

Champs agricoles au Brésil
Image © 2026 Planet Labs PBC

Climate Change AI
École d'été virtuelle 2026

L'IA au service de l'agriculture et de la sécurité alimentaire

De l'observation de la Terre à des décisions climato-intelligentes

Dr Aliny Reis
Scientifique principale en télédétection · Corvian

Juillet 2026

Contenu de ce cours

Thèmes

- Agriculture, changement climatique et sécurité alimentaire
- Observer les systèmes agricoles grâce aux données
- De l’observation de la Terre à l’aide à la décision par l’IA
- Applications de l’IA, de l’exploitation à la sécurité alimentaire mondiale
- IA responsable, perspectives et prochaines étapes



Champs agricoles en Pologne
Image © 2026 Planet Labs PBC

Agriculture, sécurité alimentaire et changement climatique

L'agriculture contribue au changement climatique et en subit les effets.

Comprendre ce double rôle est essentiel pour concevoir des systèmes d'IA qui améliorent réellement la situation des populations et de la planète.

L’agriculture, contributrice au changement climatique

L’agriculture contribue fortement aux émissions de GES via le changement d’affectation des terres, l’élevage et la gestion des sols.

Principales sources d’émissions

Changement d’affectation des terres

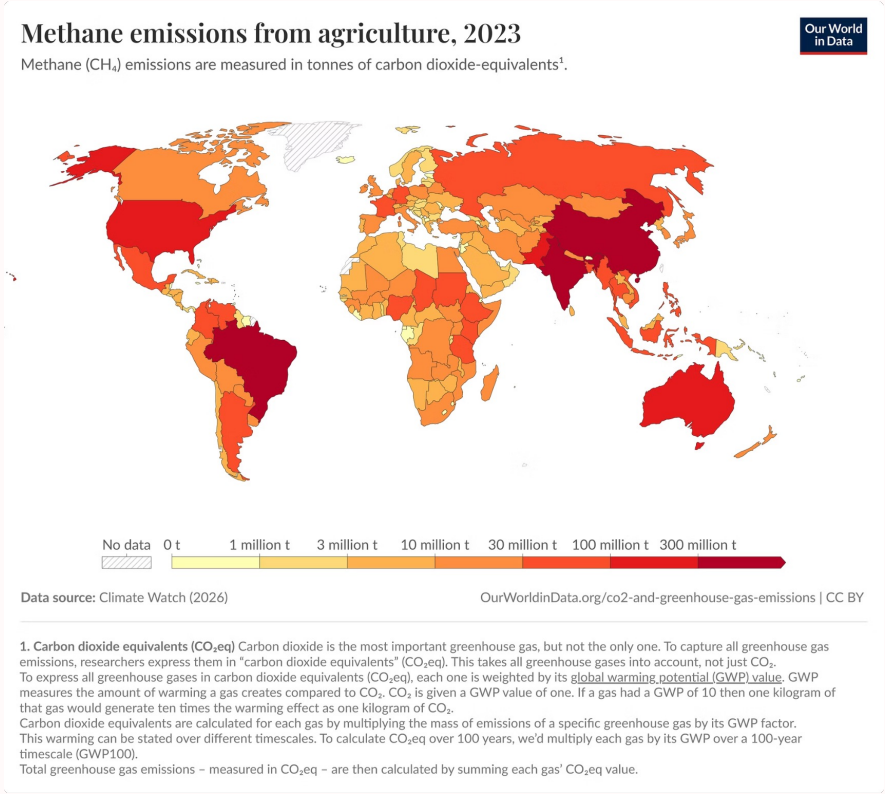
La conversion des forêts et des écosystèmes naturels en terres agricoles libère le carbone stocké.

Élevage

Méthane (CH_4) issu de la fermentation entérique des ruminants (p. ex. les bovins) et de la gestion des effluents.

Gestion des terres cultivées

Protoxyde d’azote (N_2O) issu des engrais azotés de synthèse et des pratiques de perturbation du sol.



Risques climatiques pesant sur les systèmes agricoles

Sécheresse et stress thermique

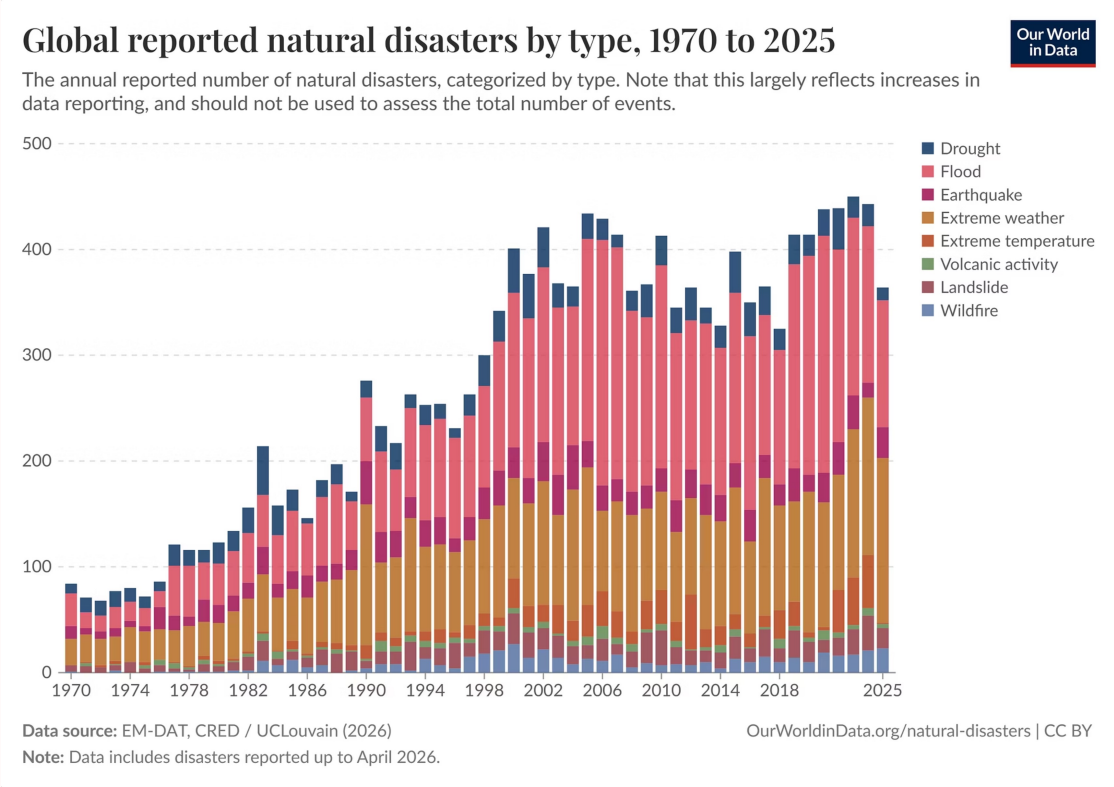
Les longues périodes sèches et les températures extrêmes réduisent les rendements, endommagent les cultures et épuisent l'humidité du sol.

