

# Synthèse et points d'intérêts de l'atelier « Apports, intérêts, limites de la télédétection pour mieux connaître la biodiversité » – 14 et 15 novembre 2023

Pour Biosefair, l'objectif de ces rencontres thématiques est d'offrir la possibilité de découverte de nouveaux collègues, de nouvelles méthodes et problématiques traitées au sein de l'Institut en lien avec les thématiques du MP Biosefair. Il s'agit au-delà de ces rencontres et du partage de connaissances, de promouvoir le montage de nouveaux projets et collaborations.

Cet atelier a rempli ces attentes en permettant à 50 collègues de disciplines et unités variées de beaucoup échanger.

Après les présentations (résumées ci-après), une séance de questions réponses a permis d'aborder différents thèmes relatifs à l'utilisation de la télédétection pour la caractérisation et le suivi de la biodiversité :

- L'importance de la date d'acquisition de la donnée en fonction de la question de recherche.
- La nécessité, souvent, d'avoir une combinaison de données pour traiter une question complexe.
- La nécessité de prendre en compte le décalage temporel entre un stress et la réaction de la plante visible dans sa signature spectrale (i.e. la mesure physique)
- Les coûts de traitement très importants des images acquises par drone.
- La nécessité d'avoir bien « décortiqué » son besoin (quelles variables, quel territoire, quelle temporalité...) avant de prendre contact avec le réseau télédétection INRAE qui pourra orienter vers le meilleur interlocuteur.
- Le soutien possible de Theia et de ses pôles thématiques (listes d'outils disponibles, support vidéo, forum, formation via des écoles chercheurs...).

Les thématiques importantes pour Biosefair, interfaces et dynamiques, sont des questions complexes à traiter par la télédétection mais celle-ci peut permettre d'étudier des transitions, des continuums et des questions d'hétérogénéité.

**En conclusion, les présentations ont été riches et les interactions entre participants importantes.** Nous retiendrons :

- La diversité de l'offre d'informations (en images, en cartographies, en méthodes et algorithmes de traitement) en lien avec une diversité de capteurs.
- Le dynamisme scientifique de ce domaine.
- L'existence « d'outils » déjà matures, plus ou moins complexes, mobilisables par un public plus ou moins aguerri. Pour ceux qui débutent, la proximité d'une communauté de télédéTECTEURS structurée, la présence de personnes ressources auprès du pôle Theia et au sein du réseau Télédétection INRAE ainsi que l'organisation de formations constituent un ensemble de ressources pour accompagner les premiers pas.

- L'intérêt de la télédétection au travers de la possibilité qu'elle offre de travailler sur les aspects dynamiques (archives Sentinel et notamment Landsat pour remonter encore plus loin dans le temps (1972)) et de répondre à des questions scientifiques fondamentales et appliquées.
- L'appropriation et l'utilisation des données et méthodes par une partie des écologues INRAE sur des écosystèmes variés : bocage, haies, forêts matures, ripisylve, milieux naturels semi-ouverts, en milieux terrestres. Pour les milieux aquatiques, elles sont plutôt dédiées à la caractérisation des habitats que de la biodiversité en tant que telle.
- La maturité de certains outils déjà bien opérationnels pour la gestion à l'échelle nationale – (exemple de PatriNat CarHab) et aussi au niveau territorial (de nombreux exemples), malgré les incertitudes qui sont associés aux outils.

Deux points de vigilance sont à noter. D'une part l'importance de ne pas se laisser guider par l'outil et de bien poser la question de recherche en écologie au départ et d'autre part, la question du coût environnemental de la télédétection qui reste une question ouverte qui mérite que l'on s'y intéresse.

Pour le MP, il est à noter que la plupart des participants étaient « nouveaux » dans la communauté Biosefair et nous espérons que cet atelier donnera envie à certains de suivre les travaux soutenus par Biosefair. Cet atelier a offert l'opportunité à des écologues et à des spécialistes de la télédétection qui ne se connaissaient pas d'échanger ; nous pouvons attendre de ces échanges de nouvelles collaborations interdisciplinaires, inter-équipes, inter-départements autour de la biodiversité.

