

Observation de la biodiversité par la télédétection:

Méthodes et applications.



KASAHALI KAILOU

Ingénieur géomatique

Spécialiste en SIG et Télédétection

Co-fondateur de GéoXpert

Kasahalikailou@gmail.com



GIS DAY 2025 3ème édition DU 19 AU 21 DECEMBRE 2025



Objectifs de la formation

- Comprendre les principes fondamentaux de la télédétection appliquée à la biodiversité
- Maîtriser les méthodes d'acquisition et de traitement des données satellitaires
- Identifier les applications pratiques dans la conservation et la gestion des écosystèmes
- Développer des compétences en analyse d'images pour l'évaluation de la biodiversité

1. INTRODUCTION

Qu'est-ce que la biodiversité ?

La **biodiversité** désigne l'ensemble des **formes de vie sur Terre** et les **relations qu'elles entretiennent entre elles et avec leur environnement**. Elle s'exprime à trois niveaux complémentaires :

1. **Diversité génétique** : Variabilité des gènes au sein d'une même espèce
2. **Diversité spécifique** : Variété des espèces (animales, végétales, micro-organismes)
3. **Diversité écosystémique** : Diversité des habitats et des interactions entre espèces



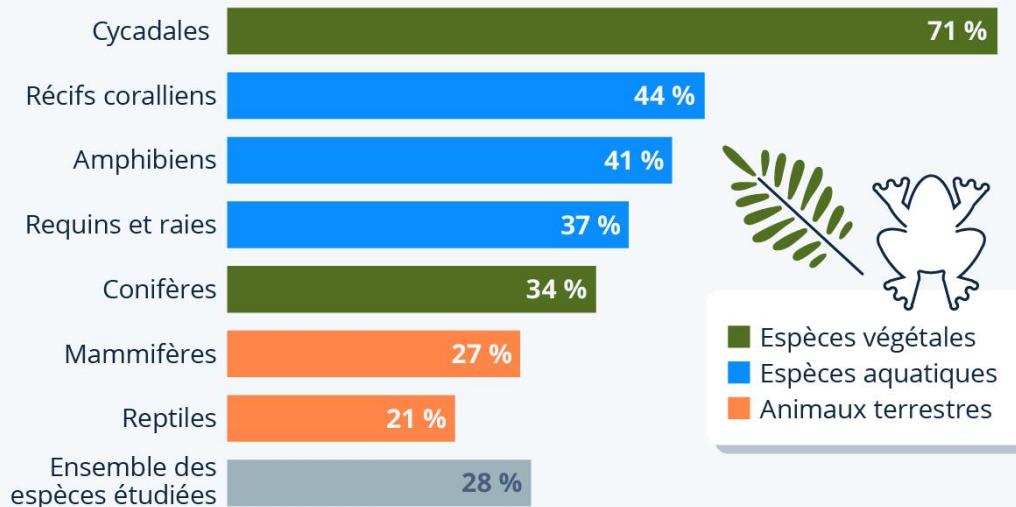
État de la biodiversité mondiale

La biodiversité traverse une crise majeure. Selon les dernières évaluations scientifiques :

- **Plus d'un quart d'espèces** sont menacées d'extinction
- **75% des écosystèmes terrestres** sont significativement altérés par les activités humaines
- **66% des écosystèmes marins** subissent des impacts cumulatifs croissants
- **90% de la déforestation** en zone tropicale est liée à l'agriculture

Plus d'un quart des espèces sont menacées d'extinction

Part d'espèces animales/végétales menacées d'extinction dans le monde en 2025, par classe ou famille d'organismes



Sur les 169 420 espèces étudiées dans la Liste rouge mondiale de l'IUCN en 2025, plus de 47 000 sont classées menacées.

