

PROJET CASTELDIAG

FAISABILITÉ DU DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT SANITAIRE DES PEUPELEMENTS PAR TÉLÉDÉTECTION. EXEMPLE DU CHÂTAIGNIER EN DORDOGNE



CONTEXTE ET OBJECTIFS DU PROJET

Les dépérissements préoccupent les forestiers et posent la question du diagnostic de l'état de santé des arbres. Le châtaignier en Dordogne, qui est l'essence principale de production, en est un bon exemple. Cette essence est affectée par plusieurs agents biotiques qui, conjugués à des contraintes stationnelles génèrent des dépérissements amenant parfois à la mort d'un fort pourcentage de tiges au sein des peuplements.

La méthode d'analyse architecturale des arbres (méthode ARCHI) permet de diagnostiquer les anomalies du développement de l'arbre et ses processus de résilience.

Les informations issues de la télédétection pourraient être utilisées en complément de cette méthode, en pré-ciblant les peuplements présentant des signes de dépérissement et en quantifiant le dépérissement.

Les objectifs de cette étude sont :

- La création d'un outil d'évaluation de l'état sanitaire des taillis de châtaignier ;
- La constitution d'une méthode cartographique permettant de suivre annuellement, à partir d'images satellites, la réponse des taillis de châtaignier aux aléas.

CONTENU DU PROJET



Le projet se scinde en deux grandes étapes traitées distinctement :

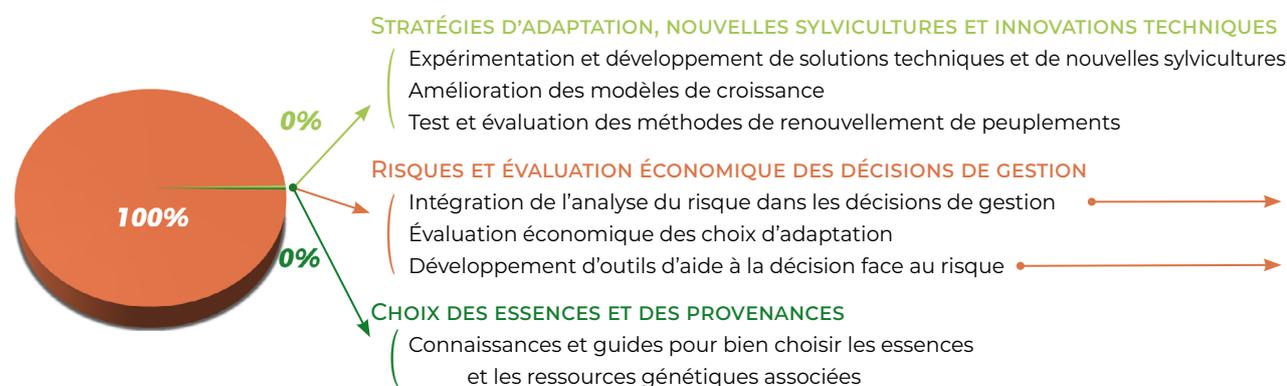
- Adaptation de la méthode ARCHI pour les taillis de châtaignier (Fig. 1) ;
- Établissement de modèles de l'état sanitaire à partir de variables de télédétection et calibrés à partir des parcelles d'observation terrain (notation ARCHI et « à dire d'expert »).



Source : Stéphane Nalin - © CNPF

Figure 1 : Taillis de châtaignier (*Castanea sativa*).

CONTRIBUTION DU PROJET AUX THÉMATIQUES D'AFORCE



PARTENAIRES DU PROJET



• DONNÉES ET SITES D'ÉTUDES

Méthode ARCHI et sources de données sur l'état sanitaire

Le projet s'appuie sur des travaux antérieurs réalisés en Corse¹ et sur une étude de terrain faite dans les Pyrénées-Orientales.

Un réseau de suivi de l'état sanitaire (protocole DEPEFEU) pour 60 placettes à la maille de 5 km a été installé en 2013.

Une étude a été menée sur ≈ 10 000 ha dans le Fumelois. 260 placettes ont été installées (dont la moitié en châtaignier) avec un classement « à dire d'expert CRPF » du niveau de dépérissement (5 classes) sur chaque placette.

La télédétection nécessitant d'importantes surfaces, un repérage a été réalisé en 2017.

