



Méthode FORDEAD - analyse de la validité des détections d'anomalies de végétation dans le cas des résineux par contrôle sur le terrain

SYNTHÈSE DES PRINCIPAUX RÉSULTATS

!/ Ce document constitue une synthèse du travail détaillé dans le rapport intitulé "Méthode !/ FORDEAD - analyse de la validité des détections d'anomalies de végétation par échantillonnage terrain". Il convient de se référer à ce document pour accéder aux détails de l'analyse et des résultats présentés ici.

1. Introduction/contexte du travail engagé

Le laboratoire TETIS de l'INRAe s'est vu confier par le Ministère de l'Agriculture et de la Souveraineté Alimentaire l'élaboration d'un **outil permettant le suivi à grande échelle des dépérissements résineux**¹, plus précisément ceux susceptibles de correspondre à des dégâts de scolytes. C'est ainsi que, dans le cadre de la mise en œuvre de la **méthode FORDEAD**, l'INRAe a produit une « **carte d'anomalies de végétation** » (dépérissement et sol nu après anomalie) tous les trimestres environ depuis 2021, sur les régions Grand-Est et Bourgogne Franche-Comté, et en Auvergne Rhône-Alpes sur les départements de l'Ain, de la Savoie et de la Haute-Savoie. Cependant, **aucune vérification « terrain »** standardisée de la carte produite n'a eu lieu **depuis 2020**. Par ailleurs, **l'émergence de nouveaux foyers de dépérissements résineux** dans d'autres régions de France (Pyrénées, Massif Central...) a fait naître chez les gestionnaires une demande d'application de la méthode sur des secteurs où elle n'avait jusqu'à présent jamais été mise en œuvre.

Fort de ce constat, le Département de la Santé des Forêts Auvergne Rhône-Alpes et le pôle Recherche Développement et Innovation de l'Office National des Forêts ont décidé de mener en collaboration une **campagne de vérification des données d'anomalies de végétation de la cartographie de septembre - octobre 2023** produite par la méthode FORDEAD sur divers **secteurs de production "historiques" (Vosges, Jura, Savoie, Ain)** mais également sur des zones de **besoins émergents (Isère, Puy-de-Dôme, Cantal)**.

¹ Dans ce document le terme « dépérissement » est à considérer au sens large, que le phénomène soit biotique ou abiotique. Il s'agit plus globalement d'altération de l'état de fonctionnement du couvert forestier.

2. Matériel & Méthode

2.1. Présentation de la méthode FORDEAD

La méthode FORDEAD a pour objectif de **détecter les « anomalies de végétations »** chez les résineux, plus précisément ceux susceptibles de correspondre à des dégâts de scolytes, à partir d'**images satellite SENTINEL2**, images de résolution 10 et 20 m (selon le domaine du spectre solaire utilisé) et de période d'acquisition minimale théorique de cinq jours (i.e. une revisite tous les cinq jours pour un même point, grâce à une constellation de satellites).

Le principe de la méthode est plutôt intuitif : un indice de végétation sensible à la teneur en eau de la canopée (**CRSWIR**) est calculé pour chaque pixel de chaque image SENTINEL2 utilisable (image sans ennuagement / neige, et sans ombre très dense). La méthode analyse ensuite la valeur de cet indice au cours du temps selon un **modèle $CRSWIR = f(\text{temps})$** (cf. fig. 1 - un point représente la valeur de l'indice pour un pixel à une date donnée). La méthode, en faisant l'**hypothèse que les premières années constituent une période où le peuplement du pixel considéré est sain** (points bleus sur la fig. 1), modélise la courbe de réponse de l'indice CRSWIR. Chaque valeur de CRSWIR à compter de la fin de la période d'entraînement est ensuite comparée à la valeur modélisée de l'indice (courbe bleue sur fig. 1). Un pixel est ainsi classé « sain » si les valeurs de l'indice ne dépassent pas un seuil défini au-dessus de la courbe (trait pointillé bleu, cf. fig. 1), et « en anomalie » si au moins trois points successifs dépassent ce seuil. Les **anomalies ainsi détectées sont ensuite classées par intensité** en fonction de l'écart moyen* entre les valeurs de l'indice dépassant le seuil et le seuil de détection d'anomalies (*appelé "indice de confiance" par les concepteurs de la méthode). **Quatre classes** sont définies : « **1-faible anomalie** », « **2-moyenne anomalie** », « **3-forte anomalie** » et « **4-sol nu** »². La méthode procède ainsi à une modélisation du comportement de chaque pixel se situant dans un **masque de calcul défini par l'utilisateur**.