Source : Union internationale pour la conservation de la nature (IUCN)



statista

Principales menaces

Destruction et fragmentation des habitats :

Déforestation, urbanisation, conversion agricole

Changements climatiques : Modification des aires de répartition, perturbation des cycles biologiques

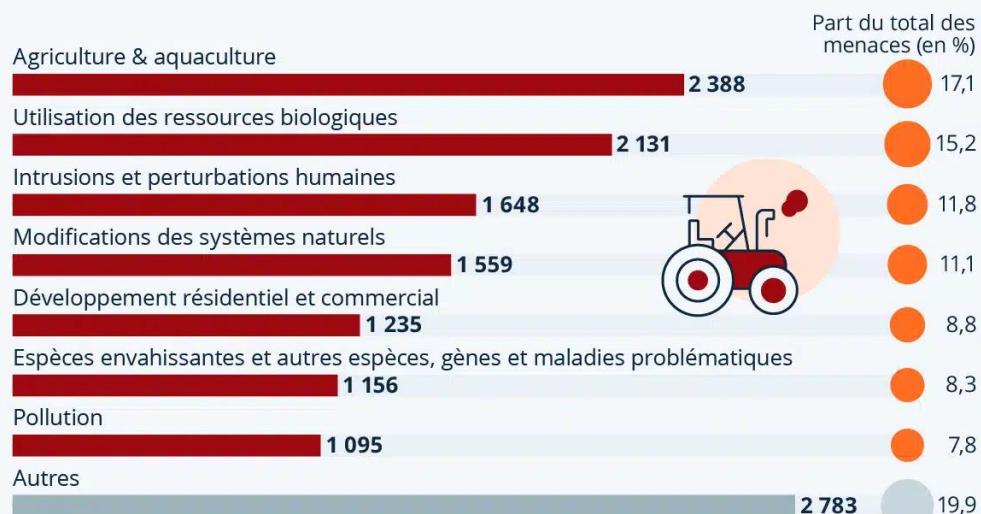
Surexploitation : Chasse, pêche, exploitation forestière non durable

Pollution : Pesticides, plastiques, pollution atmosphérique

Espèces invasives : Perturbation des écosystèmes natifs

Les plus grandes menaces qui pèsent sur la biodiversité

Nombre de zones clés pour la biodiversité identifiées comme subissant les menaces suivantes* dans le monde



* classées par l'IUCN comme des menaces de premier ordre pour la biodiversité et les écosystèmes.
En date de septembre 2024.

Source : Base de données mondiale des zones clés pour la biodiversité



statista

Pourquoi la télédétection pour la biodiversité ?

Face à ces défis, le monitoring traditionnel de la biodiversité présente des limites :

