

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



13 min

¹ Dynafor – Unité mixte de recherche Dynamiques et écologie des paysages agroforestiers — Université de Toulouse, INRA, INPT, INP-PURPAN, Castanet-Tolosan, France.

Par Véronique Chéret, Michel Goulard et Yousra Hamrouni, Dynafor¹ et Michel Chartier, CNPF-IDF

Repérer des peuplements dépérissants grâce aux images satellites, est-ce possible ? Un ambitieux projet Casteldiag vise à identifier des classes de dépérissement de châtaigniers en Dordogne grâce à des images satellites.

⁴ Constellation de satellites Sentinel -1 et -2 dédiés à l'observation de la Terre.

Les dépérissements forestiers préoccupent les professionnels de la filière et posent de façon cruciale la question du diagnostic de l'état de santé des arbres. Le châtaignier en est un bon exemple. L'arrivée de nouvelles séries temporelles d'images telles Sentinel-2 donne à penser qu'un suivi de l'état sanitaire de la végétation par télédétection est possible.

Le châtaignier comme cas d'étude

Le châtaignier, 3^e essence feuillue de France en surface, est quasiment intégralement situé en forêt privée. Avec environ 50 % de la surface mondiale de la châtaigneraie à bois, la France y est un acteur économique incontournable. Cependant, le châtaignier apparaît être l'essence feuillue la plus touchée par des mortalités de branches (DSF, IGN²).

De nombreux châtaigniers malades et dépérissants sont observés par les correspondants observateurs du DSF, sans pour autant pouvoir chiffrer les surfaces atteintes. Le changement climatique augmente les risques de mortalité pour le châtaignier. En effet, l'accentuation du déficit hydrique peut impacter des peuplements déjà en limites stationnelles. Certains parasites profiteront également de la diminution des froids hivernaux comme le *Phytophthora* et le chancre³.

² *Dépérissement et mortalité : un éclairage de la situation en France.* If n° 16, 3^e trimestre 2007

³ Marçay *et al.*, 2007

Des outils à adapter/explorer

Les perspectives de discrimination par télédétection des peuplements sains des peuplements dépérissants, selon différents niveaux d'intensité reposent sur de nouveaux produits, en particulier ceux issus des missions Sentinel-2⁴ dédiés à l'observation de la terre. L'enjeu est d'élaborer des méthodes de traitement de ces nouvelles séries d'images acquises depuis 2015, pour suivre le fonctionnement de la végétation forestière et calculer des indicateurs d'état. Encore peu de travaux utilisent des images à haute résolution spatiale pour la détection du dépérissement forestier et plus largement des impacts du changement climatique.

Un programme de recherche nommé Casteldiag

Le projet Casteldiag, financé par le RMT Aforce, vise la détermination de l'état sanitaire d'un peuplement par télédétection en complément d'un diagnostic de terrain selon une méthode adaptée aux taillis de châtaignier. Le département de la Dordogne a été choisi comme zone d'étude. Le projet réunit le CNPF, le DSF, le groupe de travail châtaignier de l'IDF, l'IGN et l'UMR Dynafor.

La méthode d'analyse architecturale des arbres ou méthode Archi, élaborée par le CNPF-IDF (Drénou *et al.*, 2015) diagnostique les anomalies du développement (écarts à la normale) et les processus de résilience (retours à la normale).

La mise au point de la clé Archi châtaignier s'est appuyée sur des travaux antérieurs réalisés en Corse (Pavie *et al.*, 2008) et sur une étude de terrain faite dans les Pyrénées Orientales. L'outil se présente sous forme d'une clé à multiples questions fermées se terminant par le résultat correspondant à l'état du rejet de taillis.

Les objectifs du projet sont de :

- 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. Seul le deuxième objectif est détaillé dans cet article.

