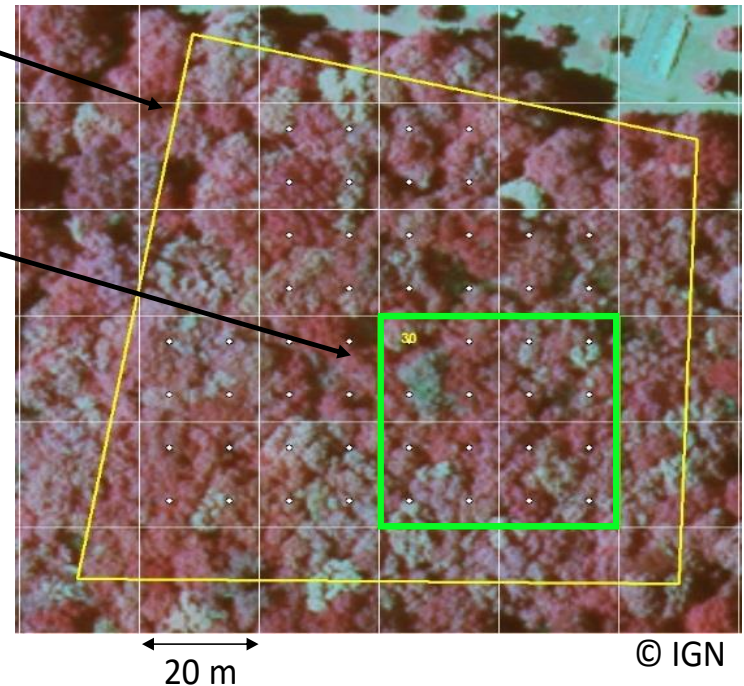


*:avec une tolérance de quelques UA (ou suppléants) à ramification appauvrie

Données de référence terrain

Parcelle
d'observation CRPF

Placette
d'observation ARCHI
(30 arbres sur 4
pixels)



60 placettes et parcelles pour la
calibration (campagne 2017)

100 placettes et parcelles pour la
validation (campagne 2018)

Avec notation en classes de
déperissement

Résultats des observations terrains

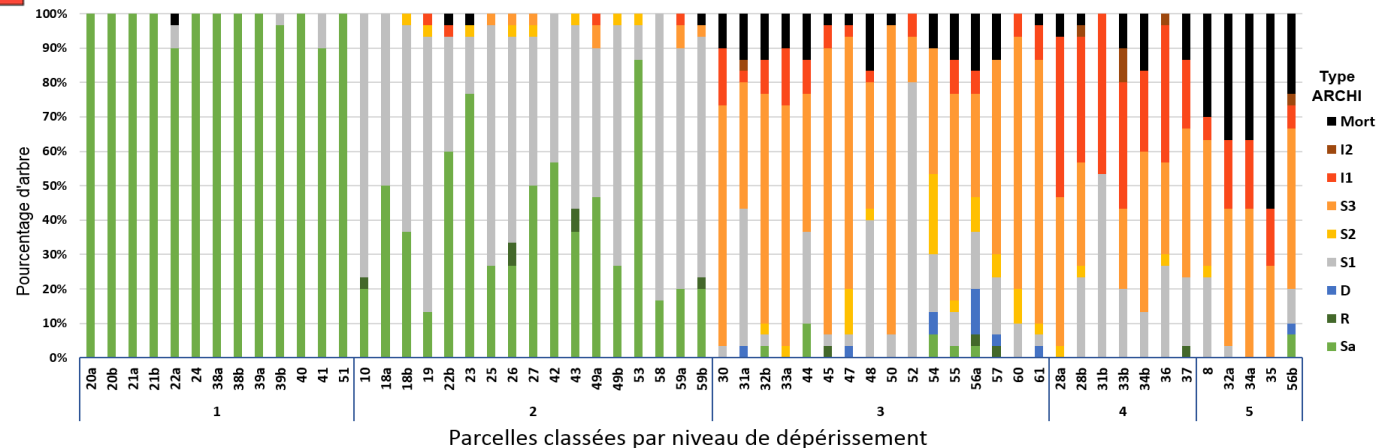
Classes de dépérissement

- Pour les références CRPF
5 classes de dépérissement

Classe de dépérissement observée à dire d'expert (en % - cf p10)	Classe de dépérissement utilisée pour l'analyse spatiale
0-10	1
10-30	2
30-50	3
50-80	4
80-100	5