Inondations et événements extrêmes

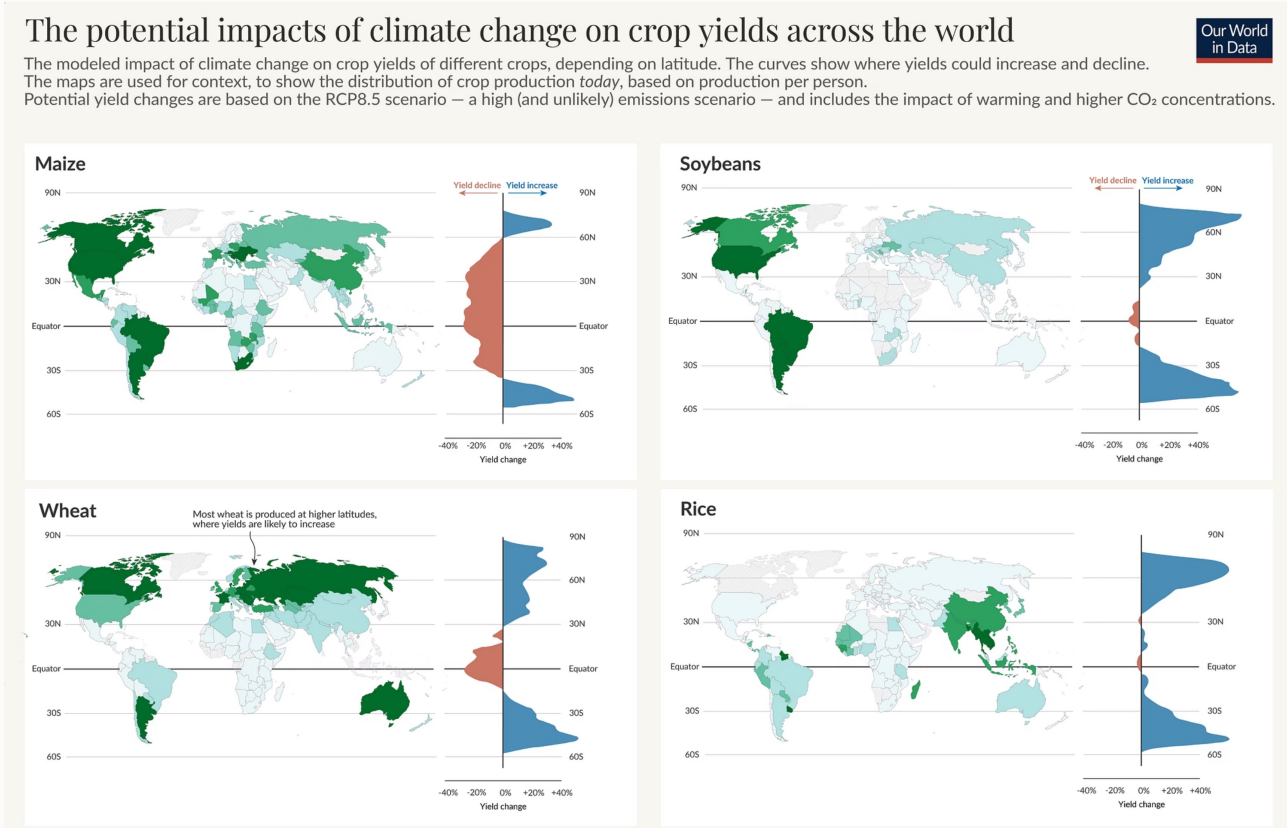
Les pluies intenses, les inondations et les tempêtes détruisent les récoltes et érodent les terres agricoles productives.

Dégradation des terres

L'érosion, la salinisation et l'appauvrissement en nutriments réduisent peu à peu la capacité productive des terres agricoles.



Risques climatiques pesant sur les systèmes agricoles

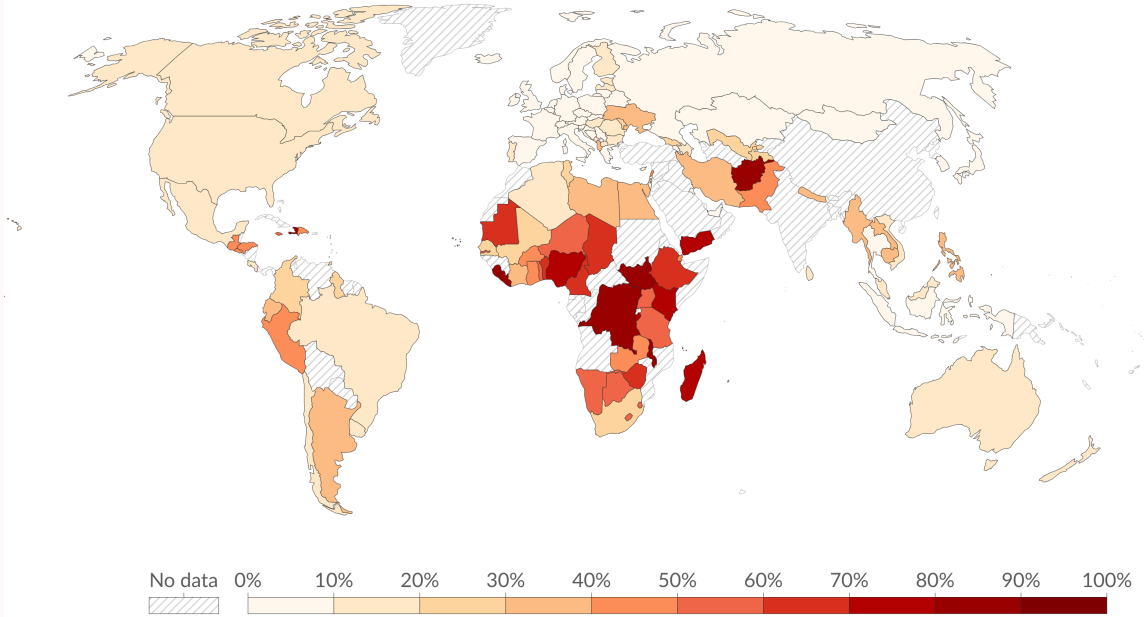


Risques climatiques pesant sur les systèmes agricoles

Share of population with moderate or severe food insecurity, 2023

Our World in Data

Food insecurity[1] is defined by the Food Insecurity Experience Scale (FIES). Moderate food insecurity is associated with the inability to regularly eat healthy, nutritious diets. Severe food insecurity is more related to insufficient quantity of food (energy).



Data source: Food and Agriculture Organization of the United Nations (2025)

OurWorldinData.org/hunger-and-undernourishment | CC BY

La sécurité alimentaire dans un climat qui change

Le changement climatique transforme l'agriculture

- Des sécheresses, inondations, vagues de chaleur et phénomènes extrêmes plus fréquents menacent la production agricole.
- Les impacts climatiques touchent les quatre piliers de la sécurité alimentaire : **disponibilité, accès, utilisation et stabilité.**
- L'agriculture doit produire davantage tout en utilisant les ressources plus efficacement, en s'adaptant au changement climatique et en réduisant ses impacts environnementaux.



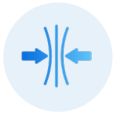
Accroître la productivité

Produire plus de nourriture pour une population croissante.



Améliorer l'efficacité

Utiliser plus efficacement la terre, l'eau, les engrais et les autres ressources.



Renforcer la résilience

Adapter les systèmes agricoles à une variabilité climatique croissante.



Protéger les écosystèmes

Réduire les émissions tout en protégeant les écosystèmes naturels.

Qui utilise l’information agricole ?

Les décisions agricoles se prennent à de nombreux niveaux, **de l’exploitation individuelle aux organisations mondiales**. **Même si leurs objectifs diffèrent, tous ont besoin d’informations fiables, exploitables et disponibles à temps.**

Agriculteurs et producteurs

Décisions : dates de semis, d’irrigation et de récolte.

Agronomes et conseillers agricoles

Décisions : conduite des cultures, optimisation des intrants et planification des récoltes.

Pouvoirs publics et assureurs

Décisions : politique agricole, assurance récolte et réponse aux catastrophes.

Organisations humanitaires et climatiques

Décisions : suivi de la sécurité alimentaire, réponse humanitaire et adaptation au climat.