La télédétection pour évaluer l'état sanitaire

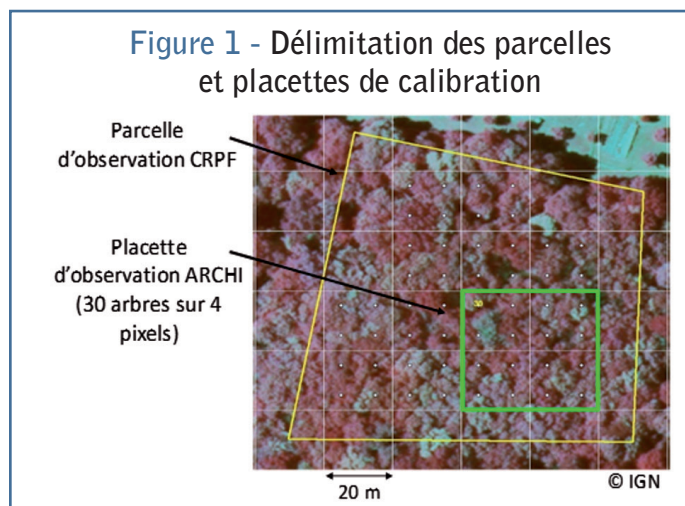
Il s'agissait d'explorer le potentiel de la télédétection pour la cartographie de l'état sanitaire de la châtaigneraie, en distinguant les peuplements sains des peuplements dépérissants⁵. Le travail a porté sur le traitement des images du satellite Sentinel-2A à haute résolution spatiale.

Pour les données Sentinel-2 et contrairement aux séries d'images Modis à moyenne résolution spatiale (disponibles depuis 2000), il n'y a pas d'archive qui puisse permettre de détecter des baisses significatives de vitalité des peuplements selon une méthode développée pour la cartographie de l'état de peuplements de résineux (Lambert *et al.*, 2013). Nous avons donc cherché à analyser, pour une année de données (2016), la représentation spatiale de l'état des surfaces en taillis de châtaigniers. L'objectif a été d'élaborer des modèles statistiques, intégrant plusieurs indices de végétation et des paramètres biophysiques.

Du terrain pour des références solides

La calibration des modèles a été réalisée sur la base de références terrain de l'état sanitaire des peuplements faites selon deux approches (figure 1) :

- par notation du niveau de dépérissement de 62 parcelles, évalué à dire d'expert (estimation visuelle d'un pourcentage de tiges présentant des signes de dépérissement). Elles sont nommées par la suite « parcelles CRPF » ;
- par application du diagnostic Archi adapté à la châtaigneraie sur 58 placettes d'une surface unitaire couvrant 4 pixels d'une image Sentinel-2 (0,16 ha), avec pour chacune un diagnostic de 30 brins. Une valeur de dépérissement a été attribuée à chaque « placette Archi » selon les proportions de types Archi identifiés sur celles-ci.



Source : IGN

Pour les besoins de l'analyse spatiale, les 5 classes de dépérissement initialement identifiées par les observations terrain ont été regroupées en 3 et 2 classes.

⁵ Un peuplement dépérissant est composé d'arbres présentant une détérioration de leur état général.

Les données Sentinel-2

Le potentiel de Sentinel-2 réside en premier lieu dans sa richesse spectrale. Ce capteur acquiert 10 bandes spectrales utiles à l'observation de la végétation : 4 bandes à 10 m de résolution spatiale dans le visible et le proche infra-rouge (PIR), et 6 bandes à 20 m (*Red-Edge*⁶, PIR et moyen infrarouge [MIR]). La fréquence d'acquisition est également un atout majeur, avec un temps de retour de 10 jours pour Sentinel-2A (5 jours avec Sentinel-2B lancé en mars 2017). Deux tuiles (de dimension 100 x 100 km) permettent de couvrir la quasi-totalité de la surface occupée par la châtaigneraie en Dordogne (figure 2).