² Le classement dans la classe "4-Sol nu" résulte en réalité d'un seuillage sur une combinaison linéaire des bandes optiques, seuillage opéré après détection d'une anomalie selon la méthode expliquée ici.

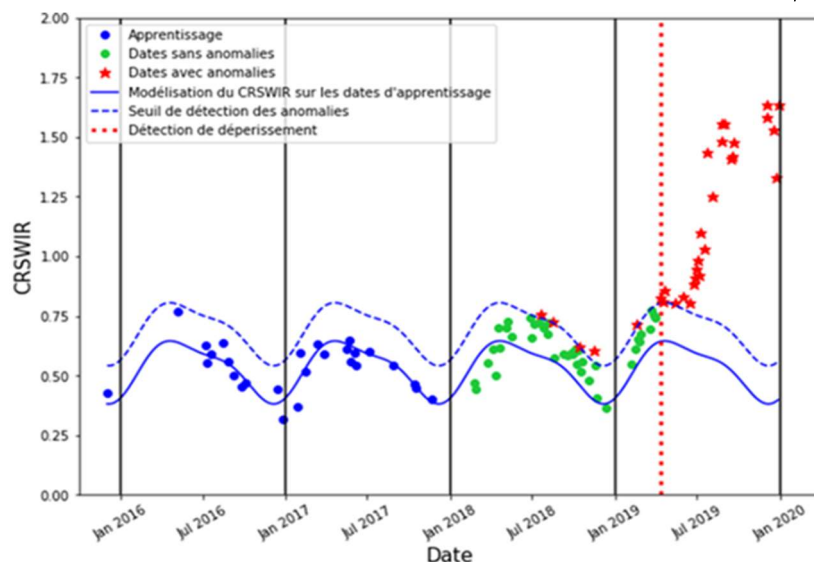


Figure 1 : exemple de modélisation pour un pixel d'une dalle SENTINEL2. La période d'entraînement (points bleus) s'étend de janvier 2016 à janvier 2018. Chaque point représente la valeur de l'indice de végétation CRSWIR pour le pixel considéré, pour chacune des dates où l'image est utilisable (absence de fort couvert nuageux et/ou de neige notamment).

L'utilisation du **package Python associé** (disponible sous la forge logicielle GitLab ([fordead](#))) permet à l'utilisateur de **paramétrer entièrement la méthode**. Dans le cadre de ce travail, deux types de paramétrages de la méthode FORDEAD ont été utilisés :

- le **paramétrage "par défaut"**, utilisé par l'INRAe dans le cadre de la production des cartographies depuis 2021
- un **paramétrage "alternatif" mis en œuvre par le DSF** depuis 2023 pour l'édition de cartes sur des zones non couvertes par la production "historique" de l'INRAe (i.e. zone de besoins émergents).

2.2. Protocole de vérification de la cartographie et analyses effectuées

L'objectif du protocole de vérification utilisé est d'initier une **analyse statistique sans à priori** (i.e. sans faire d'hypothèse(s) sur les facteurs qui peuvent être en lien avec des erreurs de détection). Pour ce faire, nous avons réalisé **397 relevés** sur l'ensemble des secteurs de production "historique" et de besoins émergents (cf. fig. 2 et tab. 1). Chaque relevé est constitué d'un **couple de points** (fixés en amont dans le schéma d'échantillonnage) : **un point est situé dans une anomalie** au sens de la méthode. **Un point complémentaire est réalisé dans un environnement proche**, entre 50 et 150 m du premier relevé, **dans une zone considérée comme sans anomalie** d'après la carte FORDEAD. Les relevés consistent en l'**observation de la zone circulaire d'état sanitaire homogène la plus étendue possible** (rayon minimal de 20 m et maximal de 40 m) autour de chacun des points du couple.

L'objectif de ce travail, mené en étroite collaboration entre les deux organismes, est de vérifier que la présence d'anomalies indique bien des signes notables de dépérissement résineux (et de manière symétrique que l'absence de détection correspond à des peuplements

sains), mais aussi de quantifier la correspondance entre classes d'anomalies de la méthode et stades de dépérissement observés sur le terrain (cf. détails des stades de dépérissement en annexe 1).