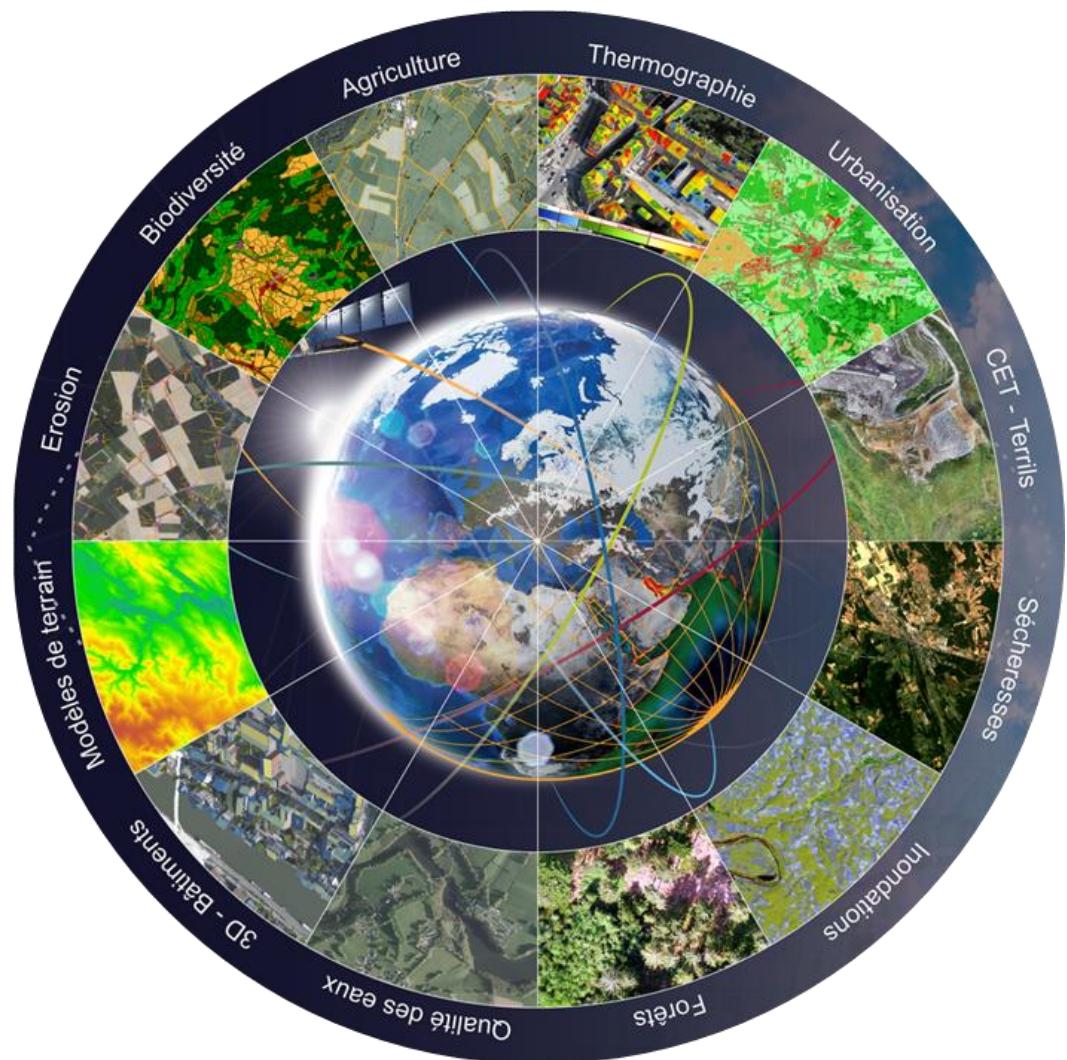
Limitations des méthodes classiques :

- Coût élevé des inventaires de terrain
- Zones inaccessibles (forêts denses, zones de conflit)
- Couverture spatiale limitée
- Faible fréquence de suivi
- Délais importants pour l'acquisition de données



Avantages de la télédétection :

- **Couverture spatiale** : Du local au global
- **Suivi temporel** : Monitoring continu et répété
- **Zones inaccessibles** : Observation sans présence humaine
- **Coût-efficacité** : Données gratuites pour de nombreux satellites
- **Détection rapide** : Alertes précoces sur les changements
- **Objectivité** : Mesures reproductibles et comparables
- **Archives historiques** : Reconstruction de l'évolution passée (Landsat depuis 1972)



Variables Essentielles de Biodiversité (EBV)

Le réseau GEO BON (Group on Earth Observations Biodiversity Observation Network) a défini des variables mesurables par télédétection :

Structure et composition des écosystèmes

Étendue et fragmentation des habitats

Composition en espèces végétales

Structure verticale (hauteur, stratification)