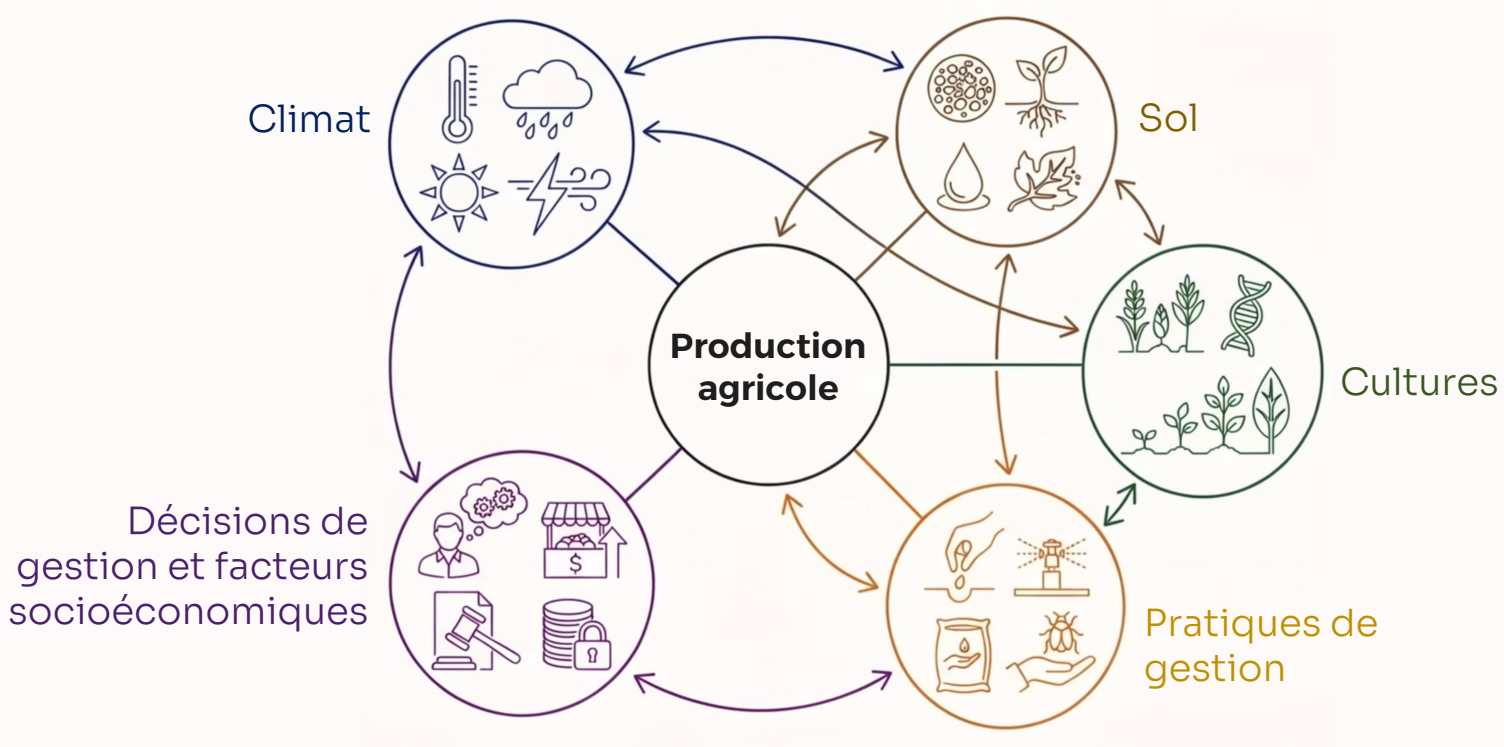


Champs agricoles au Canada
Image © 2026 Planet Labs PBC

Comprendre les systèmes agricoles grâce aux données

Les systèmes agricoles résultent d’interactions complexes entre le **climat**, le **sol**, les **cultures**, les **pratiques de gestion et les décisions humaines**. Saisir cette complexité exige des sources de données diverses et complémentaires.

Qu’est-ce qui détermine la production agricole ?



La production agricole résulte de l’interaction du climat, du sol, des cultures, de la gestion et de facteurs socioéconomiques. **Comprendre ces interactions exige d’intégrer plusieurs sources de données complémentaires.**

Observer les systèmes agricoles



Télédétection

Les observations satellitaires, aériennes et par drone fournissent une information continue sur la croissance des cultures, l'occupation du sol et l'état de la végétation.



Données météorologiques et climatiques

Température, précipitations, rayonnement et autres variables météorologiques issues de stations, de réanalyses et de modèles climatiques.



Informations sur les sols

Les propriétés du sol (texture, matière organique, humidité, fertilité) influencent la croissance et la productivité des cultures.



Observations de terrain et statistiques

Les observations au sol, les enquêtes sur les cultures, les registres de gestion et les statistiques agricoles fournissent une information de référence essentielle.

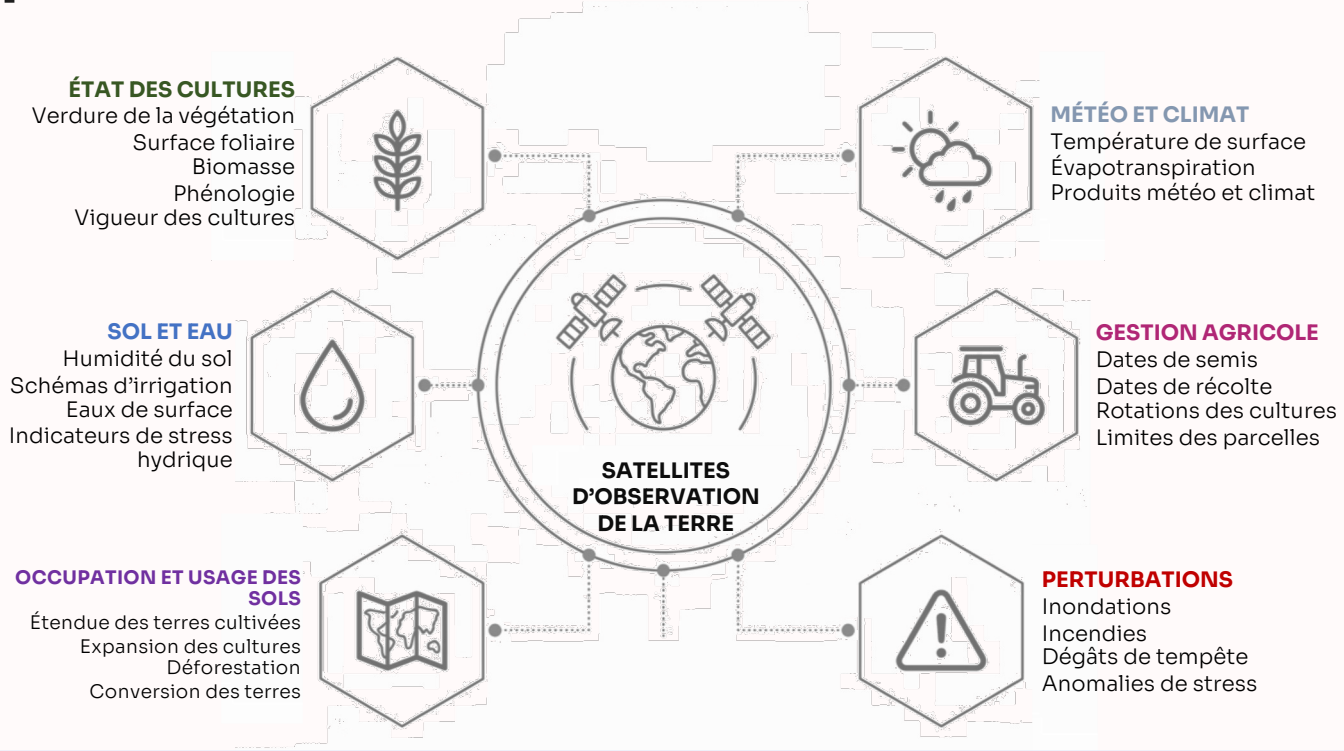
Que peut observer la télédétection ?

LES MULTIPLES VISAGES DE LA TERRE



Source : ESA

Que peut observer la télédétection ?



La télédétection fournit des **observations continues, objectives et spatialement explicites** qui permettent **un suivi agricole aux échelles locale, régionale et mondiale**.

Pourquoi l’observation de la Terre démultiplie le suivi agricole

L’observation de la Terre complète le suivi traditionnel sur le terrain en fournissant des observations continues et extensibles dans l’espace et dans le temps.

Suivi traditionnel sur le terrain

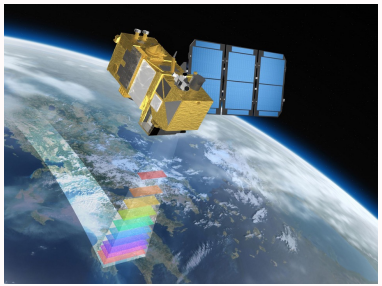




- Grande précision locale
- Exigeant en main-d’œuvre
- Chronophage
- Couverture spatiale limitée
- Difficile à étendre

Observations locales détaillées

Observation de la Terre depuis l’espace



- Couverture de grandes surfaces
- Observations fréquentes
- Archives historiques
- Mesures homogènes
- Suivi en quasi temps réel

Suivi continu et extensible

Les **observations de terrain** et **l’observation de la Terre** sont toutes deux essentielles.
Ensemble, elles fournissent des informations complémentaires pour le suivi agricole.

De la parcelle à la planète

Sentinel-2 revisite chaque point de la Terre tous les cinq jours, fournissant des observations homogènes pour le suivi agricole aux échelles locale, régionale et mondiale.

COUVERTURE MONDIALE DE SENTINEL-2



Source : ESA

Des observations homogènes recueillies dans le temps permettent de suivre les systèmes agricoles à des échelles impossibles à atteindre avec les seules observations de terrain.