L'ensemble des placettes a été analysé selon différentes modalités, détaillées dans le rapport d'analyse intitulé "Méthode FORDEAD - analyse de la validité des détections d'anomalies de végétation par échantillonnage terrain". Une attention particulière a été portée à **l'étude de la précision des résultats obtenus ainsi que de l'influence éventuelle de certains paramètres** (paramétrage de la méthode, facteurs physiques pouvant influencer la détection tels que la pente ou l'exposition...).

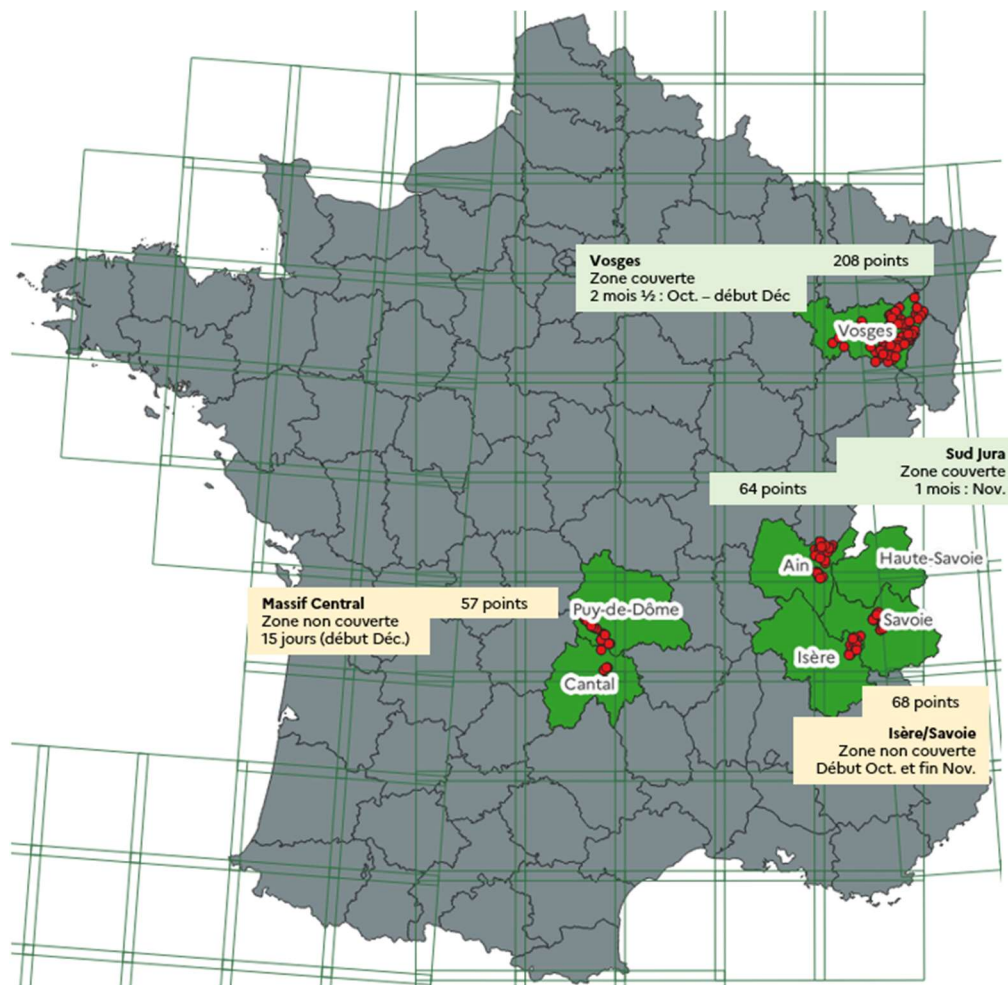


Figure 2 : carte récapitulative de la zone d'étude et de l'échantillonnage terrain réalisé (zone couverte : secteur où la carte d'anomalies a été produite depuis la mise en place de la méthode ; zone non couverte : secteurs avec des besoins émergents).