## Pour ceux qui veulent en savoir plus... : résumé des présentations

Les présentations sont accessibles à l'adresse suivante : <https://biosefair.hub.inrae.fr/actualites/atelier-teledetection>

### **Une première séquence a été dédiée à la présentation des grands principes et outils de la télédétection dans le domaine de l'optique : images et nuages de points 3D**

Marie Weiss (UMR EMMAH) a présenté le réseau télédétection et rappelé quelques définitions fondamentales (produit satellitaire, pixel), les principaux prétraitements donnant lieu aux différents niveaux de produits proposés par les agences spatiales (calibration radiométrique, corrections géométrique et atmosphérique), la préparation de séries temporelles, etc... Elle a ensuite présenté quelques recommandations pratiques pour l'usage des images optiques. Dans la continuité, Jean-Baptiste Ferret (UMR TETIS) a discuté des compromis à faire entre les dimensions spatiale (taille du pixel et surface couverte), temporelle (capacité de revisite) et spectrale (nombre de « bandes » spectrales soit la diversité des longueurs d'onde disponible pour caractériser les propriétés chimiques et de structure de la végétation). Il a ensuite présenté les opportunités offertes par les méthodes disponibles pour le calcul d'indicateurs de biodiversité, mais aussi de leurs limites. Les missions Sentinel2 permettant de couvrir de grandes zones géographiques avec des images multispectrales haute résolution ont été évoquées. Dans sa présentation portant sur l'observation des milieux terrestres en 3D par Lidar, Sylvie Durrieu (UMR TETIS) a exposé le principe de fonctionnement du Lidar et le traitement des

données qu'il génère pour caractériser la végétation. Après présentation des différents Lidar (légers embarqués sur drones, aéroportés) et une illustration des méthodes et produits susceptibles d'intéresser les écologues, les limites ont été évoquées ainsi que le coût environnemental de ces mesures. Parmi les limites ont été soulignés, le coût et le volume des données, ainsi que la variabilité spatiale des conditions d'acquisition qui peut limiter la robustesse des modèles et produits élaborés à partir de ces données. L'effort nécessaire pour collecter des données de référence terrain de qualité a aussi été mis en avant.

### **Une séquence visait un état de l'art de la télédétection pour le suivi de la biodiversité**

Samuel Alleaume (TETIS), David Sheeren (ENSAT-Dynafor) et Jean-Baptiste Féret (TETIS) ont ensuite présenté les variables essentielles au suivi de la biodiversité et mis en exergue la richesse des données disponibles potentiellement accessibles avec les capteurs de télédétection (différentes résolutions spatiale et temporelle notamment) ainsi que leur sous exploitation (Landsat et Sentinel2 en particulier). Ils ont pointé également le besoin de collaborations entre écologues et spécialistes de la télédétection pour faire progresser les méthodes et outils et leur utilisation dans les analyses de la biodiversité. L'outil BioDivMapR développé par TETIS produit différentes métriques de biodiversité (ex biodiversité alpha, bêta ou gamma).

Cette séquence a été complétée par une présentation de l'offre en images et de son évolution au cours du temps ainsi qu'une présentation des services de découverte et de traitement distant internationaux et nationaux par Kenji Osé (TETIS). Anne Puissant (pôle THEIA) a enchaîné par un focus sur l'offre en données, produits et services au niveau national et a notamment présenté l'infrastructure Data Terra nationale dédiée au système terre et le pôle Theia dédié aux surfaces continentales. Celui-ci propose des services interopérables et interdisciplinaires et la production régulière de données mais aussi un réseau d'animation régional pour faire remonter des besoins sur des questions d'intérêt régional et permettre une bonne adéquation entre produits fournis et besoins des utilisateurs. Theia fournit aussi des algorithmes de traitement d'images et offre des capacités de calcul à distance ou de stockage. Face à l'offre disponible, il est nécessaire d'identifier le bon compromis entre :

- Zone d'étude et taille de l'image,
- Objets recherchés, paramètres étudiés et types de données et résolution spatiale de l'image,
- Plage temporelle nécessaire et accès possible à des archives, programmation des acquisitions et répétitivité permise,
- Partenariat et budget par rapport à des licences d'utilisation, le savoir-faire et le matériel nécessaire au traitement des données et le volume de calcul et de stockage.