L’observation de la Terre à différentes échelles

Les décisions agricoles exigent des données à des échelles variées, chacune impliquant des compromis entre **détail spatial, couverture et fréquence temporelle**.

Parcelle
Submétrique–10 m

Agriculteurs

Suivi de l’état des cultures
Gestion à taux variable

Exploitation
3–30 m

Chefs d’exploitation/ agronomes

Prévision des rendements
Zones de gestion

Régionale
10–30 m

Pouvoirs publics/chercheurs

Cartographie des cultures
Estimation des surfaces

Nationale
30–250 m

Gouvernement/ministère

Statistiques agricoles
Suivi de l’usage des sols

Mondiale
250 m–1 km+

Organisations internationales

Suivi de la sécurité alimentaire
Évaluation des sécheresses

Grand détail spatial — **Plus grande couverture géographique**

Des décisions agricoles différentes exigent des échelles d’observation différentes. Choisir les bonnes données d’observation de la Terre implique toujours un compromis entre détail spatial, couverture, fréquence de revisite et coût de calcul.

Forces et limites de l’observation de la Terre

Forces

- Suivi homogène de grandes surfaces dans l’espace et dans le temps.
- Les observations multicapteurs fournissent des informations complémentaires sur les systèmes agricoles.
- Les missions satellitaires ouvertes ont démocratisé le suivi à l’échelle mondiale.

Limites

- La couverture nuageuse limite les observations optiques.
- Compromis entre résolutions spatiale, temporelle et spectrale.
- Les satellites mesurent l’état de surface, pas directement les processus agricoles.
- Les observations au sol restent indispensables pour l’étalonnage et la validation.
- Les volumes massifs de données exigent un calcul extensible et des approches de modélisation robustes.

L’observation de la Terre offre des capacités de suivi sans précédent, mais transformer les observations en information exploitable exige **d’intégrer les données satellitaires aux observations de terrain, aux connaissances du domaine et à des approches de modélisation robustes.**

Question de quiz 1

Une organisation humanitaire doit surveiller les risques potentiels pour la sécurité alimentaire dans plusieurs pays et mettre à jour ses évaluations toutes les quelques semaines. Quelle option est la plus appropriée ?

A

Survols par drone de villages sélectionnés

B

Suivi satellitaire régional à mondial combiné à des indicateurs climatiques

C

Imagerie à très haute résolution de quelques exploitations

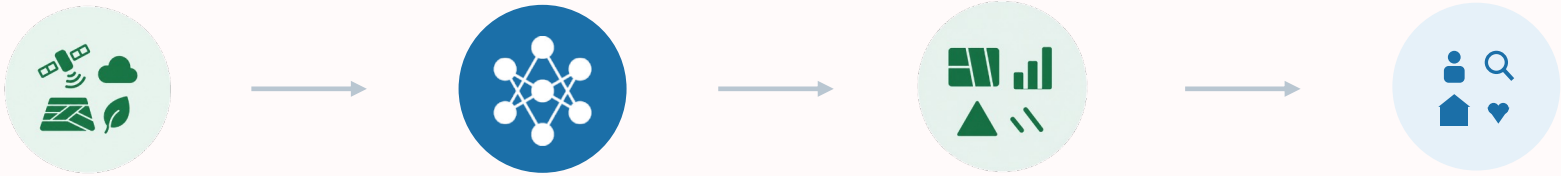
D

Enquêtes de terrain manuelles uniquement

Bonne réponse : B. L'organisation a besoin d'une large couverture géographique et de mises à jour fréquentes, même si la résolution spatiale est plus grossière que celle du suivi à la parcelle.

Des observations aux décisions

L'intelligence artificielle intègre plusieurs sources d'information agricole pour produire des éclairages exploitables pour la prise de décision.



Observations brutes

Imagerie satellitaire ▪ Climat ▪ Sol ▪ Observations de terrain

Modèles d'IA et intégration des données

Apprendre des motifs ▪ Intégrer les données ▪ Extraire l'information

Information exploitable

Cartes ▪ Prédictions ▪ Indicateurs · Alertes

Aide à la décision

Agriculteurs ▪ Pouvoirs publics ▪ Organisations humanitaires

L'IA transforme des observations hétérogènes en information exploitable en intégrant l'observation de la Terre à des sources de données agricoles complémentaires.

À chaque problème son approche d'IA

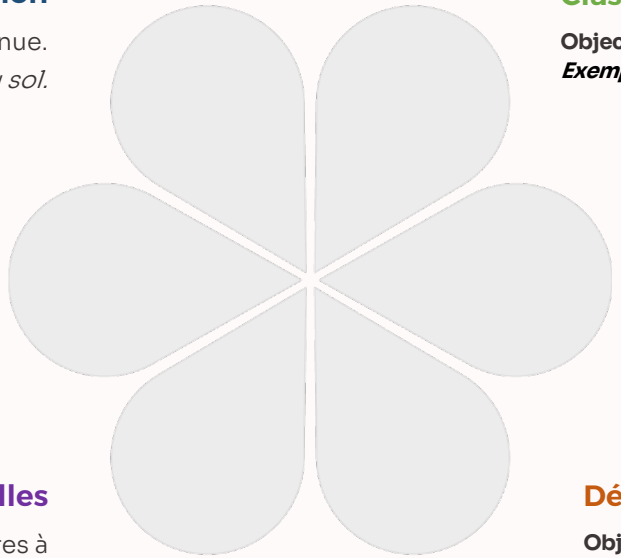
Le choix de la méthode d'IA dépend du type de question posée et de l'information que l'on veut produire.

Régression

Objectif : prédire une valeur numérique continue.
Exemple : *rendement, biomasse, humidité du sol.*

Classification

Objectif : attribuer une catégorie à chaque observation.
Exemple : *types de cultures, usage des sols.*



L'IA au service de l'agriculture

Segmentation sémantique

Objectif : classer chaque pixel d'une image.
Exemple : *délimitation des parcelles.*

Détection d'objets

Objectif : détecter et localiser des objets individuels.
Exemple : *comptage de fruits, détection des adventices.*

Prévision de séries temporelles

Objectif : prédire les conditions futures à partir des observations passées.
Exemple : *prévision des rendements, prévision des sécheresses.*

Détection d'anomalies

Objectif : détecter des schémas inhabituels ou inattendus.
Exemple : *stress des cultures, défaillances d'irrigation.*

À chaque problème son approche d'IA

Problème d'IA	AA classique	Apprentissage profond	Exemples agricoles
Régression	Régression linéaire, régresseur Random Forest, XGBoost, LightGBM	MLP, LSTM, Transformer temporel	Prévision des rendements, estimation de la biomasse, de l'humidité du sol et de l'azote
Classification	Régression logistique, Random Forest, XGBoost, SVM	CNN (ResNet, EfficientNet), Vision Transformer (ViT)	Cartographie des types de cultures, identification des maladies, distinction adventices/cultures
Détection d'objets	Rare dans les applications modernes	YOLO, Faster R-CNN, RetinaNet, DETR	Comptage de fruits, détection des adventices, du bétail et comptage des plants
Segmentation	Rare dans les applications modernes	U-Net, DeepLabV3+, Mask R-CNN, SegFormer	Délimitation des parcelles, cartographie des inondations et des surfaces brûlées
Séries temporelles/prévision	ARIMA, Random Forest, XGBoost	LSTM, GRU, Temporal Fusion Transformer (TFT), Transformer de séries temporelles	Prévision des rendements, de la croissance des cultures et des besoins en irrigation
Détection d'anomalies	Isolation Forest, One-Class SVM	Autoencodeurs, autoencodeurs variationnels	Épidémies, détection du stress des cultures, défaillances d'irrigation, croissance anormale

Choisir la bonne approche d'IA commence par bien comprendre le problème à résoudre.

Question de quiz 2

Un ministère souhaite estimer la production nationale de maïs trois mois avant la récolte afin de planifier les importations alimentaires. Quelle combinaison d'images et de méthode d'IA est la plus appropriée ?

A

Imagerie par drone à très haute résolution combinée à un modèle de détection d'objets (p. ex. YOLO) pour compter chaque plant.

B

Imagerie satellitaire nationale haute résolution analysée par un réseau de neurones convolutif (CNN) à partir d'une seule image acquise près de la date de prévision.

C

Une seule image satellitaire haute résolution analysée par un modèle de segmentation pour délimiter les parcelles.