Tableau 1 : paramétrage de la méthode FORDEAD utilisé pour les différentes zones d'étude

	Alpes	Jura	Massif Central	Vosges
Masque forêt	OSO CesBIO	OSO CesBIO	BD Forêt v2 IGN	BD Forêt v2 IGN
version de la cartographie étudiée	septembre 2023	septembre 2023	octobre 2023	octobre 2023
Période de relevés terrain	Oct. - Nov. 2023	Novembre 2023	Début déc. 2023	Oct. à début déc. 2023
Nombre de points de relevés	68	64	57	208
Période entraînement	2016-2017	2016-2017	2016-2017	2016-2017

3. Résultats obtenus

Ce paragraphe constitue une brève synthèse du rapport d'analyse, mettant en évidence les points principaux à retenir.

3.1. Evaluation de la précision de la cartographie FORDEAD

Le **taux d'erreur** de classification sain/dépérissant est d'**environ 30%**. L'utilisation des produits cartographiques comme système d'alerte s'avère assez fiable : les **pixels classés comme sol nu après anomalies correspondent, dans plus de 80-85% des cas, à des coupes rases ou des dépérissements marqués sur le terrain**. Pour les **anomalies fortes, le taux de bonne détection dépasse 70-80 %** (sauf dans le Massif Central où les erreurs sont plus élevées, cf. annexe 2). **Les anomalies de classes "2-moyenne" à "1-faible", si elles peuvent constituer également des signaux d'alerte, sont à interpréter avec plus de circonscriptions** (1/3 de fausses détections pour les anomalies "2-moyenne" et environ la moitié pour les anomalies "1-faible", avec de fortes variabilités selon les massifs - cf. détails des pourcentages pour chaque classe d'anomalie en fig. 3).

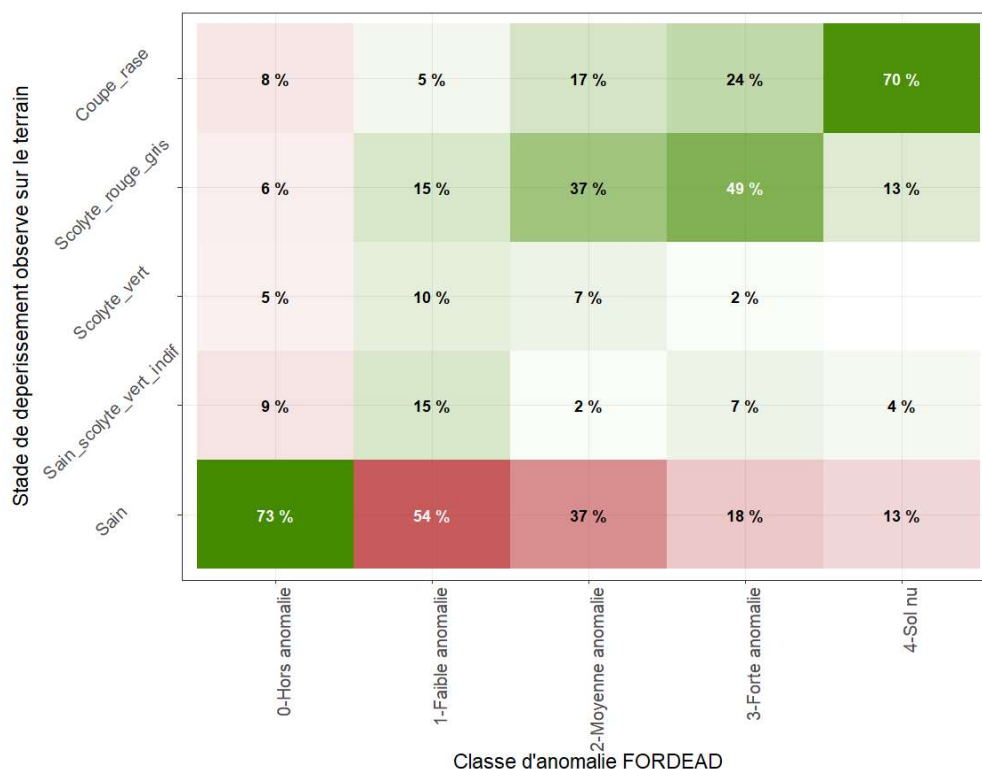


Figure 3 : Matrice de confusion de l'ensemble des placettes analysées. Chaque colonne a pour total 100%.