### **Des séquences étaient ensuite dédiées à des présentations d'études de cas dans différents milieux : milieux ouverts, boisés ou encore aquatiques ou humides**

Marc Lang (Dynafor) a présenté un travail de mesure de l'hétérogénéité spatiale de milieux de **garrigues** à partir d'images satellites à très haute résolution spatiale avec des mesures à l'échelle des strates. Plusieurs questions de recherche ont été traitées : Existe-t-il des gradients de rugosité ? Peut-on interpréter ces gradients en terme d'hétérogénéité de la végétation ? Existe-t-il un lien entre la probabilité de présence d'oiseaux et l'indice d'hétérogénéité ? Peut-on appliquer la méthode partout ? Peut-on utiliser d'autres

données satellitaires ? Des méthodes d'analyse de texture à l'aide de transformées de Fourier ont été mobilisées pour caractériser l'hétérogénéité du paysage, hétérogénéité qui a pu ensuite être reliée à la distribution spatiale d'espèces d'oiseaux.

Deux présentations concernaient l'utilisation de la télédétection pour caractériser les **haies**. Loïc Commagnac (IGN) et Sophie Morin (OFB) ont présenté le dispositif de suivi des bocages (DSB) de l'IGN ayant permis d'actualiser la cartographie des haies. Une couche de haies est désormais disponible indiquant par maille INPN (Inventaire National du Patrimoine Naturel) la densité de haie par hectare. Un observatoire de la haie est prévu pour 2024 en lien avec le plan national Bocage. David Sheeren (ENSAT-Dynafor) a présenté le développement d'un outil d'extraction automatique d'information et de calcul d'indicateurs de la multifonctionnalité des haies (Hedge Tool) sur la base de divers critères : morphologie, type, physiologie calculés à différentes échelles et les enjeux méthodologiques associés à ces travaux. Cet outil fonctionne sans expertise en télédétection avec en entrée une image en infra-rouge fausse couleur (IRC) et un modèle numérique de surface. Il faut maintenant pouvoir l'adapter à différentes définitions de la haie, à l'intégration de nouvelles données en entrée, typiquement des nuages de points Lidar, et aux questions de recherche à traiter.

Julien Pottier (UREP) et Mathieu Fauvel (CESBIO) ont montré comment la télédétection permettait d'étudier la réponse des **prairies naturelles** à la sécheresse en cherchant à identifier un lien statistique entre l'évolution du signal et les données terrain. Le suivi satellitaire permet aussi de diminuer les incertitudes sur les dates de fauche par rapport à un suivi terrain grâce à la répétitivité des passages. Si Sentinel2 offre un fort potentiel pour l'analyse de la phénologie des prairies, des travaux sont encore nécessaires et il serait intéressant de rapprocher les réseaux Prairies et Télédétection d'INRAE.