- Pour les références ARCHI : affectation d'un niveau de dépérissement en fonction des proportions des types ARCHI - 5 classes de dépérissement

Classe 1	Sa+R	$\geq 90\%$	
Classe 2	Sa+R+S1	$\geq 90\%$	avec (Sa+R) < 90%
Classe 3	Sa+R+S1+S2+S3+D	$\geq 70\%$	avec (Sa+R+S1) < 90%
Classe 4	I1+I2+M	> 30%	avec M < 20%
Classe 5	M	$\geq 20\%$	





Etape 2 : Utilisation des données Sentinel-2

Sentinel-2

Mission optique à haute résolution spatiale

Sentinel-2A lancé en juin 2015 (Sentinel-2B depuis mars 2017)

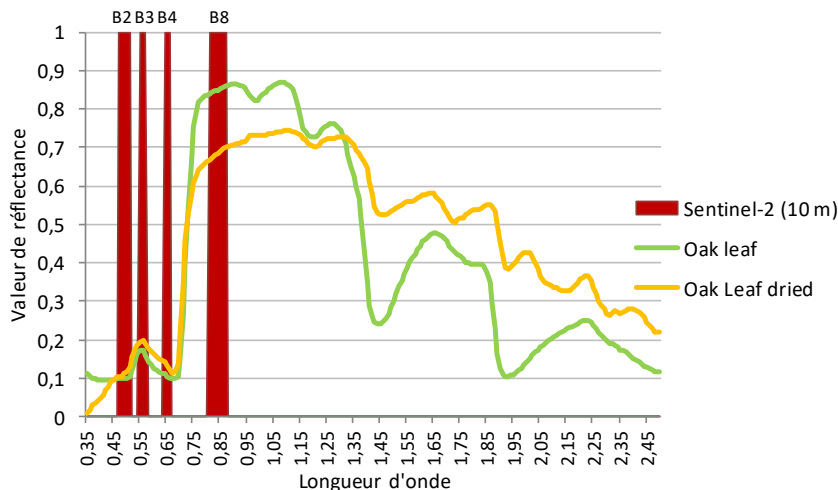
Grande couverture : 290 km de fauchée - tuile 100km x 100km

Fréquence de revisite : 5j avec les deux satellites

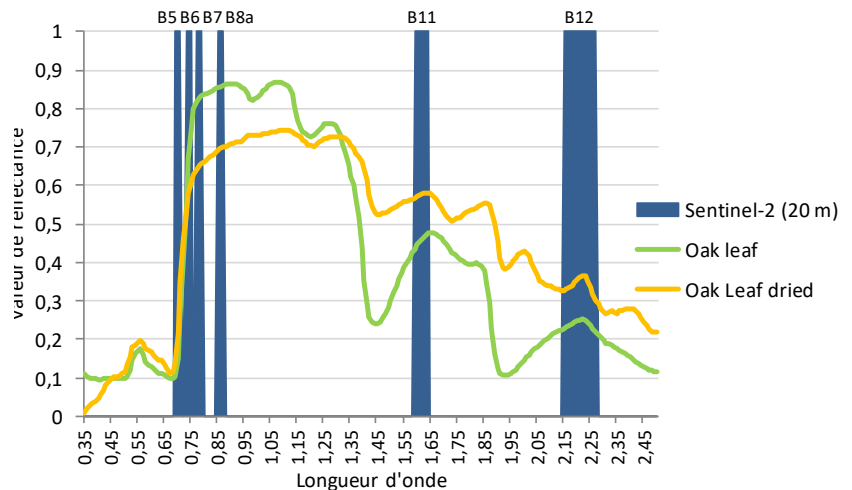
Richesse spectrale : 10 bandes spectrales pour l'obs. de la végétation