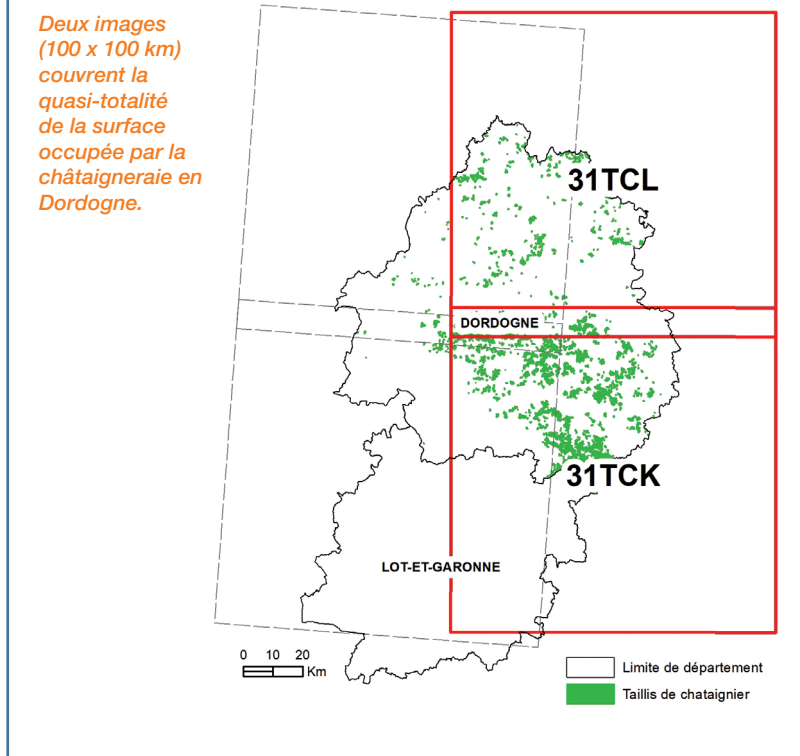
⁶ Partie du spectre électromagnétique située dans la zone de transition rouge et proche de l'infrarouge.

De manière assez logique, les images les plus pertinentes se situent sur la période de feuillaison (activité végétale). De mars à septembre 2016, 5 dates d'images sont disponibles, mais 3 ont dû être écartées pour cause d'abondance de nuages ou de localisation des nuages sur les parcelles de référence terrain. Les images utilisées sont celles du 30/07/2016 et du 28/09/2016.

L'analyse spatiale

Au total, 36 indices de végétation, choisis pour leur potentiel à traduire l'activité végétale, la productivité, la teneur en eau ou encore la teneur en pigments foliaires ont été calculés à partir des images Sentinel-2 (NDVI, NDWI, GNDVI, NDII, NBR, Cgreen...).

Figure 2 - Emprise des images Sentinel-2 utilisées (tuiles 31TCL et 31TCK) pour la zone d'étude



Avec les mêmes images, l'estimation de paramètres biophysiques a été obtenue par application de modèles simulant le transfert radiatif dans la végétation. Avec le logiciel *Overland* développé par Airbus Defense and Space⁷, 5 paramètres biophysiques pour caractériser les peuplements ont été calculés :

- 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.

⁷ Airbus Defense and Space est l'une des trois divisions du groupe Airbus, spécialisée dans les avions militaires, les drones, les missiles et les lanceurs spatiaux et satellites artificiels.

Avec les 10 bandes spectrales, le nombre de variables de télédétection s'élève à 51. Pour certaines de ces variables, on a pu observer des corrélations hautement significatives avec les classes de dépérissement (figure 3).

La démarche d'analyse spatiale et statistique (figure 4) repose sur une première étape de sélection des variables. Les plus significatives sont utilisées pour la construction de modèles prédictifs, calibrés à partir des références terrain. C'est après une étape de validation reposant sur une deuxième campagne de terrain (d'une centaine de références) que les meilleurs modèles sont choisis en fonction de critères statistiques.

Par cette approche, le premier constat que l'on peut faire concerne la contribution des bandes spectrales. Ce sont les bandes spectrales B6 et B7 du Red-Edge, B8 et B8a du PIR qui sont le plus fréquemment retenues dans les modèles. Cela confirme l'importance des mesures de réflectance dans cette partie du spectre électromagnétique pour la caractérisation de l'état des peuplements. Celles-ci sont fortement liées à l'importance de l'activité végétale. La contribution des bandes B11 et B12 du MIR, sensibles à l'humidité, est par contre secondaire.