Une notation identique à l'étude du Fumelois a été réalisée pour échantillonner différents niveaux de dépérissements.

À partir de ces parcelles classées par dépérissement, 58 placettes ont pu être inventoriées.

Télédétection

La télédétection distingue les peuplements dépérissants grâce à des séries temporelles d'images à différentes résolutions spatiales (utilisation des images de Sentinel-2 uniquement, les images MODIS s'étant montrées peu adaptées à la démarche).

Données spectrales et variables utilisées

Les données spectrales se composent de :

- quatre bandes à 10 m. (visible et P.I.R) ;
- six bandes à 20 m. (Red Edge, P.I.R et M.I.R).

Elles ont été acquises durant la saison de végétation de 2016 (juillet et septembre) grâce à 2 tuiles à la maille de 110 km.

Les variables utilisées sont :

- dix bandes spectrales (à 10 et 20 m.) ;
- trente-six indices de végétations ;
- cinq paramètres biophysiques (modèle PROSAIL²).

Les données de calibration et de validation

La calibration se base sur les observations terrain de l'état sanitaire (« à dire d'expert » et « ARCHI »).

Le protocole a fait l'objet d'un travail collaboratif entre le CNPF et l'équipe de télédétection de l'UMR Dynafor.

Sur chaque placette (1 600 m²), 30 tiges ont de plus été caractérisées par la méthode ARCHI châtaignier.

Un classement (voir résultats) a été créé pour la télédétection.

Les variables notées sont :

- La hauteur (en m.) d'un brin dominant ;
- Le pourcentage de recouvrement de la végétation (pour les strates herbacées, arbustives et arborées) ;
- Le nombre moyen de brins vivants ;
- L'écartement (en m.) moyen des cépées.

Chaque parcelle et placette sont catégorisées par la moyenne des 51 variables et par une valeur de dépérissement.

Ces données ont été établies pour les deux dates d'image et pour chaque modalité de référence terrain.

Une seconde campagne d'observations terrain a été réalisée au printemps 2018 pour la validation des données.

Méthode d'analyse

On dispose de 12 modalités pour la construction des modèles

(2 dates x 3 types de variables x 2 types de références terrain).

L'analyse statistique repose sur :

- le choix des variables significatives ;
- la construction des modèles possibles ;
- la validation des modèles ;
- la cartographie des meilleurs modèles.

RÉSULTATS

Méthode ARCHI

La clé ARCHI châtaignier permet un double diagnostic (Fig. 2).

Elle s'applique dans les taillis, les futaies et les vergers à fruits.

Le stade de développement

Celui-ci peut être défini par le nombre de réitérations.

Absence : arbre jeune (houppier non constitué) ;

1 à 4 séries : arbre adulte

(les branches maîtresses explorent l'espace) ;

5 à 10 séries : arbre mature (houppier à son volume maximal) ;

Au-delà de 10 : l'arbre entre en phase de sénescence.

L'état physiologique

Sain (Sa) : aucun symptôme significatif ;

Stressé (S1, S2, S3) : contraint de modifier l'architecture du houppier suite à un stress ;

Résilient (R) : le houppier retrouve une architecture normale après un écart à la normale ;

Descente de cime (D) : construction d'un nouveau houppier sous la cime d'origine ;

Irréversible (I1 et I2) : aucun processus de restauration viable.

Classement pour passer de l'échelle de l'arbre au peuplement

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 : $M \geq 20 \%$.

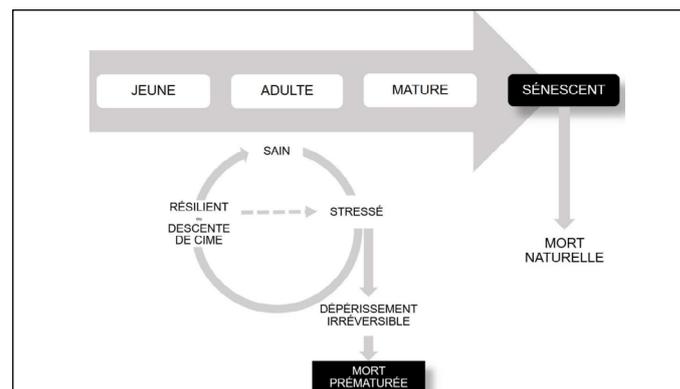


Figure 2 : Schéma du double diagnostic.