Résolution spatiale : 10 et 20 m

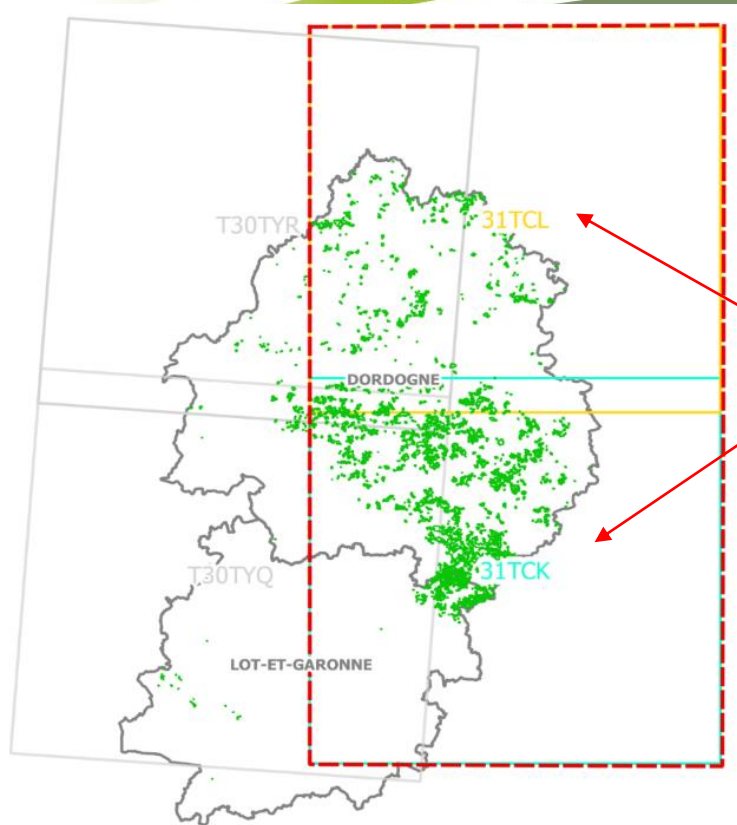
4 bandes à 10 m dans le visible et le PIR



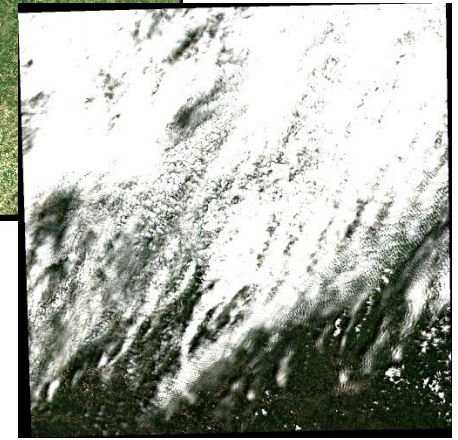
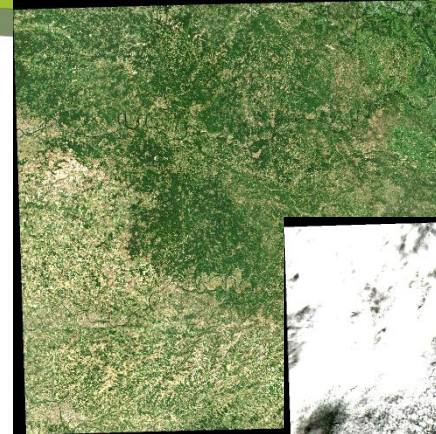
6 bandes à 20 m dans le Red Edge, PIR et MIR



Données images



2 Tuiles de la
zone UTM 31



Des images mais
beaucoup de nuages !