On a identifié les indices de végétation les plus fréquemment retenus pour les meilleurs modèles qui sont : NDII, NDWI, NBR, S2REP, NDVIre2n, DVI, Clgreen, CRI2, et GNDVI.

En ce qui concerne les paramètres biophysiques, ceux-ci interviennent assez peu dans les meilleurs modèles. C'est essentiellement le GLAI que l'on retrouve dans quelques modèles établis avec l'image de juillet.

Figure 3 - Exemple de corrélations significatives entre 3 variables de télédétection et la classe de dépérissement (Parcelles CRPF, image de juillet)

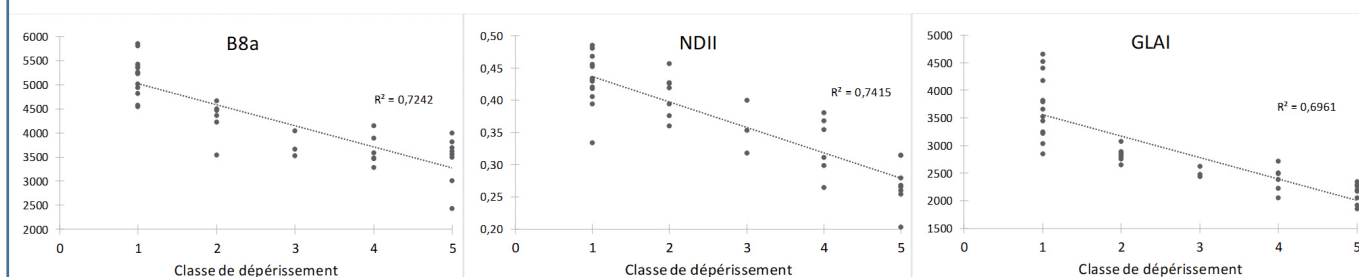
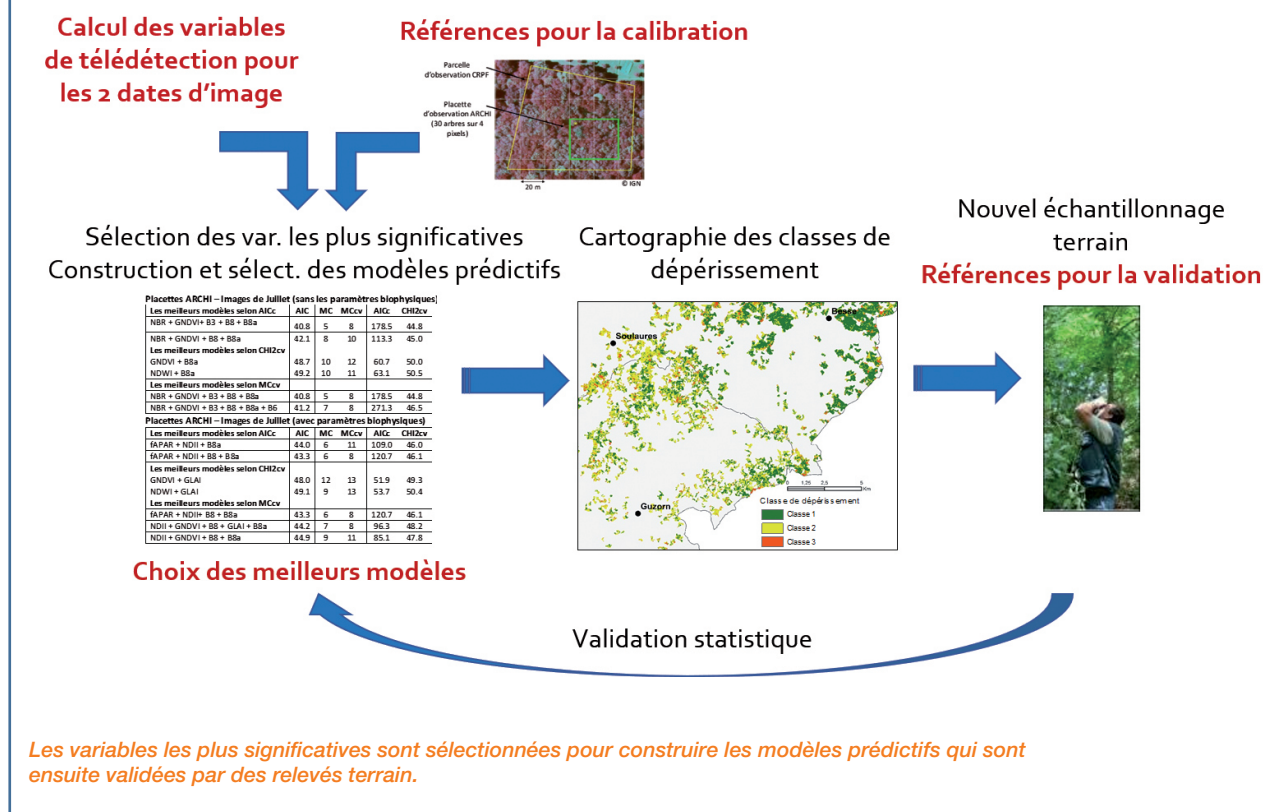