D

Séries temporelles d'images satellitaires régionales combinées à des données météo et à un modèle d'apprentissage profond spatio-temporel pour prévoir les rendements.

Bonne réponse : D. La prévision nationale des rendements exige une large couverture, de la profondeur temporelle et l'intégration par l'AA de données d'observation de la Terre et climatiques.



Champs agricoles en Inde
Image © 2026 Planet Labs PBC

L’IA au service du suivi agricole

Le suivi agricole fournit la connaissance de la situation nécessaire à des décisions éclairées, de **la gestion à la parcelle à la politique nationale**. **L’IA transforme les observations continues de la Terre en information exploitable et disponible à temps, à plusieurs échelles.**

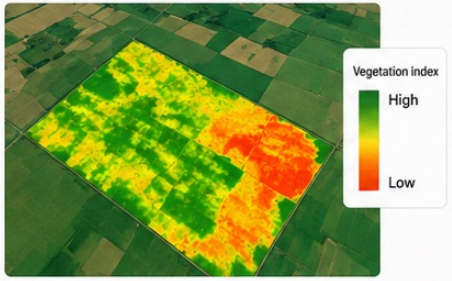
Apprendre la dynamique agricole dans l’espace et dans le temps

De nombreux problèmes agricoles dépendent aussi de l’évolution des cultures dans le temps.

1. SPATIAL ANALYSIS

Where is it happening?

Analyzes patterns within a single moment in time.



Captures spatial variability and context across a field or landscape.

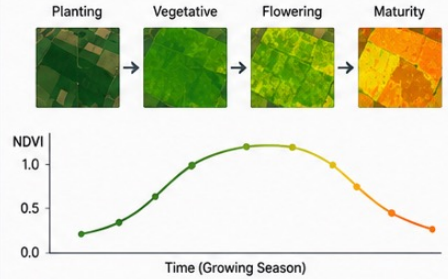
Exemples

- Variabilité intraparcellaire
- Cartes d’humidité du sol
- Zones de stress

2. TEMPORAL ANALYSIS

How is it changing over time?

Analyzes how a variable evolves over time.



Captures crop dynamics and seasonal trajectories.

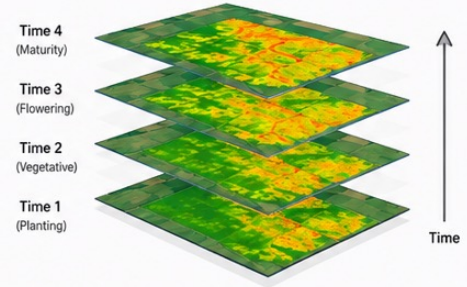
Exemples

- Stades de croissance
- Prévision des rendements
- Suivi des sécheresses dans le temps

3. SPATIO-TEMPORAL ANALYSIS

Where and how is it changing?

Combines spatial patterns and temporal dynamics.



Captures how patterns change over time across space.

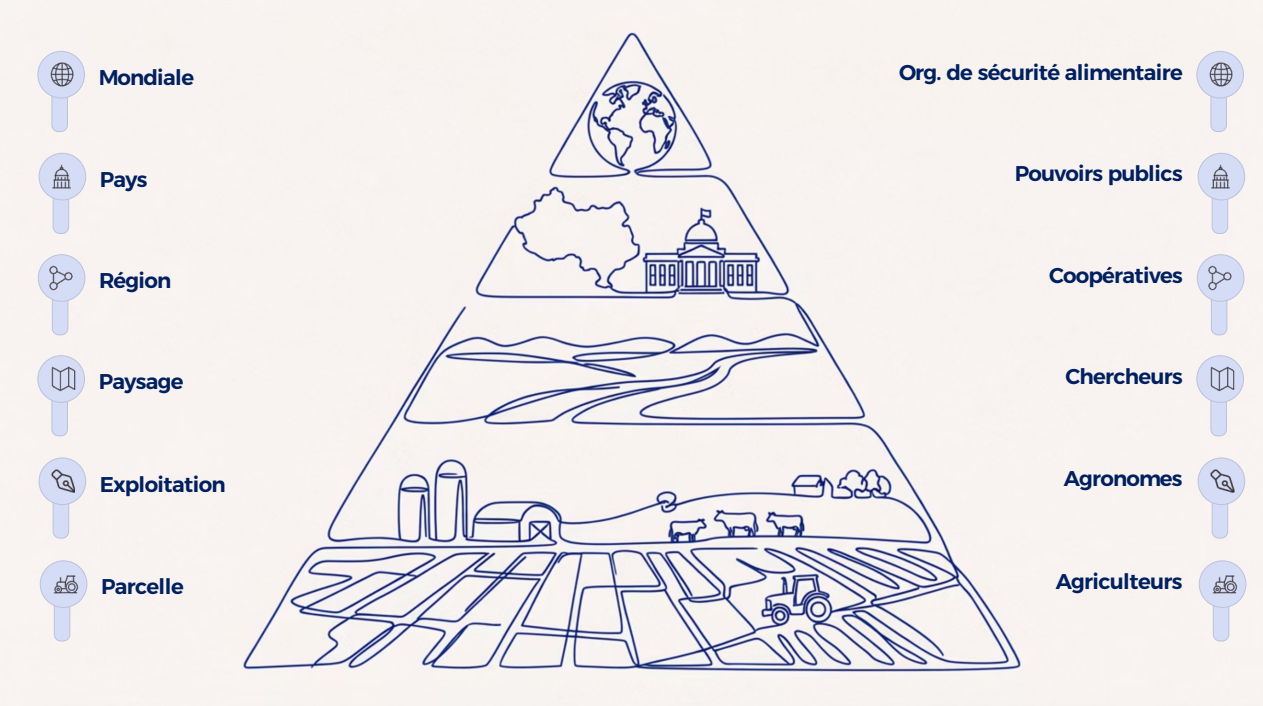
Exemples

- Prédiction spatio-temporelle des rendements
- Cartographie des types de cultures
- Détection des changements et alertes d’anomalies

Les modèles d’IA agricole les plus performants associent le contexte spatial à la dynamique temporelle pour comprendre l’évolution des cultures au fil du temps.

L’IA à toutes les échelles : des agriculteurs aux décideurs publics

L’**échelle de la décision** détermine **les données, les méthodes d’IA et les résultats nécessaires**.



Les mêmes données d’observation de la Terre peuvent servir des décisions très différentes selon l’échelle spatiale.



Champs agricoles au Brésil
Image © 2026 Planet Labs PBC

Pause

L’IA pour l’aide à la décision à la parcelle et à l’exploitation

À l’échelle de la parcelle et de l’exploitation, l’IA permet **l’agriculture de précision** : **la bonne intervention, au bon endroit, au bon moment.**

Cela améliore la productivité tout en réduisant les impacts environnementaux liés à l’excès d’intrants.

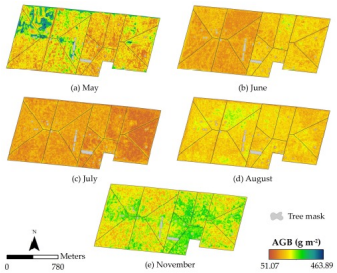


Image : Pixabay

Agriculture de précision :

Le bon intrant, au bon endroit, au bon moment

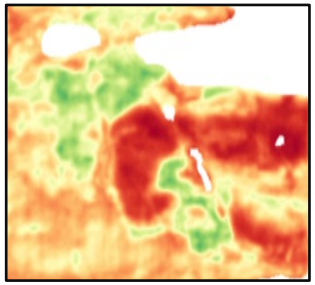
Appliquer les intrants (p. ex. eau, engrais, pesticides) uniquement là et quand c'est nécessaire, en fonction de **la variabilité intraparcellaire détectée par l'IA et la télédétection.**



Biomasse dans le temps

PlanetScope, XGBoost

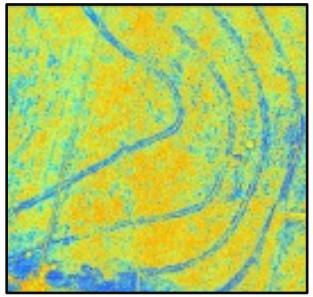
La croissance suit-elle son cours, ou prend-elle du retard dans certaines zones des parcelles ?