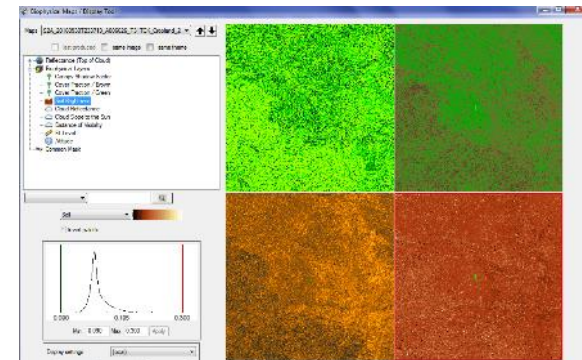
2 dates utilisées

30/07/2016

28/09/2016

Variables de télédétection

- ▶ Valeurs des **10 Bandes spectrales** (B2 à B10)
- ▶ **36 Indices de végétation** :
 - Indices liés à l'activité végétale, la productivité, la teneur en eau ou encore la teneur en pigments foliaires : NDVI, NDWI, GNDVI, NDII, NBR, Clgreen....
- ▶ **5 Variables biophysiques** : inversion de modèle de transfert radiatif
 - BLCV : fraction du sol couverte par de la végétation brune,
 - GLCV : fraction du sol couverte par de la végétation verte,
 - fAPAR : fraction absorbée du rayonnement photosynthétiquement actif,
 - GLAI : indice de surface foliaire verte,
 - WAT : teneur en eau des feuilles.

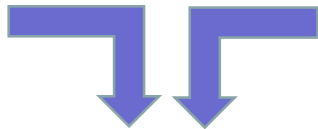
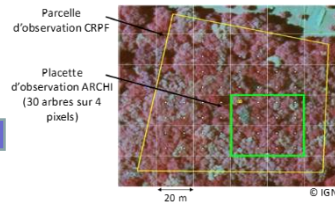


Logiciel Overland (AIRBUS DS)

Méthodologie

Calcul des variables de télédétection pour les 2 dates d'image

Références pour la calibration



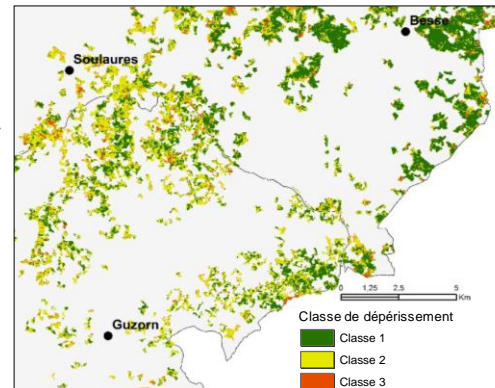
Sélection des var. les plus significatives
Construction et sélect. des modèles prédictifs

Cartographie des classes de dépérissement

Nouvel échantillonnage terrain
Références pour la validation

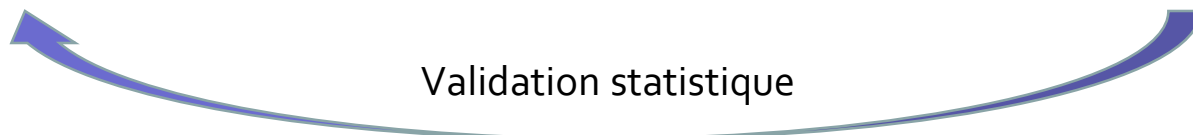
Placettes ARCHI – Images de Juillet (sans les paramètres biophysiques)

