

## Encre du châtaignier en forêt de Montmorency, la télédétection comme outil de cartographie des dommages

### Contexte

#### *La maladie de l'encre*

Après avoir participé à la régression de la châtaigneraie à fruit au cours du XIXe siècle, la maladie de l'encre est devenue récemment un problème majeur en forêt de châtaignier. Elle est causée par deux agents pathogènes (des phytophthoras) qui se développent dans le sol et entraînent des nécroses sur les racines. La maladie est favorisée par l'alternance de périodes humides, pendant laquelle les phytophthoras se développent et se déplacent facilement dans le sol, et de périodes de sécheresses au cours desquelles les châtaigniers atteints n'ont plus le système racinaire suffisant pour s'alimenter en eau. Ainsi, la maladie a bénéficié de conditions climatiques favorables entre 1999 et 2002, que la sécheresse de 2003 a révélé à travers plusieurs cas de dépérissement de l'essence. Les signalements se sont depuis multipliés dans l'ouest de la France, mais les conditions climatiques actuelles et futures sont favorables à l'établissement de l'encre dans le sol sur la quasi-totalité du territoire (pour plus d'[information](#)).

#### *En forêt de Montmorency*

La forêt de Montmorency, située à quelques dizaines de kilomètres de Paris, a la particularité, en plus d'être la plus grande forêt du Val d'Oise, d'être constituée d'une surface en châtaigniers importante qui représente 70 % des 2000 ha de la partie publique de la forêt. Malgré une variation de ses types de sols relativement importante expliquée par la topographie, ils sont globalement riches et adaptés à la production de châtaignier même si l'hydromorphie engendrée par les nappes souterraines peut être contraignante et le climat de moins en moins adapté.

Si des signes de dégradation des châtaigniers sont apparus lors de l'été 2015, c'est bien en 2016 avec un printemps pluvieux et un été sec que la problématique s'est complètement révélée. Le mécanisme décrit plus haut explique en grande partie cette explosion sur la forêt de Montmorency avec une dispersion printanière du pathogène et un impact estival sur les arbres en période de sécheresse. Face au développement de l'encre du châtaignier, la forêt de Montmorency est vulnérable du fait de la part importante de l'essence sur la forêt, de la densité historique des peuplements et de leur vieillissement.

Dans cette situation de crise, le gestionnaire a besoin, au-delà de la connaissance technique du sujet, d'éléments chiffrés d'évolution de la problématique pour prendre ses décisions. C'est pourquoi l'Office National des Forêts a noué un partenariat avec le Département de la Santé des Forêts et les pathologistes forestiers de l'INRAE dès le début des événements. La cartographie des peuplements atteints et leur évolution est un élément important dans la priorisation des actions.



Mortalités de châtaigniers en forêt de Montmorency en août 2019

## Cartographie des dépérissements à l'aide de la télédétection

Ces dernières années, d'importants projets structurants à l'échelle européenne (programme Copernicus de l'agence spatiale européenne) et française (pôle surfaces continentales Theia) permettent un accès facilité à de nombreuses images satellitaires. Les images à haute résolution spatiale des satellites Sentinel-2 de l'ESA (10 et 20 mètres selon les bandes spectrales) sont prétraitées (géoréférencement, corrections des effets atmosphérique et topographique) et mise à disposition gratuitement ([www.theia-land.fr](http://www.theia-land.fr)). Elles constituent une source d'information très intéressante pour le suivi des problèmes sylvo-sanitaires car, de façon concomitante, se développent des outils libres pour leurs traitements (exemple : OrfeoTool Box développé par le Cnes).

Toutefois, le suivi des dépérissements des châtaigneraies à l'aide des images Sentinel-2 reste une gageure comme l'ont démontré le CNPF et l'INRAE Toulouse dans le cadre du projet [CastelDiag](#). Par ailleurs, il est indispensable de disposer de données de terrain pour construire les modèles et les valider (données de référence). Ainsi, des observations ont été effectuées en forêt de mai à juillet 2019 dans le cadre d'un stage Master 2 au DSF et à l'INRAE Bordeaux (financement du Cnes). Les données ont été acquises sur la base du protocole d'évaluation des dépérissements du DSF ([DEPERIS](#)) et ont été géoréférencées (polygones homogènes du point de l'état sanitaire des châtaigniers au sein de parcelles).

Ces données (82 polygones) ont été utilisées dans le cadre d'une classification supervisée de l'état sanitaire des châtaigneraies (figure 1). Le modèle de type 'random forest' s'appuie sur les images de synthèse des mois de juin 2018 et juin 2019. Chaque image comportant 10 bandes spectrales (rouge, vert, bleu, 'red edge', proche et moyen infrarouge), le modèle utilise donc 20 prédicteurs.

Quatre classes ont pu être discriminées de façon satisfaisante : (1) : peuplement sain ou peu dépérissant (moins de 50% d'arbres dépérissants) ; (2) : peuplement dépérissant (au moins 50% d'arbres dépérissants et moins de 90% d'arbres très dépérissants) ; (3) : peuplement mort ou moribond (plus de 90% d'arbres très dépérissants) et (4) : coupe rase.