Une analyse plus détaillée de la relation entre stade de dépérissement observé sur le terrain et classe d'anomalie révèle également une **tendance synchrone entre l'augmentation du dépérissement et de la classe d'anomalie FORDEAD**, avec cependant une relation moins évidente pour les classes d'anomalie "1-faible" et "2-moyenne". La **détection des dépérissements précoces** (scolytés verts) s'avère également **moyennement efficace**, avec cependant des résultats du même ordre de grandeur de ceux obtenus dans la littérature concernant la détection précoce de dépérissements résineux (perf. similaires à celles obtenues par Bárta et al., 2021 ou Deepak et al., 2024).

3.2. Analyse des paramètres pouvant influencer la détection

L'ensemble des analyses effectuées et des résultats obtenus peut être résumé dans le tableau suivant (tab. 2). Le détail des résultats par massif est donné en annexe 2.

Tableau 2 : Synthèse globale des items analysés et observations associées

	Résultats / observations
Extrapolation des résultats à d'autres types de peuplements	Les types de peuplements échantillonnés sont majoritairement de composition « purement résineuse » et de structure régulière, avec un taux de couvert absolu bien réparti entre 0 et 100%. Les essences qui composent les relevés sont en grande majorité l'épicéa commun et le sapin pectiné.

	<p>→ analyse comparative des peuplements de sapin Vs. épicéa n'a rien mis en évidence (/!\ faible échantillon)</p> <p>→ extrapolation des résultats présentés ici à d'autres types de peuplements est à prendre avec beaucoup de précautions car les peuplements « non conformes au masque » (i.e. faible capital, pourcentage significatif d'autre essence) semblent favoriser les situations de sur-détection (classes "1-faible anomalie" et "2-moyenne anomalie" en particulier)</p>
Influence de la classe d'anomalie	Proportion plus élevée de points mal classés pour la classe "1-faible anomalie" et dans une moindre mesure pour la classe "2-moyenne anomalie"
Influence du taux de couvert	Taux de couvert moyen des placettes mal classées un peu plus faible
Influence du stade de dépérissement	Stades de dépérissement précoces (scolytés verts indifférencié ou non) plus sensibles aux erreurs de classement
Détection d'autre type d'altération du couvert forestier	<p>La plupart des altérations mentionnées lors des relevés terrain de type coupe, chablis ne sont pas détectées comme anomalie par la méthode, avec cependant une influence probable des altérations de type casse de cime, intervention sylvicole récente, trouée/chablis et topographie atypique dans les situations de sur-détection.</p> <p>Les altérations de type « autre problème abiotique » semblent être détectées, en particulier dans les classes "1-faible anomalie" et "2-moyenne anomalie".</p> <p>→ bonne sensibilité globale de la méthode aux altérations de type dépérissement, avec toutefois une influence probable des interventions sylvicoles dans certains contextes particuliers (intensité d'intervention, topographie...)</p>
Analyse de l'influence du paramétrage de la méthode FORDEAD	La modification des seuils inter-classes n'a pas d'effet réel sur les performances de détection de la méthode

4. Discussion / Conclusion

L'analyse synthétisée dans ce document a permis de **qualifier la méthode FORDEAD dans différents contextes métropolitains**. Les résultats nous indiquent de **bonnes performances**, restant du **même ordre de grandeur quelle que soit la zone étudiée**, avec toutefois une **dégradation** de celles-ci dans **des certaines situations particulières** (cas du massif alpin notamment). Les résultats sont globalement très corrects avec un **taux d'erreur peu élevé**. Ceux-ci sont d'autant plus satisfaisants que le **taux d'erreur est faible** (inf. à 20%) **pour les classes "3-forte anomalie" et "4-sol nu"**. A cela s'ajoute également une **bonne concordance entre les classes d'anomalies et le niveau de dépérissement observé sur le terrain** (plus la classe est importante plus le dépérissement est marqué) ce qui permet un **apport d'information non négligeable**.

Néanmoins, ce travail porte également à notre connaissance un certain **nombre de limites et incertitudes concernant l'outil**, notamment :

- un **niveau de confiance à accorder** aux résultats cartographiques des **classes "1-faible anomalie" et dans une moindre mesure "2-moyenne anomalie"** moindre que pour les classes plus élevées.
- une **limitation dans les performances de détection des dépérissements précoces**, performances toutefois comparables à celles obtenues par le biais d'autres méthodes de télédétection dans la littérature.
- une **sensibilité de l'outil à d'autres types d'altérations du couvert forestier**, telles que des casses de cimes ou altérations d'origines abiotiques.
- la nécessité de **rester prudent sur les similitudes et différences observées entre massifs**. En effet, la taille de l'échantillon reste assez restreinte une fois l'analyse concentrée sur un secteur (exception faite du département des Vosges), ce qui fragilise la robustesse statistique des résultats.
- **rester prudent sur l'extrapolation à d'autres types de peuplements** : il est important de prendre en compte que l'échantillonnage n'a pas permis de couvrir la totalité des peuplements et structures rencontrées dans chaque massif : les peuplements échantillonnés restent par exemple composés en grande majorité d'épicéa commun et de sapin pectiné. Dans ce cadre, une transposition à d'autres essences reste hasardeuse car non vérifiée à ce jour³.