Les meilleurs modèles selon AICc	AICc	MC	MCcv	AICc	CHI2cv
NBR + GNDVI + B3 + B8 + B8a	40.8	5	8	178.5	44.8
NBR + GNDVI + B8 + B8a	42.1	8	10	113.3	45.0
Les meilleurs modèles selon CHI2cv					
GNDVI + B8a	48.7	10	12	60.7	50.0
NDWI + B8a	49.2	10	11	63.1	50.5
Les meilleurs modèles selon MCcv					
NBR + GNDVI + B3 + B8 + B8a	40.8	5	8	178.5	44.8
NBR + GNDVI + B3 + B8 + B8a + B6	41.2	7	8	271.3	46.5
Placettes ARCHI – Images de Juillet (avec paramètres biophysiques)					
Les meilleurs modèles selon AICc					
fAPAR + NDII + B8a	44.0	6	11	109.0	46.0
fAPAR + NDII + B8 + B8a	43.3	6	8	120.7	46.1
Les meilleurs modèles selon CHI2cv					
GNDVI + GLAI	48.0	12	13	51.9	49.3
NDWI + GLAI	49.1	9	13	53.7	50.4
Les meilleurs modèles selon MCcv					
fAPAR + NDII + B8 + B8a	43.3	6	8	120.7	46.1
NDII + GNDVI + B8 + GLAI + B8a	44.2	7	8	96.3	48.2
NDII + GNDVI + B8 + B8a	44.9	9	11	85.1	47.8



Choix des meilleurs modèles

Validation statistique



Les questions posées



Variables télédétection les plus significatives ?

- Apport de la diversité spectrale ?
- Apport des variables biophysiques ?

Quelles dates d'image ?

Différences liées aux références terrain ?

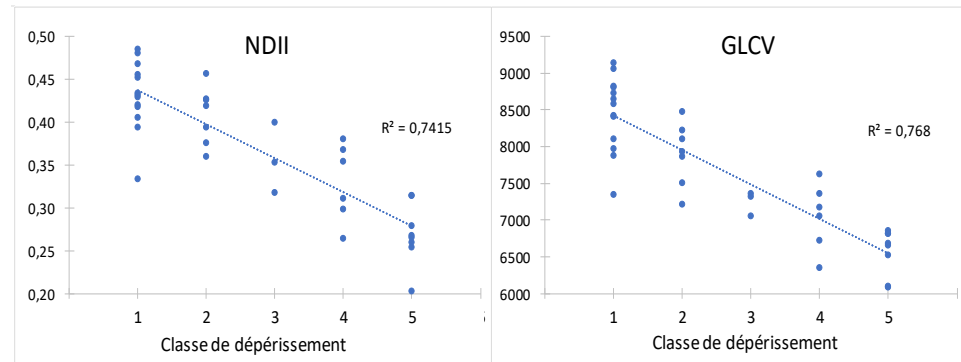
Résultats

- Contribution des variables

Variables sélectionnées

Modalité « notation experte CRPF »	Bandes	Indices	Paramètres biophysiques
Image de juillet	B6, B7, B8, B8a	NDII, S2REP, DVI, NDWI, NBR, NDVire2n, Clgreen	GLCV, WAT, GLAI
Image de septembre	B6, B7, B8, B8a	IRECI, GRVI, NDII, NBR, DVI, NDVire2	GLAI, GLCV, WAT
Image de juillet (J.) + septembre (S.)	S.B6, S.B7, S.B8, S.B8a, J.B6, J.B7, J.B8a	J.NDII, S.DVI, J.NDVire2n, S.NDII	J.GLCV, J.GLAI
Modalité « notation ARCHI »			
Image de juillet	B3, B4, B6, B7, B8, B8a	CR12, NDWI, GNDVI, NBR, NDII	GLAI, GLCV, fAPAR
Image de septembre	B4, B8a, B12	SWIR32, Clgreen, GNDVI, NDWI, NDVI, S2REP, GRVI, NBR, NDII, IRECI, NDVire2, MSR	WAT, GLCV, GLAI
Image de juillet (J.) + septembre (S.)	S.B8a, J.B6, J.B7, J.B8, J.B8a	S.GNDVI, S.Clgreen, S.NDVire2n, S.SWIR32, S.IRECI, S.S2REP, S.MTCI, S.DVI	S.fAPAR, J.GLAI