Fonction des écosystèmes

Productivité primaire nette

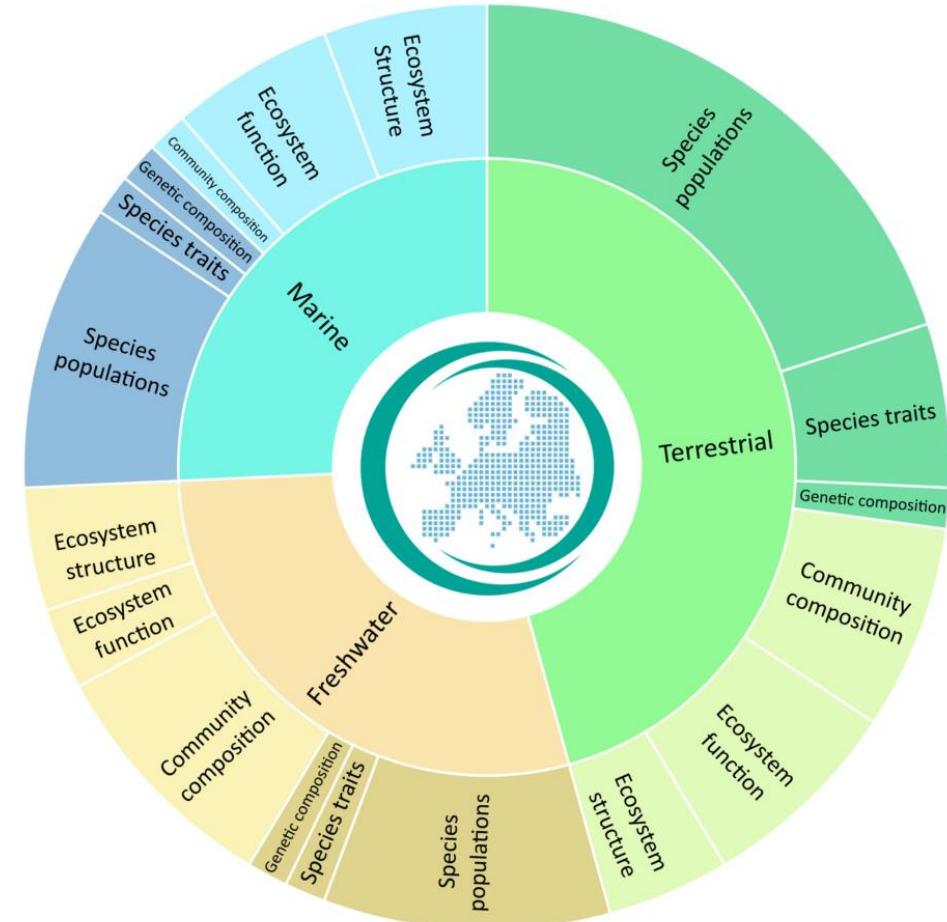
Phénologie (timing des événements biologiques)

Perturbations (feux, tempêtes, maladies)