En conséquence, il nous apparaît important de rappeler, pour conclure ce travail, que **les produits cartographiques** issus de la méthode FORDEAD **nécessitent une prudence particulière dans leur interprétation** étant donné les limites mises en avant par ce travail ainsi que les pistes restant à explorer (validité de la méthode pour d'autres essences résineuses, influence de la composition...). De ce fait, une utilisation des produits cartographiques bruts


³ Des travaux concernant la transposition de la méthode FORDEAD à d'autres essences sont actuellement en cours dans diverses régions de France (Pyrénées, Sud du massif alpin...).


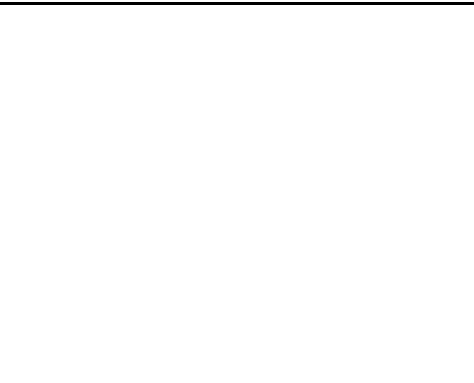


ne peut pas être envisagée à ce stade pour élaborer des prévisions précises concernant l'évolution des niveaux de dépérissement ou encore les volumes potentiellement impactés à l'échelle d'une parcelle ou d'un massif forestier. Cet outil est avant tout un **outil d'aide à la gestion** qui permet, à l'échelle d'une parcelle, d'une forêt ou bien d'un département, de détecter des signaux avant-coureurs de dépérissements potentiellement présents. Il s'agit d'un **système d'alerte assez fiable** puisque **plus des ¾ des pixels classés en anomalie forte correspondent effectivement à des dépérissements constatés sur le terrain.** Les anomalies des classes "2-moyenne" et "1-faible", si elles peuvent constituer également des signaux d'alerte, sont à **interpréter** avec plus de circonscriptions, **en tenant compte des connaissances de terrain** : neige lourde, fructification, présence de feuillus ...


La méthode FORDEAD constitue **en résumé un bon indicateur de l'état sanitaire des peuplements**, permettant une **analyse pertinente à grande échelle** (faible taux d'erreur au global) et avec un **suivi régulier dans le temps**. Couplée à l'expertise des correspondants-observateurs de terrain, elle complète les outils à la disposition du **Département de la Santé des Forêts** pour **objectiver l'évolution de l'état sanitaire de nos forêts**. Par ailleurs, les produits cartographiques de la méthode peuvent également être utilisés avec un bon niveau de confiance comme assistance dans la gestion et modélisation du risque incendie ou encore comme aide dans le ciblage de certains secteurs à la fois pour le martelage ou le reboisement.

Annexe 1 : table de correspondance des champs de notation du dépérissement avec les observations faites sur le terrain

Même si le code comporte la notion de « scolyte », le choix est à réaliser en fonction de l'observation faite sur les houppiers et non de la cause du dépérissement (exemple du Sapin pectiné dépérissant où le houppier peut être rouge sans pour autant que cela soit attribué au scolyte). La nomenclature de la codification a été uniquement choisie dans l'objectif de respecter la notation du guichet de l'espace collaboratif IGN, qui a été conçu au départ pour les dégâts de scolytes.

Code	Définition	Exemple
Sain	Pas de trace de phénomène sanitaire (scolyte ou autre) avéré.	