Parcelles CRPF – Image de Juillet



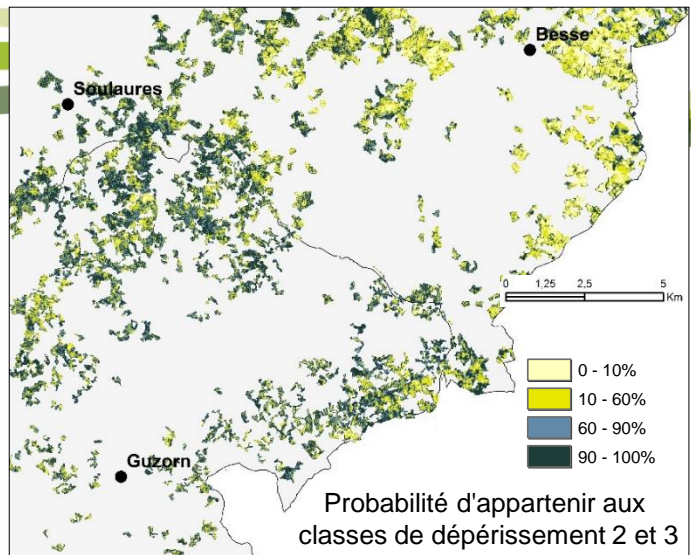
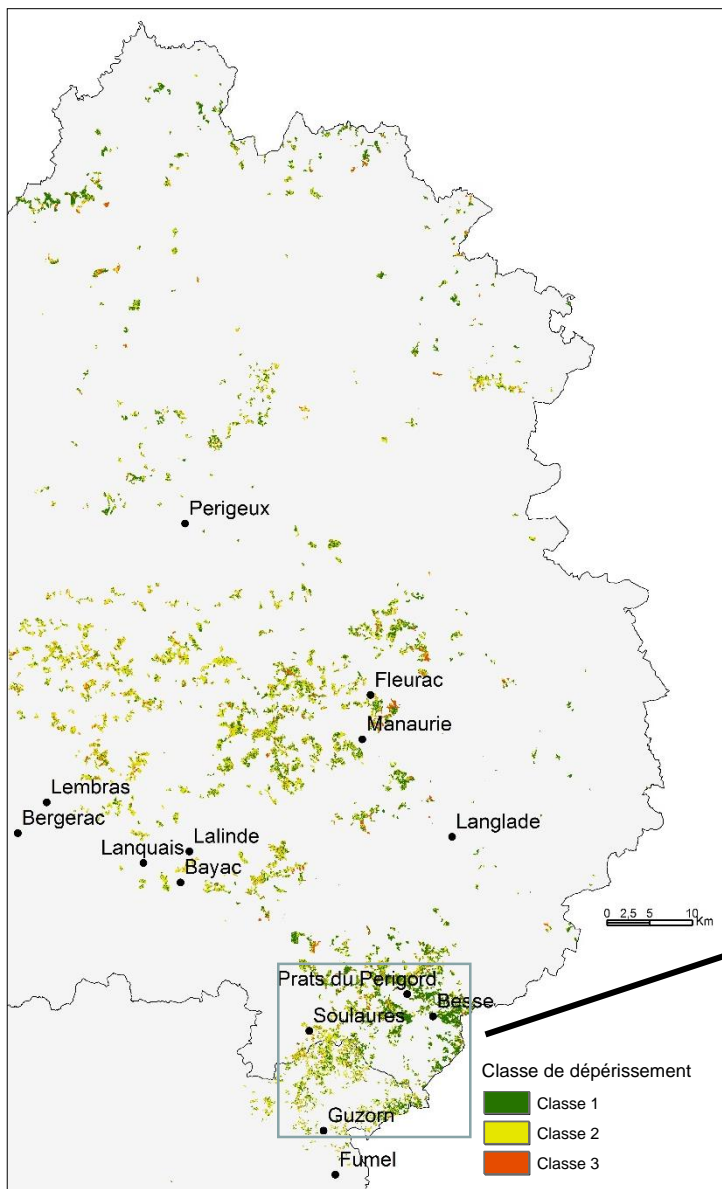
- l'apport des bandes spectrales du Red Edge (**B6** et **B7**) et du PIR (**B8** et **B8a**) est importante.
- 9 Indices de végétation les plus fréquemment retenus pour les meilleurs modèles : **NDII, NDWI, NBR, S2REP, NDVire2n, DVI, Clgreen, CR12, GNDVI**
- les paramètres biophysiques interviennent assez peu dans les meilleurs modèles (**GLAI** dans quelques modèles de juillet et **WAT** dans quelques modèles de septembre).