Composition taxonomique

Diversité des communautés végétales

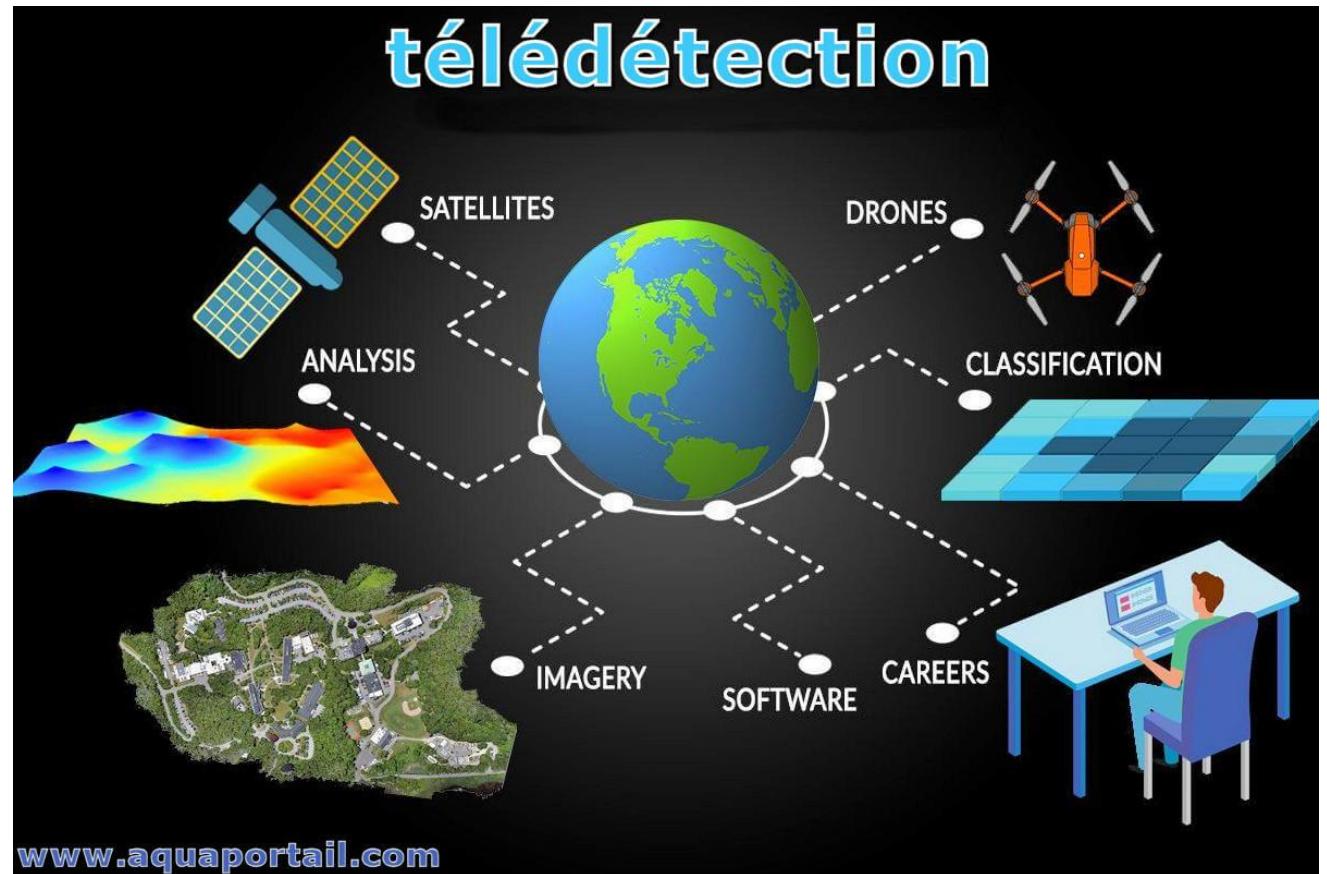
Présence d'espèces clés ou invasives