Prévision des rendements

Produit commercial, méthodologie propriétaire

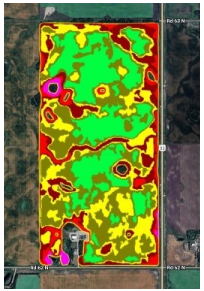
Quel sera le rendement de cette parcelle avant la récolte ? Comment varie-t-il au sein de la parcelle ?



Estimation de l'azote

Drone + Sentinel-2, Random Forest

Où cette parcelle a-t-elle besoin d'azote en ce moment ?



Carte de modulation *Produit commercial, méthodologie propriétaire*

Quelle quantité exacte de semences ou d'engrais, zone par zone

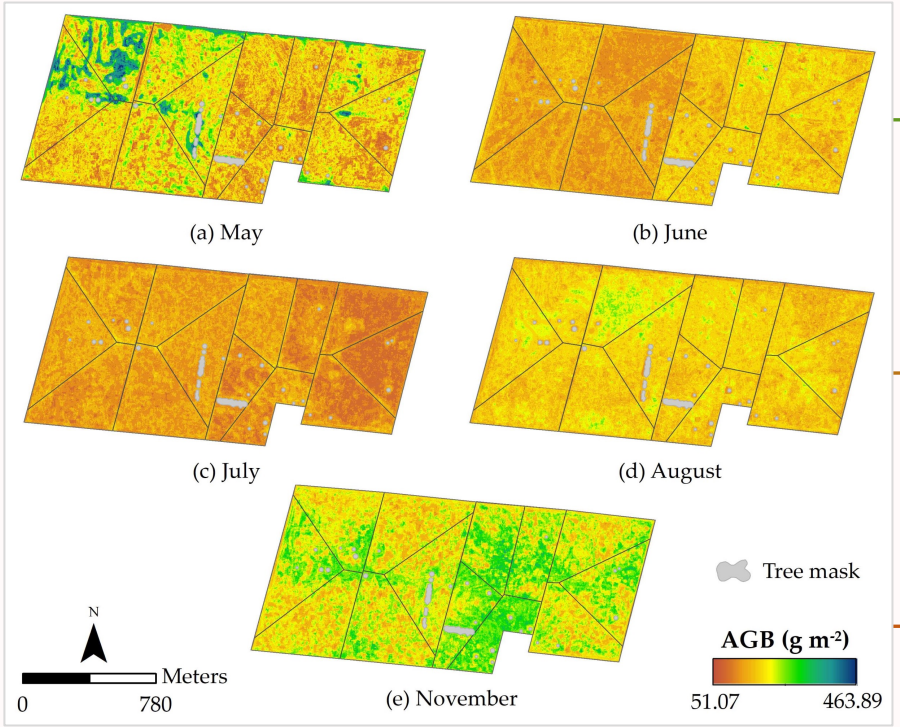
Sources : Reis et al. (2020), Pereira et al. (2022).

Source : CORVIAN

Applications de l'IA à la parcelle et à l'exploitation

Estimation de la biomasse dans le temps

Séries temporelles PlanetScope + XGBoost/Random Forest, entraînés sur la biomasse aérienne mesurée sur le terrain



CE MOIS-CI

Où faire pâturer ou faucher

Envoyer les animaux vers les paddocks les plus verts du mois ; laisser reposer les orange.

PROCHAIN APPORT

Où fertiliser ensuite

Les zones qui restent orange pendant deux mois ou plus, pas toute la parcelle.

HORIZON PLUS LONG

Où vérifier sur le terrain

Les zones toujours faibles, quel que soit le mois : vérifier l'ombrage, le drainage ou le tassement avant d'incriminer les nutriments.

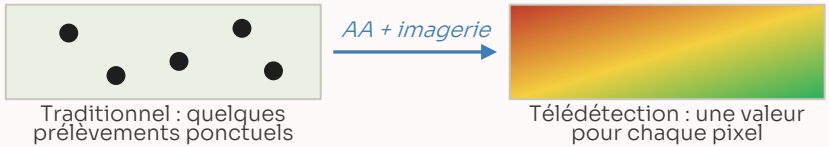
Source : Reis et al. (2020)

AGB = biomasse aérienne

Applications de l'IA à la parcelle et à l'exploitation

Estimation de l'azote : des points isolés aux cartes

Images drone, PlanetScope et Sentinel-2 + Random Forest, entraîné sur l'azote mesuré sur le terrain



CE QUE MONTRE LA CARTE

La parcelle n'est pas homogène

Certaines zones ont besoin d'azote maintenant ;
d'autres non : **un instantané de cette culture, à ce stade de croissance**.

QUEL TYPE DE CONNAISSANCE ?

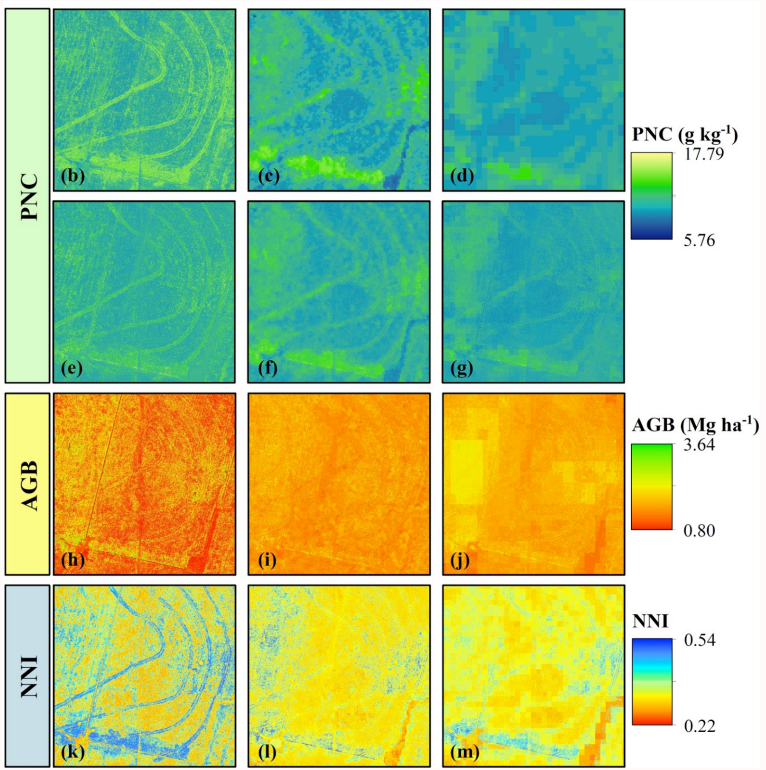
Un instantané en cours de saison

Lié à la météo et au stade de croissance de l'année : **il sera différent le mois ou la saison prochaine**.

CE QUI MANQUE ENCORE

Savoir où, ce n'est pas un plan

Transformer ceci en dose applicable est l'étape suivante.



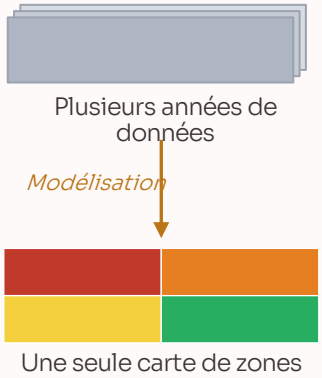
PNC = teneur en azote de la plante, AGB = biomasse aérienne, NNI = indice de nutrition azotée

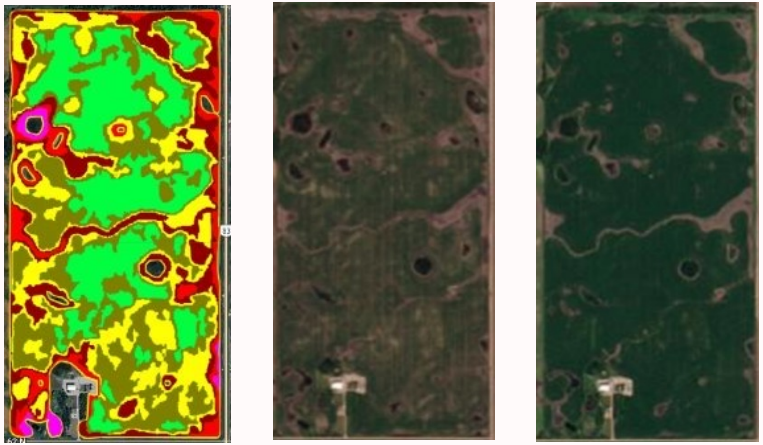
Source : Pereira et al. (2022)

Applications de l'IA à la parcelle et à l'exploitation

Carte de modulation : transformer les zones en actions

Plusieurs années de données, modélisées par le logiciel propriétaire de Corvian





CE QUI CHANGE ICI

Un schéma structurel, pas un instantané

Construit à partir de plusieurs années de données

LA DÉCISION

Dose exacte par zone, automatiquement

Dose de semences ou d'engrais chargée directement dans le matériel.