La comparaison des placettes classifiées par la méthode « ARCHI » à celles « à dire d'expert » montre un certain nombre de divergences entre les méthodes (Fig. 3).

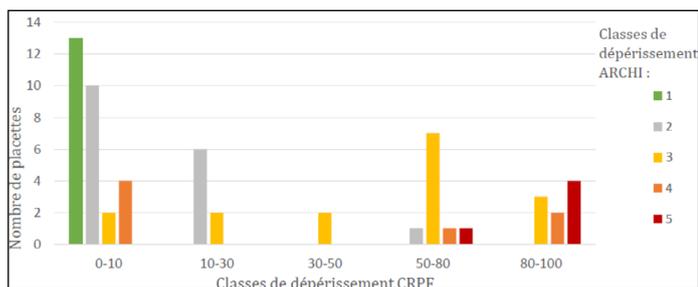


Figure 3 : Nombre de placettes par classe de dépérissement ARCHI et CRPF.

Les paramètres « stade de développement ARCHI » et « âge du brin adulte » montrent des résultats similaires. Les brins adultes ont tendance à plus dépérir que les jeunes (Fig. 4).

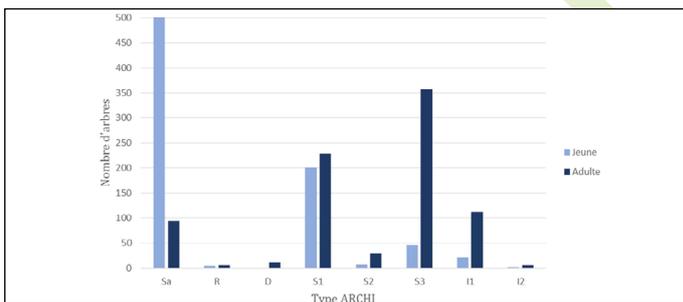


Figure 4 : Nombre d'arbres jeunes et adultes par type ARCHI.

Téledétection

Sélection des variables de télédétection

Les corrélations sont hautement significatives entre les variables de télédétection et les classes de dépérissements. Les bandes spectrales les plus fréquemment sélectionnées sont celles correspondant aux Red Edge et au PIR. Pour les indices de végétation, on note la teneur en eau de la plante (NDII), la productivité de la plante (DVI) et la détection de zones brûlées (NBR). Enfin pour les paramètres biophysiques, les plus fréquents sont l'indice de surface foliaire verte (GLAI) et la fraction du sol couverte par de la végétation verte (GCLV).

Validation des modèles prédictifs

Les résultats sont les modèles construits pour la prédiction de 2 ou 3 classes de dépérissement par le regroupement suivant :

	Parcelles CRPF	Placettes ARCHI
3 classes	1 (2-3) (4-5)	1 (2-3) (4-5)
2 classes	1 (2-3-4-5)	(1-2) (3-4-5)

Huit modèles ont été retenus en fonction des indicateurs de qualité pour une prédiction à trois ou deux classes. Les valeurs de l'indice de Kappa² sont plus élevées pour les modèles à deux classes.

Le meilleur Kappa est obtenu à partir des références ARCHI avec l'image de juillet pour un modèle à deux classes. La contribution de l'image de septembre n'est pas significative. L'apport des bandes spectrales Red Edge et PIR est important et les paramètres biophysiques interviennent assez peu.

Construction des modèles prédictifs

Les résultats sont les modèles construits pour la prédiction de 3 classes de dépérissement selon le regroupement suivant (la classe 1 correspondant aux peuplements sains) :

	Parcelles CRPF	Placettes ARCHI
3 classes	1 (2-3) (4-5)	1 (2-3) (4-5)

Une sélection des meilleurs modèles a été faite selon les cinq critères statistiques. Pour chaque modalité, les modèles sont classés selon : l'AIC, la distance de Chi2 et le taux de mal classés, tous estimés par validation croisée.

Cartographie des modèles

Des cartes ont été établies pour les huit modèles (Fig. 5).