Figure 4 - Schéma méthodologique



Au final, les 8 modèles présentant les meilleures prédictions sont retenus. Ils sont tous issus de l'image de juillet et proposés pour distinguer 2 ou 3 classes, à partir des références Archi ou CRPF. Un des critères de qualité est l'indice de Kappa qui varie de 0,37 à 0,64. Le meilleur résultat (0,64) est obtenu à partir des références Archi, avec l'image de juillet, et pour une classification en deux niveaux (sain/dépérissant).

Conclusions

Les résultats issus du traitement des données Sentinel-2 sont prometteurs. Plusieurs constats peuvent servir de base à la poursuite des travaux sur ce sujet.

L'utilisation de ce type d'information, même si c'est encore prématuré, pourrait être envisagée selon les deux niveaux de modèles :

► pour les modèles à 3 classes, des diagnostics complémentaires sont à prévoir en priorité pour les classes de dépérissement notées 2 (avenir incertain selon le modèle de télédétection) afin d'évaluer les raisons et potentiellement prévoir des améliorations du peuplement (éclaircies etc.). Les parcelles

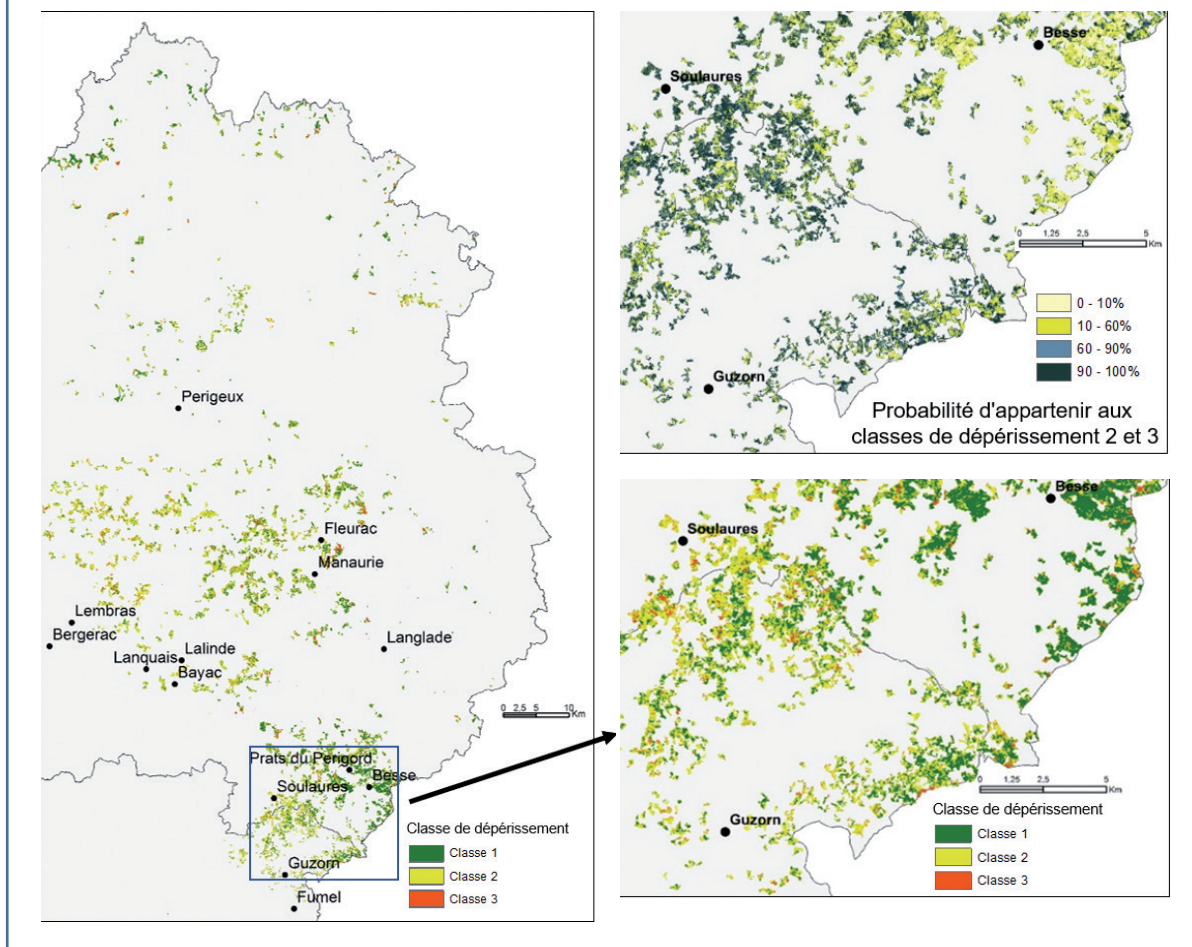
classées 3 ont un avenir déjà compromis et le renouvellement du peuplement (par parcelle ou par zone) sera ici au cœur des préoccupations. La classe 1 ne présente pas de problèmes sanitaires particuliers, mais mérite une attention sylvicole pour assurer une production de bois de châtaignier de qualité et maintenir cette ressource au risque de basculer dans un stade de dépérissement.