<p>Scolyte_vert</p>	<p>Présence de scolyte ou d'autres phénomènes, mais houppiers encore verts pour au moins 75% des arbres.</p> <p>Ex. de symptômes : l'écorce présente des trous dus aux scolytes, l'écorce se détache du tronc (surtout dans sa partie haute), trous dus aux pics.</p>	
<p>Sain_scolyte_vert_indif</p>	<p>Houppiers sains ou verts, pas de trace de scolyte ou d'autres phénomènes, phénomène sanitaire possible, mais non possible à détecter.</p> <p>A utiliser dans le cas où il ne peut y avoir de certitude sur le classement « Sain » ou « Scolyte_vert » de la zone ou si mélange Sain + Vert.</p>	
<p>Scolyte_rouge</p>	<p>Présence de scolyte ou d'autres phénomènes, houppiers « rouges » ou « roussis » sur au moins 75% des arbres.</p>	
<p>Scolyte_gris</p>	<p>Présence de scolyte ou d'autres phénomènes, mais houppiers « gris » ou arbres ayant perdu leurs aiguilles pour au moins 75% des arbres.</p> <p>L'écorce est en majorité tombée à terre et le bois mis à nu parfois depuis plusieurs mois lui confère cet aspect grisâtre.</p>	

<p>Scolyte_rouge_gris_indif</p>	<p>Peuplement présentant un mélange d'arbres au stade « rouge » ou « gris » sans qu'aucun de ces stades ne représente plus de 75%.</p> <p>ou peuplement scolyté sans que le stade puisse être déterminé avec certitude.</p> <p>RQ : les codes « Scolyte_rouge » ou « Scolyte_gris » sont à privilégier</p>	
<p>Coupe_rase</p>	<p>Seules sont retenues les coupes rases à la suite à des dégâts sanitaires.</p> <p>Pour l'observation sur le terrain, il s'agit du stade où la coupe est <u>déjà réalisée</u>.</p> <p>Les coupes rases après dégâts dus aux scolytes peuvent être plus grandes que le ou les foyers qui en sont la cause. Les coupes rases non consécutives à des dégâts sanitaires sont exclues.</p>	

N.B. : Un foyer d'arbres scolytés verts ou rouges pourra éventuellement contenir des arbres scolytés gris ou des arbres exploités correspondant à des attaques antérieures. Les arbres scolytés gris ou les arbres coupés ne devront toutefois pas représenter plus de 25% de la surface du foyer.

Crédit image : DSF

ANNEXE 2 : Synthèse globale des items analysés et observations associées

La présentation des résultats détaillés utilise un code particulier : Les valeurs en **noir** sont celles obtenues à l'échelle de la totalité du schéma d'échantillonnage, tandis que les résultats observés par massif sont apportés en couleur pour le **Massif Central**, les **Vosges**, le **Jura** et les **Alpes**.

Les codes **NC** (resp. **NV**) sont utilisés si les résultats **n'ont pas pu être calculés (NC)** (resp. **n'ont pas été observés (NV)**) à l'échelle du massif étudié.

Par exemple, l'assertion « 30% / 20% / NC / NV / 58% des altérations apparaissent dans la classe "1-Faible anomalie" » indique que le pourcentage observé à l'échelle de la totalité de la zone d'étude est d'environ 30%. Le résultat n'a cependant pas été observé pour le Jura, n'a pas pu être vérifié pour les Vosges et est de respectivement 20% et 58% pour le Massif Central et les Alpes.

Le code **Sim** est également utilisé pour les observations "qualitatives" (répartition d'un gradient, commentaire globale sur un résultat...), dans le cas où le résultat à l'échelle du massif en question est **similaire** à celui observé à l'échelle de la totalité du schéma d'échantillonnage.

	Résultats / observations
Niveau de confiance statistique	Bon (effectif minimum par classe d'anomalie : 39 ; effectif minimum par stade de dépérissement : 19) / Bon / Médiocre / Médiocre / Médiocre
Périmètre de validité des observations	<p>Types de peuplements échantillonnés : majoritairement « purement résineux » de structure régulière (77% / 94% / 87% / 67% irrégulier / 50% irrégulier). Taux de couvert absolu bien réparti de 0 à 100% / Sim / Sim / Sim / Sim.</p> <p>Essences observées : principalement épicéa commun et sapin pectiné (essences principales dans 90% des cas, secondaire pour environ la moitié des relevés ayant une essence secondaire) / Sim / épicéa commun uniquement / Sim / épicéa commun 72%.</p> <p>Stades de dépérissements observés : inégalement répartis (peu / pas de stades intermédiaires de type "scolyte vert") / Sim / Sim / Sim.</p> <p>! \ ! \ Les observations exposées dans la suite de l'étude ne peuvent être simplement extrapolées à d'autres types de peuplements.</p>
Précision utilisateur	<p>Taux d'erreur de classification sain/dépérisant d'environ 30% / 30% / 30% / 25% / 35%.</p> <p>70 % des pixels "sol nu après anomalie" sont effectivement des coupes rases (+ 17 % qui sont des scolytes). tendance stable sur l'ensemble des massifs</p> <p>L'erreur de prédiction des pixels classés en forte anomalie est seulement de 18 %. variabilité forte selon les massifs</p>