Résultats

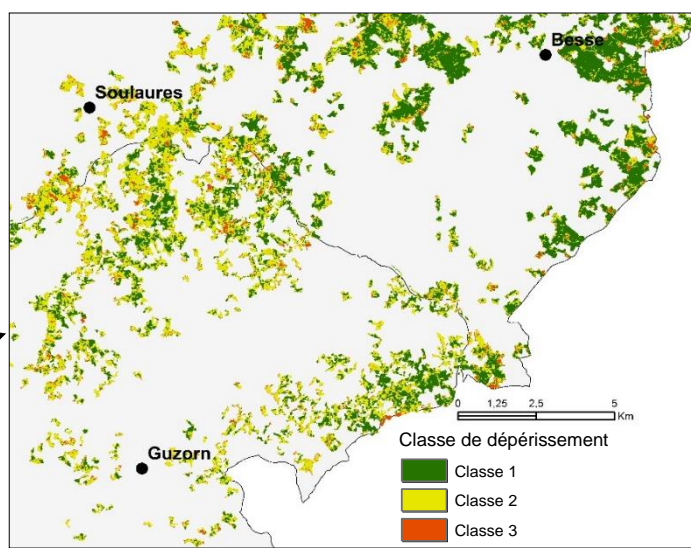


- les valeurs de l'indice de Kappa varient de 0,23 à 0,64
- les meilleurs Kappa obtenus
 - à partir des références ARCHI,
 - avec l'image de juillet,
 - pour un modèle à 3 ou 2 classes (sains/dépérissants).
- la contribution de l'image de septembre n'est pas significative

Cartographie



carte de probabilité d'être dépérissant (*appartenance aux classes 2 et 3*)



carte classée en 3 classes de dépérissement (1 = sain)

Les conclusions



- La clé ARCHI Châtaignier, utilisée dans la phase de validation du modèle est jugée pleinement opérationnelle. Elle peut dès maintenant être diffusée aux gestionnaires professionnels via des stages de formation.
- Les résultats issus du traitement des données Sentinel-2 sont prometteurs et plusieurs constats peuvent servir de base à la poursuite des travaux sur ce sujet.

Les perspectives



Poursuites côté DYNAFOR :

- Amélioration prédiction (utilisation série temporelle Sentinel-2A + Sentinel-2B)
- Poursuite exploitation archives Modis (série 2000-2018) / données climatiques spatialisées

Perspectives côté CNPF :

- Utilisation des modèles pour les missions de conseils (sain : continuité de la production de bois, autres cas : diagnostic du conseiller forestier afin d'envisager le renouvellement ou l'amélioration du peuplement)
- Combiner avec d'autres sources d'informations (climat, sol etc...) : Mettre en lien l'état sanitaire avec la station, réaliser un pré diagnostic sur l'origine du dépérissement (climat-sol-gestion),