POURQUOI LES DEUX COMPTENT

Le bon intrant, au bon endroit

Adapter les intrants à la **variabilité réelle de la parcelle** accroît la rentabilité et **réduit l'excès d'engrais et d'eau** : un soutien direct à une agriculture intelligente face au climat et économe en ressources.

Applications de l'IA à la parcelle et à l'exploitation

Cartes de prévision des rendements

Modélisé par le logiciel propriétaire de Corvian

AVANT LA RÉCOLTE

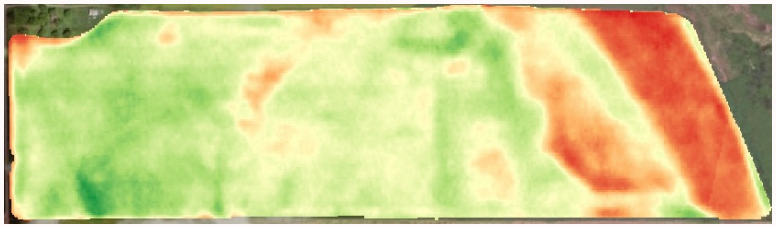
Planifier le stockage, les ventes, la logistique, l'ordonnancement

RÉCOLTE

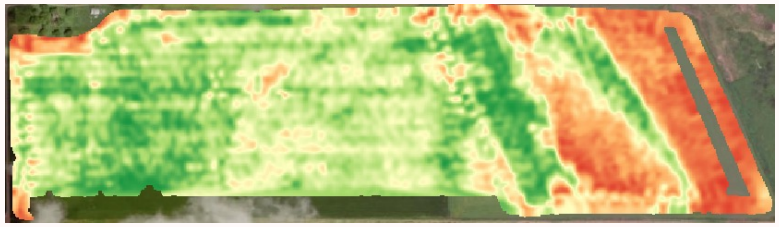
La moissonneuse enregistre ce qui s'est réellement passé

APRÈS LA RÉCOLTE

Valider le modèle, diagnostiquer les zones durablement faibles, alimenter les modèles de la saison suivante



Carte de prévision des rendements



Carte générée par le capteur de rendement de la moissonneuse

Le rendement moyen résume la performance. Les cartes de rendement montrent où la gestion peut améliorer la productivité.

L’IA pour les décisions à l’échelle régionale et nationale

À l’échelle régionale et nationale, la question change complètement : **quelles cultures sont pratiquées, où évoluent-elles et comment les systèmes agricoles se transforment-ils dans le temps ?**

À mesure que les pratiques intelligentes face au climat, comme les cultures de couverture, le semis direct et les systèmes intégrés, se généralisent, les paysages agricoles deviennent plus divers et plus difficiles à suivre avec les approches conventionnelles.

L’IA aide à saisir ces schémas spatiaux et temporels complexes, permettant un suivi agricole précis aux échelles régionale et nationale.

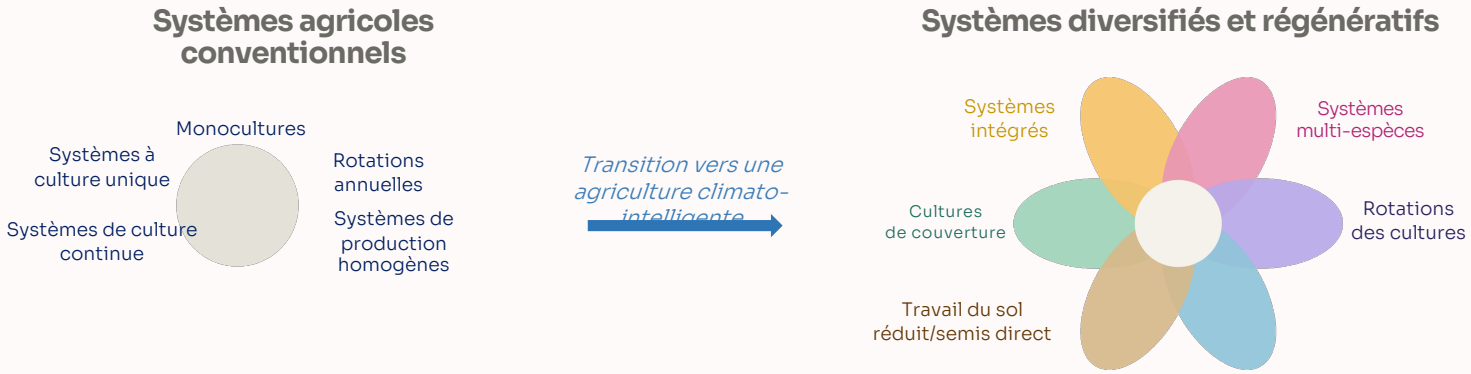


Champs agricoles en France
Image © 2026 Planet Labs PBC

Applications de l’IA à l’échelle régionale et nationale

L’agriculture intelligente face au climat transforme les paysages agricoles

Les systèmes agricoles se diversifient pour améliorer la résilience, la santé des sols et la durabilité.

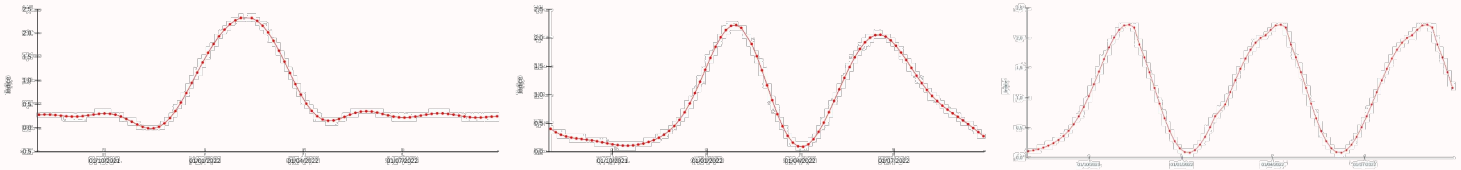


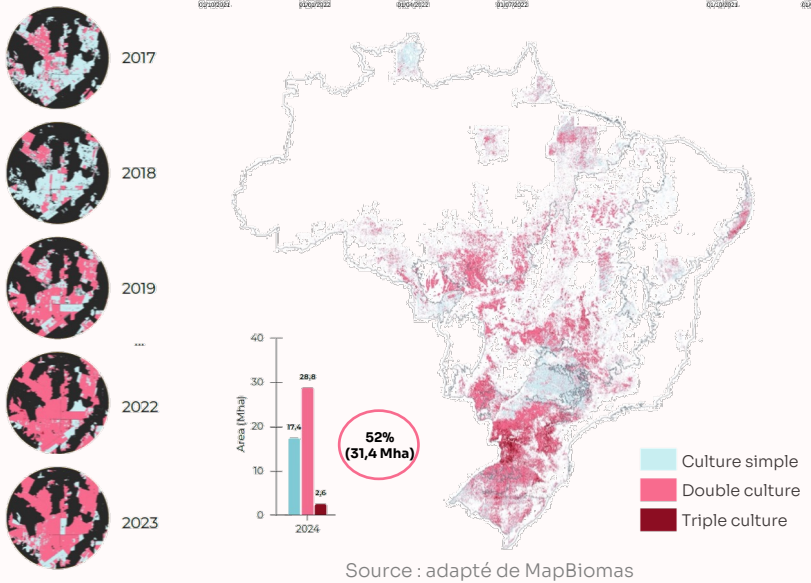
L’agriculture intelligente face au climat crée des systèmes de production plus sains et plus résilients.

Applications de l’IA à l’échelle régionale et nationale

Des systèmes agricoles plus complexes exigent un suivi plus avancé

Les paysages agricoles passent de systèmes de culture relativement simples à des systèmes de gestion dynamiques, d’une complexité temporelle croissante.





Source : adapté de MapBiomas

Pourquoi ces systèmes sont-ils plus difficiles à suivre ?