	<p>Elle atteint 37 % pour les moyennes anomalies et 54 % pour les faibles anomalies. variabilité forte selon les massifs</p> <p>Détection des dépérissements précoces moyennement efficaces (environ 60% des placettes identifiées sur le terrain "sain scolyte vert indifférencié" ou "scolyte vert" ne sont pas détectées comme étant en anomalie) / Sim / NC / Sim / Sim.</p>
Précision utilisateur	<p>Tendance corrélée entre augmentation de la classe d'anomalie et avancement du dépérissement observé, avec toutefois une concordance moindre dans les classes d'anomalies les plus faibles et pour les stades de dépérissement les moins avancés / Sim / Sim / Sim / Sim.</p> <p>Bonne fiabilité globale de la carte. Un utilisateur de la carte a moins d'une 1 chance sur 3 ou 4 que le pixel qu'il regarde sur la carte soit faux</p> <p>Erreur de classification non négligeable et croissante à mesure que la classe d'anomalie diminue (54%/45%/80%/44%/75% pour la classe "1-Faible anomalie", 37%/27%/62%/44%/50% pour la classe "2-Moyenne anomalie", 18%/4%/67%/14%/29% pour la classe 3-Forte anomalie" et 13%/16%/0%/12%/17% pour la classe "4-Sol nu"). Les forts taux s'expliquent en grande partie par la détection de casses de cimes.</p>
Facteurs physiques influençant potentiellement les erreurs de détection	<p>Taux de couvert moyen des placettes mal classées un peu plus faible (50-60% Vs. 60-70%) / NV / NV / NV / NV. Stades de dépérissement précoces plus sensibles aux erreurs de classement (58% / 63% / NC / 0% / 0% des placettes "scolytes verts" sont mal classées, !!! faible effectif pour Jura / Alpes).</p> <p>Proportion plus élevée de points mal classés pour la classe "1-Faible anomalie" (68% / 59% / NC / 60% / 100% des points mal classés sont dans cette classe), et dans une moindre mesure pour la classe "2-Moyenne anomalie" (39% / 34% / NC / 25% / 50%). Les peuplements « non conformes au masque » (i.e. faible capital, pourcentage significatif d'autre essence notamment) et dans une moindre mesure « autre problème abiotique » / NV / (casse de cime notamment), « topographie atypique », « intervention sylvicole récente », « présence de trouée/chablis » / « intervention sylvicole récente » / NV semblent favoriser les situations de sur-détection.</p>
Détection d'autre type d'altération du couvert forestier (coupe, chablis...)	<p>La plupart des altérations mentionnées lors des relevés terrain autres que dépérissement ne sont pas détectées comme anomalie par la méthode / NC / NC / NC / NC. Les classes "1-Faible anomalie" et "2-Moyenne anomalie" apparaissent néanmoins sensibles à la présence de trouée/chablis (25% des trouées-chablis / NC / NC / NC / NC apparaissant comme anomalie FORDEAD), intervention sylvicole (38% des interventions / NC / NC / NC / NC apparaissant comme anomalie FORDEAD) et autre problème abiotique type casse de cime (41% des placettes présentant des casses de cime / NC / NC / NC / NC apparaissant comme anomalie FORDEAD).</p>
Analyse de l'influence du paramétrage de la méthode	<p>La modification du seuillage n'a pas d'effet réel sur la détection de dépérissements précoces car l' « indice de confiance » n'est pas significativement différent entre les stades scolytés verts et les peuplements sains / Sim / NC / Sim / Sim.</p>

	<p>Profil harmonique : le seuillage n'est peut-être pas la méthode de détection la plus adaptée car les points présentant un début progressif d'apparition d'anomalie sont sur-représentés dans les points mal classés par la méthode / Sim / NC / Sim / Sim.</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------