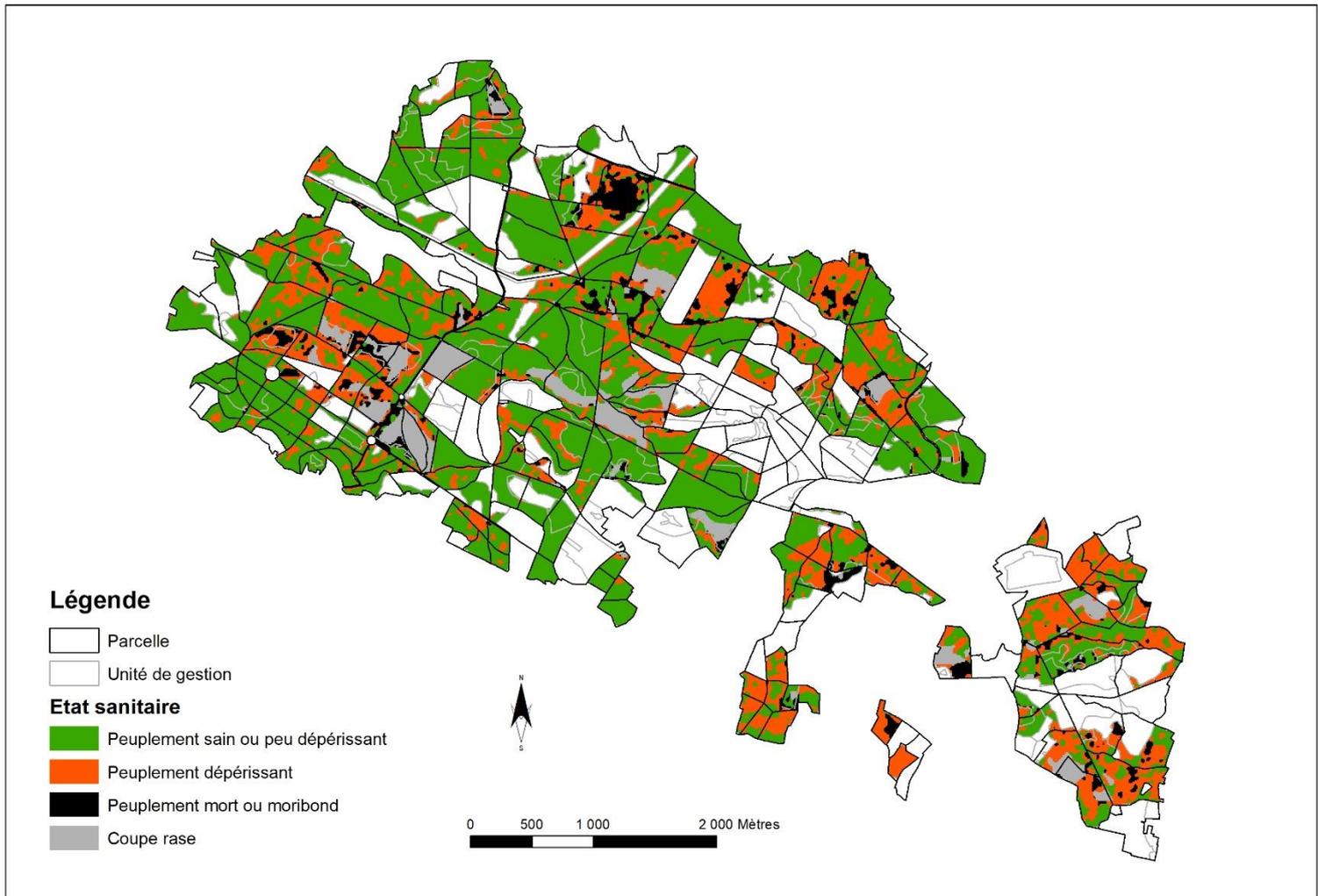
La précision globale du modèle (% de pixels bien classés) est estimée à 78% et l'indice Kappa à 0,71. Cet indice corrige la précision globale pour tenir compte des bons classements par hasard. Le traitement a été limité aux châtaigneraies pures dont les limites ont été fournies par l'ONF.

**Près de 40 % des châtaigneraies de la forêt de Montmorency présente un état sanitaire inquiétant**, certaines ayant même d'ores et déjà fait l'objet de coupes sanitaires (tableau 1).

**Tableau 1 : surfaces des châtaigneraies selon leur état sanitaire en juin 2019 d'après la cartographie obtenue**

Etat sanitaire	Surface (ha)	%
Peuplement sain ou peu dépérissant	826	62%
Peuplement dépérissant	341	26%
Peuplement mort ou moribond	78	6%
Coupe rase	87	7%
Total	1 332	100%

**Figure 1 : cartographie de l'état sanitaire des châtaigneraies en forêt domaniale de Montmorency (95) – Etat en juin 2019**



D'un point de vue méthodologique, ces premiers résultats ouvrent plusieurs perspectives. Il convient tout d'abord d'améliorer la méthode afin de mieux comprendre le phénomène et d'établir précisément comment il se traduit dans les images (recherche des informations les plus pertinentes dans l'image). Ensuite, il est possible d'étendre ce type de suivi aux autres châtaigneraies franciliennes où la maladie de l'encre provoque également des déprissements. Des données de terrain complémentaires seront alors nécessaires afin de consolider et améliorer la méthode. Un projet porté par le Département de la santé des forêts et les structures forestières publiques et privées (ONF, CNPF...) est actuellement en discussion et pourrait permettre de qualifier l'état sanitaire de l'essence à l'échelle de la région. Au-delà de l'appui conséquent pour les forestiers dans la priorisation de leurs actions de terrain en situation de crise, cette vision inédite de l'état sanitaire d'une essence importante d'Ile de France dans un contexte de forêts périurbaines offrira aux différents décideurs des éléments clés dans la prise de décision.

Rédacteurs : Thierry Bélouard, Jérôme Gaudry et Morgane Goudet, Département de la santé des forêts (thierry.belouard@agriculture.gouv.fr)