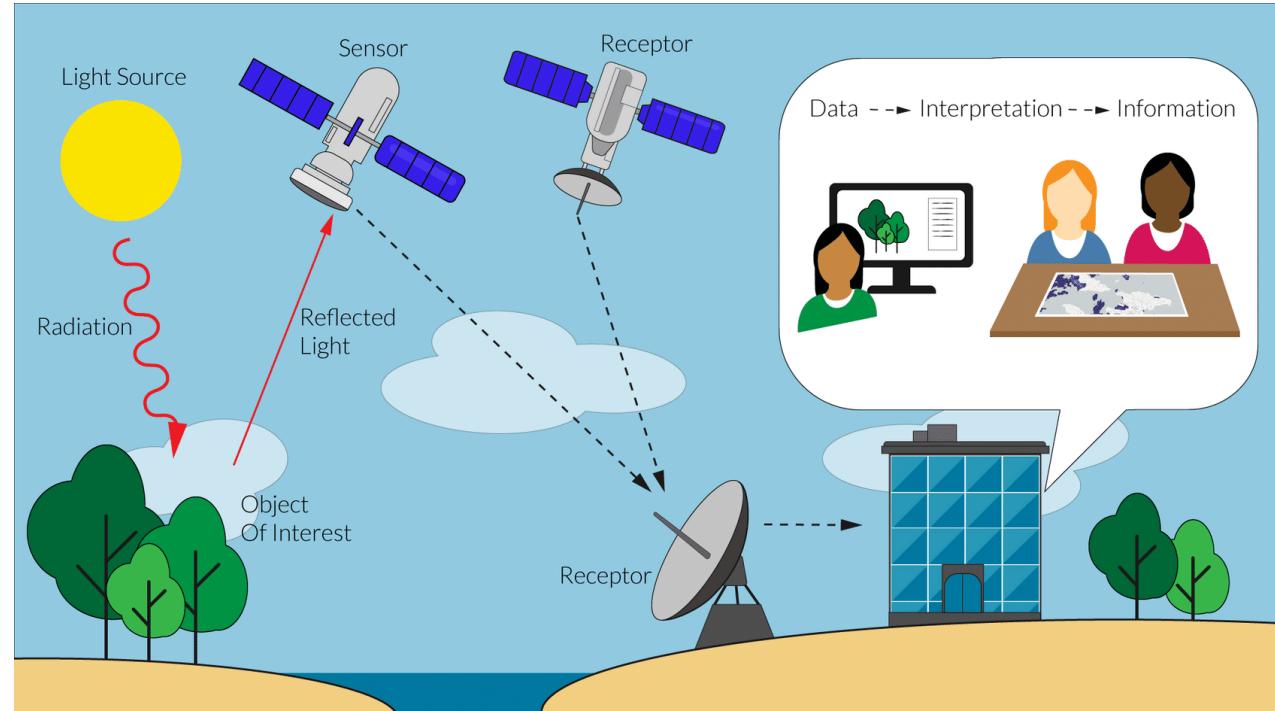
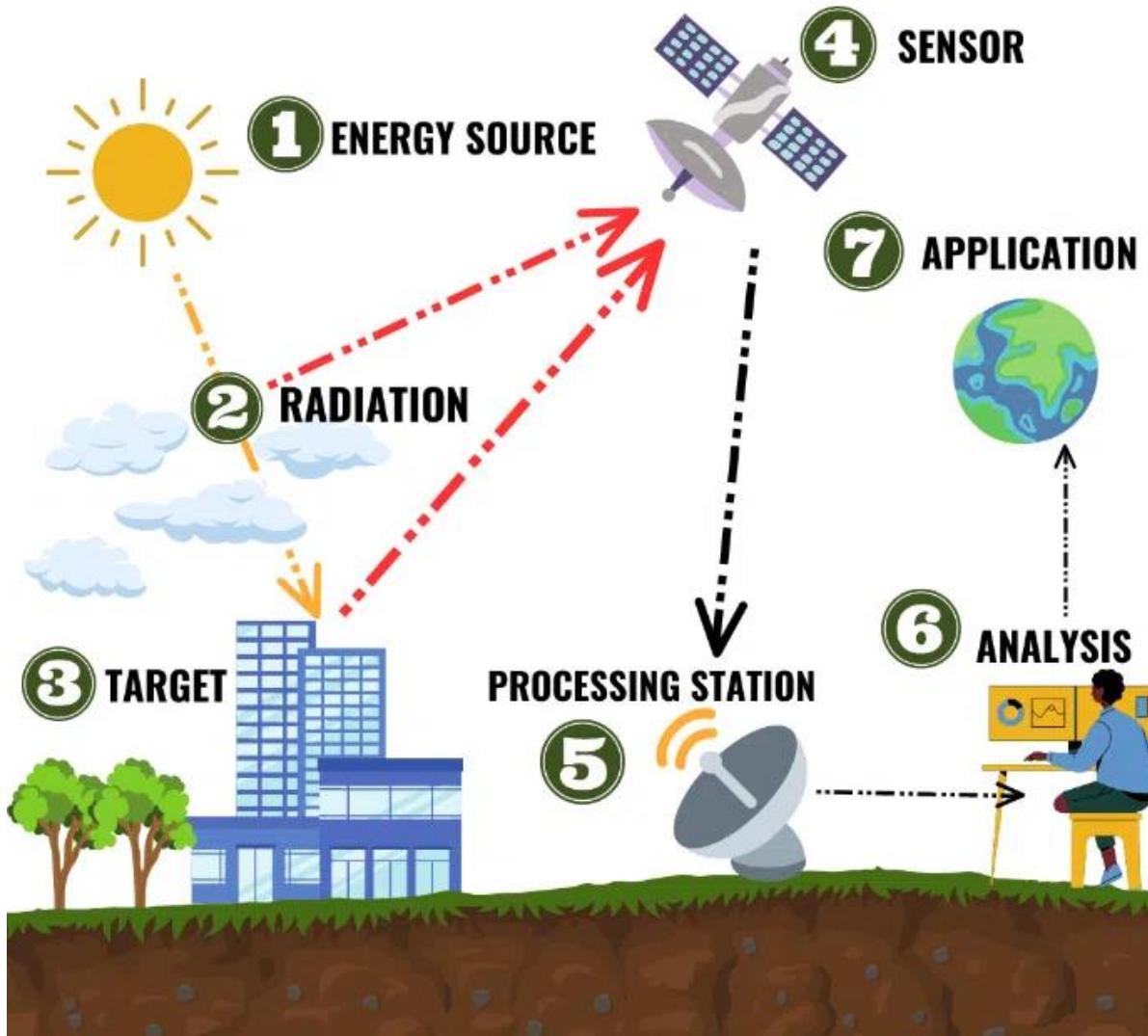
PRINCIPES DE LA TÉLÉDÉTECTION