► les modèles à 2 classes mettent en avant la localisation des parcelles, classés 2, nécessitant un diagnostic du conseiller forestier afin d'envisager le renouvellement ou l'amélioration du peuplement. L'information est ici moins détaillée que dans les modèles à 3 classes, mais permet d'axer sur les priorités du technicien de secteur.

Pour confirmer et consolider le modèle de prédiction de l'état des châtaigneraies de Dordogne, il serait souhaitable de refaire un travail de calibration et de validation avec des images de 2018 et le jeu de référence terrain de cette même année.

La robustesse de ces modèles serait également à éprouver sur un autre territoire. ■

Figure 5 - Exemple de carte classant en 3 niveaux d'état sanitaire (modèle parcelles CRPF) les peuplements de châtaignier et de carte de probabilité d'être dépérissant (appartenance aux classes 2 et 3)



À retenir

Le projet Casteldiag évalue l'état sanitaire des taillis de châtaignier en Dordogne, par interprétation d'images satellites, en utilisant des références terrain de l'état des peuplements. L'intérêt du projet est d'étudier la richesse spectrale et les dates d'acquisition des images Sentinel-2. Les modèles cartographiques retenus définissent 2 ou 3 niveaux d'état sanitaire des châtaigneraies. Les résultats obtenus sont prometteurs.
Mots-clés : télédétection, état sanitaire, châtaigneraies, Dordogne.

Références :

Drénou C., Bouvier M., & Lemaire J., 2015. The diagnostic method ARCHI applied on declining pedunculate oaks. *Arboricultural Journal*, 37 (3), 166-179.

Lambert J., Drénou C., Denux J.P., Gérard B., & Chéret V., 2013. Monitoring forest decline through remote sensing time series analysis, *GIScience & Remote Sensing*, 50 (4), 437-457.

Remerciements :

Financier : RMT AFORCE
Partenaires : IGN, DSF
Contribution : Airbus DS