Bjorn Reineking (LESSEM) s'intéresse à la compréhension des causes du déclin des populations de **grand tétras** avec utilisation du Lidar pour décrire les habitats de cette espèce au travers de différents indicateurs d'objets ou surfaciques. Marc Fuhr (LESSEM) a montré comment le Lidar 3D permet d'étudier les **forêts matures**. Il a insisté sur la nécessité de constituer un réseau de placettes servant de référentiel terrain et de sélectionner les métriques mesurables par Lidar qui traduisent la maturité des arbres. Des cartes d'indices de maturité à destination des gestionnaires sont produites et validées. Simon Dufour (Université Rennes 2) a questionné l'utilisation de la télédétection pour la caractérisation fonctionnelle des **ripisylves**. Ce sont des objets très originaux, à l'interface entre deux milieux, mais aussi très variables ce qui a des conséquences sur les capacités de la télédétection à les identifier. Cependant différentes fonctions sont désormais accessibles : habitat notamment en 3D, corridor ainsi que l'identification de la présence d'espèces exotiques envahissantes. La fonctionnalité hydrologique est également mesurable (par rapport aux inondations notamment). Des suivis temporels intra et interannuels sont aussi possibles. Il a pointé la souplesse de la méthode, l'opportunité d'analyse de dynamiques temporelles et regretté sa sous-utilisation notamment dans le cas des suivis de restauration qui restent basés sur des observations de terrains dans la grande majorité des cas. Alexia Aussel (PatriNat) a présenté le processus d'élaboration de cartes prédictives des biotopes (basées sur 8 paramètres écologiques) et 26 physiologies de végétation (acquises par télédétection) croisées pour prédire les **habitats naturels et semi-naturels terrestres** (projet CarHab). Des requêtes spatialisées complexes sont donc

possibles. Les cartes sont disponibles pour 20 départements et la France métropolitaine devrait être couverte en 2026.

Il a été aussi question de la télédétection pour caractériser les milieux aquatiques, certaines de ces caractéristiques étant considérées comme des supports de biodiversité e.g., les fluctuations des niveaux et volumes d'eau ou des températures de surface des **lacs**, l'identification des **nouvelles mares d'altitude** issues de la fonte des glaciers (Thierry Tormos, OFB pôle Ecla) ou l'hydromorphologie des **cours d'eau** (Julien Godfroy, LESSEM). La télédétection permet d'identifier des bancs de galets dans les cours d'eau, des hauteurs de ligne d'eau et de nappe d'accompagnement. L'imagerie thermique de la surface de l'eau permet d'aborder des questions de connectivité thermique, importantes pour certaines espèces de poissons. La télédétection peut permettre de prioriser des actions de restauration, de détecter des zones de frai, de mesurer des incisions de chenaux...

### **Pour finir, une séquence a illustré plus spécifiquement l'utilisation de données à très haute résolution spatiale (métrique à sub-métrique) au travers de deux cas d'étude originaux**

Jennifer Ansallem (TETIS) a montré l'intérêt de la télédétection pour construire un outil d'évaluation de la pollution lumineuse sur les espaces publics et privés (nombre de sources lumineuses, part des émissions dans le bleu) dans le cadre de travaux sur la connectivité de la **trame noire**. Les images de nuit THRS sont très lisibles et les acteurs locaux peuvent y identifier rapidement des secteurs à enjeux. TETIS a développé l'outil Light Pollution Tool Box.

Laurent Borgniet (LESSEM), a présenté les possibilités offertes par les données très haute résolution acquises par imageurs et Lidar embarqués sur drone, au travers de différents exemples. Il a en particulier développé l'exemple du suivi de mesures de restauration en lien avec les **espèces invasives**, le drone permettant des détections précoces et un suivi temporel fin.

En tant que grand témoin, Xavier Gayte (OFB) a conclu cet atelier en montrant la montée en puissance de l'utilisation de la télédétection dans les études de la biodiversité et en soulignant l'importance de cet outil pour les politiques publiques. Il a évoqué des points de vigilance : l'évolution très rapide des outils et de leur potentiel ; la nécessité de mettre les données à disposition des acteurs. Le suivi et la mise en œuvre de la Stratégie Nationale pour la Biodiversité nécessitera des outils innovants et la recherche pourrait identifier les plus pertinents (télédétection, ADN environnemental, intelligence artificielle...) selon les indicateurs à alimenter. Des indicateurs de pression (artificialisation, pollution lumineuse, présence d'espèces exotiques envahissantes, effets du changement climatique...) sont attendus. Les acteurs des politiques publiques ont besoin de produits validés et affichant leur degré d'incertitude, utilisables à différentes échelles, du national au local. L'image a un pouvoir supérieur à la carte et elle permet de retracer une évolution du paysage. Le manque de culture scientifique des acteurs publics est un problème important à prendre en compte lors de la diffusion des informations et de la mise à disposition des données et cartes.