Définition

La télédétection est l'ensemble des techniques permettant d'obtenir des informations sur la surface terrestre à distance, sans contact direct, principalement par l'analyse du rayonnement électromagnétique.



REMOTE SENSING PROCESS



CAPTEURS ET PLATEFORMES

Principaux satellites et capteurs

Sentinel-2

Caractéristiques : Résolution 10-20m, 13 bandes, revisite 5 jours

Applications : Monitoring de la végétation, agriculture de précision, zones humides

Landsat

Caractéristiques : Résolution 30m, 11 bandes spectrales, revisite 16 jours

Applications : Cartographie de l'occupation du sol, suivi de la déforestation

Planet

Caractéristiques : Résolution 3-5m, revisite quotidienne

Applications : Monitoring haute fréquence, détection rapide des changements



MODIS

Caractéristiques : Résolution 250-1000m, 36 bandes, revisite quotidienne

Applications : Suivi global de la végétation, feux de forêt, phénologie

LiDAR aéroporté

Caractéristiques : Résolution < 1m, mesure 3D de la structure forestière

Applications : Biomasse, structure de canopée, topographie sous couvert

Choix du capteur

Le choix du capteur dépend de l'échelle d'étude, de la fréquence de monitoring nécessaire et des variables écologiques ciblées.

MÉTHODES D'ANALYSE

Prétraitement

Corrections atmosphériques et géométriques
Calibration radiométrique
Masquage des nuages et ombres
Mosaïquage et fusion d'images

Classification

Classification supervisée (Random Forest, SVM)
Classification non supervisée (K-means, ISODATA)
Classification orientée-objet (OBIA)
Deep Learning (réseaux de neurones convolutifs)

Indices de végétation

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) - vigueur végétale
EVI (Enhanced Vegetation Index) - zones denses
NDWI (Normalized Difference Water Index) - humidité
LAI (Leaf Area Index) - densité foliaire

Détection de changements

Analyse diachronique multi-temporelle
Série temporelle et analyse de tendance
Détection d'anomalies
Cartographie de perturbations

APPLICATIONS À LA BIODIVERSITÉ

Cartographie des habitats

Description : Identification et délimitation des types d'écosystèmes (forêts, savanes, zones humides, mangroves)

Exemples : Cartographie des forêts tropicales, classification des types de végétation, identification des corridors écologiques

Estimation de la biomasse

Description : Quantification du carbone stocké dans la végétation

Exemples : Programmes REDD+, inventaires forestiers, modélisation du cycle du carbone

Phénologie de la végétation

Description : Suivi des cycles saisonniers et impacts climatiques

Exemples : Dates de verdissement, durée de la saison de croissance, impacts du changement climatique