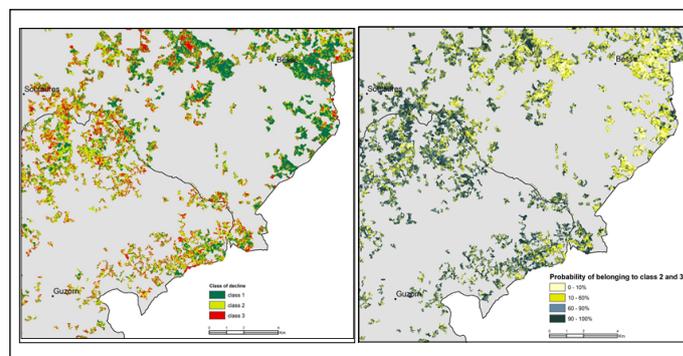


Figure 5 : Exemple d'une carte classée en 3 niveaux d'état sanitaire (modèle parcelles CRPF) et d'une autre carte de probabilité d'appartenance aux classes 2 et 3.

LES PRINCIPAUX ENSEIGNEMENTS

Les caractérisations des parcelles échantillons diffèrent entre les deux méthodes (notation à dire d'expert et classification ARCHI). Les meilleurs résultats statistiques sont obtenus sur la base des références ARCHI. Ils peuvent s'expliquer en partie par la non-homogénéité des parcelles évaluées à dire d'expert, mais aussi par le fait d'autres mécanismes pouvant interférer (« déplacement » de la chlorophylle vers le bas des arbres stressés). Les résultats issus du traitement des données Sentinel-2 sont prometteurs et serviront de base à la poursuite des recherches. L'utilisation de ce type d'information, pourrait être envisagée pour les modèles à deux et trois classes, notamment pour axer les priorités des acteurs de terrains. Certaines limites liées au nombre d'images utilisées (deux pour l'année 2016) et à l'ancienneté des contours de la BD forêt (année 2000) sont aussi à souligner côté télédétection. La clé ARCHI Châtaignier est jugée opérationnelle et peut dès maintenant être utilisée.

PUBLIC CIBLE ET FINALITÉ DU PROJET

Difficulté d'appropriation : FAIBLE MOYENNE FORTE Absence de cette finalité pour ce public :

FINALITÉ PUBLIC CIBLE	Gestion	Recherche et développement	Pédagogie
	Outils et recommandations	Outils et création de contenu	Acquisition des connaissances
Propriétaires forestiers	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Personnel forestier technique	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Acteurs de la recherche et du développement	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Étudiants de l'enseignement supérieur	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>
Étudiants de l'enseignement technique	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>

Les processus de modélisation peuvent bénéficier à l'ensemble de la communauté de recherche et développement (ainsi qu'aux étudiants de l'enseignement supérieur) tandis que la clé ARCHI châtaignier et la cartographie des meilleurs modèles ont une visée de gestion à destination des personnels forestiers techniques. Ces résultats ont une visée pédagogique évidente pour l'ensemble des acteurs.

CASTING

Le coordinateur du projet est M. Michel Chartier (CNPFF-IDF).

Ce projet a été mené avec la participation de M. Christophe Drénou (CNPFF-IDF) et Mme Véronique Chéret (UMR Dynafor) à la rédaction ; de M. Thierry Belouard (DSF), M. Vincent Coquillas (CRPF Aquitaine), M. Eric Paillassa (CNPFF-IDF), M. Eric Sevrin (CNPFF-IDF) et M. Grégory Sajdak (CNPFF-IDF) à la relecture.

POUR OBTENIR PLUS D'INFORMATIONS

Plus d'informations sur la [page projet CASTELDIAG](#) du RMT AFORCE.

Retrouvez plus d'informations sur la méthode ARCHI, sur la [page dédiée](#) du CNPF.

La clé ARCHI Châtaignier (*Castanea sativa*) est [téléchargeable](#) sur le site du CNPF.

¹ Pavie A., Bruno E., Dumé G., Drénou C., Lemaire J., et Torre F. 2008 - Guide des sylvicultures du châtaignier en Castagniccia. CETEF – CRPF de Corse, 130 p.

² Baret, F., S. Jacquemoud, G. Guyot, and C. Leprieur. 1992 – "Modeled analysis of the biophysical nature of spectral shifts and comparison with information-content of broad bands", Remote Sensing of Environment, 41(2-3), 133-142.

³ Cohen, Jacob. 1960. 'A Coefficient of Agreement for Nominal Scales'. Educational and Psychological Measurement. Vol. 20, No. 1, 37-46.

FINANCEURS DU PROJET