Suivi de la déforestation

Description : Détection et quantification de la perte de couvert forestier

Exemples : Monitoring en temps quasi-réel, évaluation de l'impact de l'exploitation forestière, lutte contre la déforestation illégale

Zones humides et aquatiques

Description : Cartographie et suivi de la dynamique hydrique

Exemples : Délimitation des mangroves, suivi des zones inondables, qualité des eaux côtières

Biodiversité et fragmentation

Description : Analyse de la structure du paysage et connectivité

Exemples : Indices de fragmentation, corridors de migration, zones prioritaires de conservation

6. OUTILS ET LOGICIELS

Outils gratuits et open-source

Google Earth Engine Plateforme cloud pour l'analyse de données géospatiales à grande échelle

QGIS SIG open-source avec plugins pour la télédétection (Semi-Automatic Classification)

SNAP (Sentinel Application Platform) Traitement des données Sentinel de l'ESA

R (packages raster, terra, sf) Analyse statistique et traitement d'images

Python (GDAL, rasterio, scikit-learn) Scripting et automatisation des analyses

Logiciels commerciaux

ENVI/IDL - traitement avancé d'images

ArcGIS Pro - SIG complet avec outils d'analyse spatiale



Sources de données gratuites

USGS Earth Explorer (Landsat)

Copernicus Open Access Hub (Sentinel)

NASA Earthdata

Global Forest Watch

ESA Climate Change Initiative

7. ÉTUDES DE CAS

Cas 1 : Monitoring de la déforestation en Amazonie

Contexte : Utilisation de Sentinel-2 et Landsat pour détecter les nouvelles clairières

Méthode : Classification Random Forest, analyse multi-temporelle, alertes automatiques

Résultats : Détection rapide permettant l'intervention des autorités, réduction de 30% de la déforestation illégale

Cas 2 : Cartographie des mangroves en Afrique de l'Ouest

Contexte : Évaluation de l'étendue et de la santé des mangroves côtières

Méthode : Combinaison Sentinel-1 (radar) et Sentinel-2 (optique), indices de végétation

Résultats : Cartographie précise de 2,5 millions d'hectares, identification des zones dégradées prioritaires

Cas 3 : Suivi des corridors écologiques pour la faune

Contexte : Identification des routes de migration des éléphants

Méthode : Analyse de la fragmentation du paysage, modélisation de connectivité

Résultats : Établissement de 5 nouveaux corridors protégés, réduction des conflits homme-faune

DÉFIS ET LIMITES

Défis techniques

Couverture nuageuse persistante en zones tropicales
Confusion spectrale entre types de végétation similaires
Résolution spatiale insuffisante pour certaines espèces
Coût des images haute résolution
Nécessité de données de validation terrain

Défis méthodologiques

Difficulté à estimer la diversité spécifique à partir des images
Complexité des écosystèmes sous couvert forestier dense
Variabilité saisonnière et interannuelle
Standardisation des méthodes entre études

Solutions et approches

Combinaison de capteurs multiples (optique + radar)
Utilisation de séries temporelles denses
Intégration avec données terrain et acoustique
Approches de machine learning avancées
Sciences participatives pour la validation

La maîtrise de la télédétection pour l'observation de la biodiversité n'est plus une option mais une nécessité pour tous les acteurs de la conservation. Les outils sont disponibles, souvent gratuitement. Les données s'accumulent. Les méthodes s'affinent.

Le défi n'est plus technique, il est humain : former suffisamment de professionnels capables d'exploiter ces technologies, créer des réseaux de partage de connaissances, et surtout, traduire les données en actions concrètes de conservation.

Chaque participant à cette formation devient un acteur de ce changement.

Les compétences acquises sont des leviers puissants pour :

- Améliorer la gestion des aires protégées
- Influencer les politiques publiques avec des données objectives
- Mobiliser l'opinion et les financements
- Contribuer à l'effort global de sauvegarde de la biodiversité
- La technologie seule ne sauvera pas la biodiversité, mais entre des mains compétentes et engagées, elle devient un allié indispensable dans ce combat pour notre avenir commun.