→ Cultures similaires à différents stades de croissance

→ Plusieurs cycles de culture dans la même année

→ Dynamique saisonnière

→ Cultures de couverture à cycle court

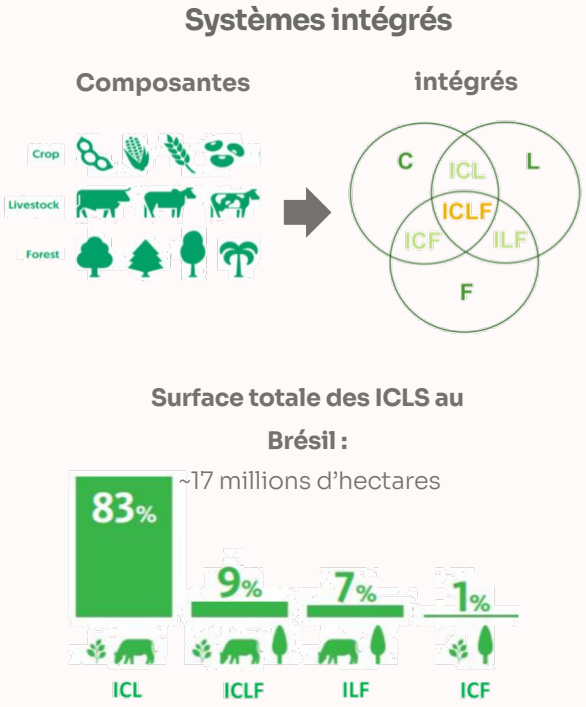
→ Forte variabilité temporelle

→ Signatures spectrales similaires

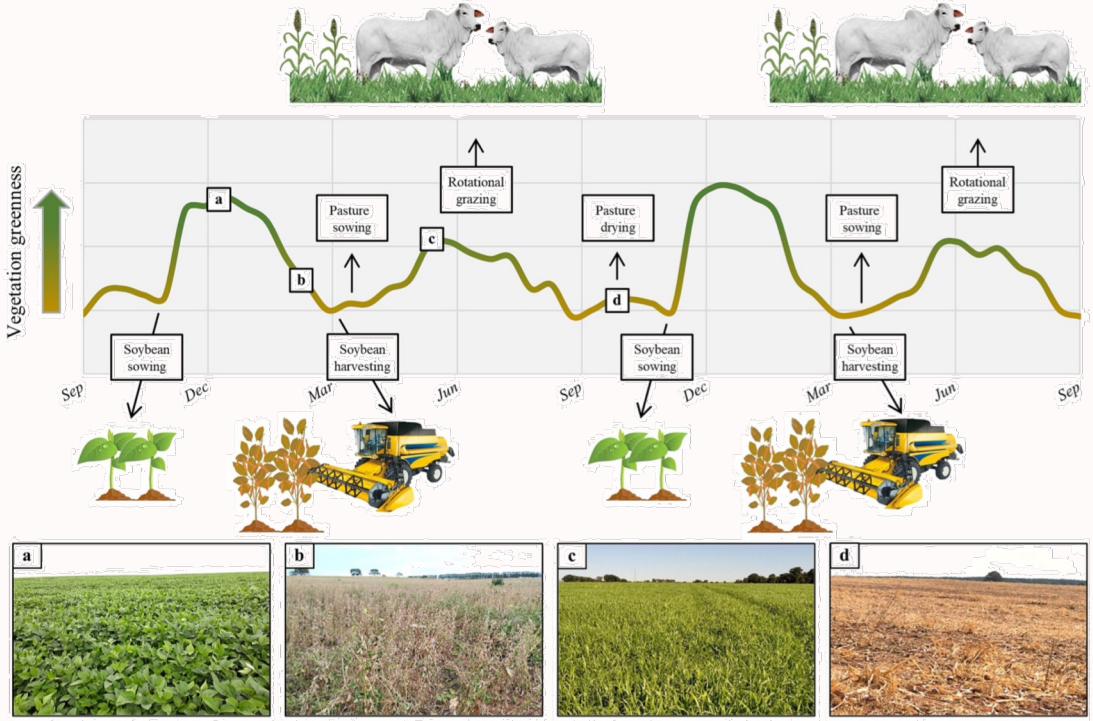
Saisir ces dynamiques spatiales et temporelles complexes exige des approches d’IA plus robustes.

Applications de l'IA à l'échelle régionale et nationale

Étude de cas : *Cartographier des systèmes agricoles complexes par apprentissage profond, le cas des systèmes intégrés culture-élevage (ICLS) au Brésil*



Source : réseau ILPF (2023, 2026)

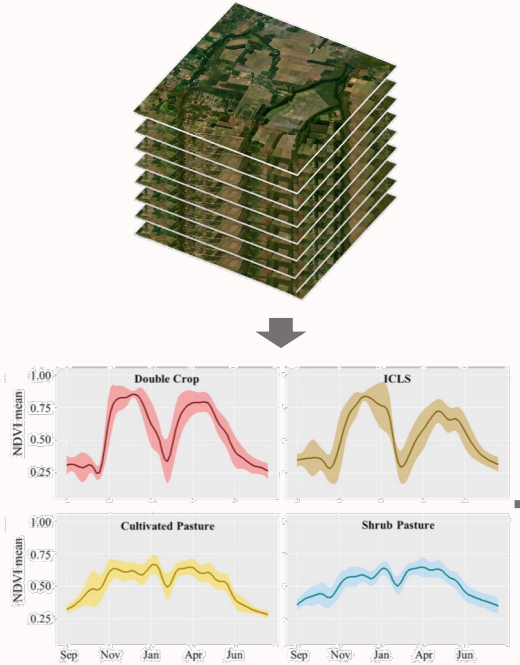


Source : Bueno et al. (2023)

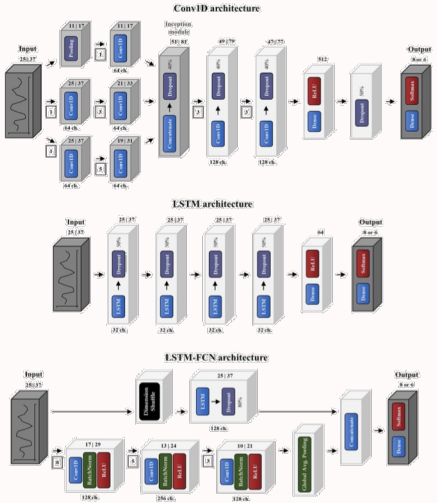
Applications de l'IA à l'échelle régionale et nationale

Étude de cas : *Cartographier des systèmes agricoles complexes par apprentissage profond, le cas des systèmes intégrés culture-élevage (ICLS) au Brésil*

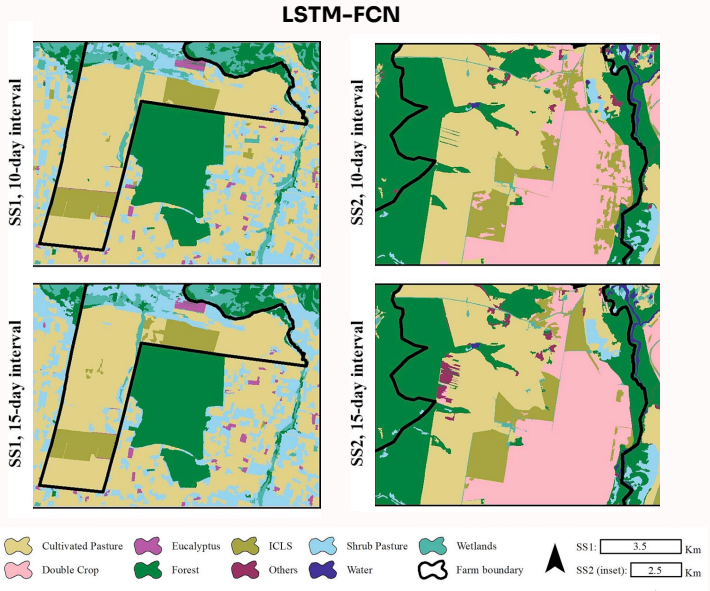
Séries temporelles PlanetScope



Classifieurs à réseaux de neurones profonds



Cartographie des ICLS



Précision par classe des ICLS :
PA (précision du producteur) = 97,0 % ;
UA (précision de l'utilisateur) = 97,0 % pour SS1 (site d'étude 1)
PA = 82,0 % ; UA = 96,5 % pour SS2 (site d'étude 2).

Source : adapté de Bueno et al. (2023)

Applications de l’IA à l’échelle régionale et nationale

Pourquoi cartographier les systèmes intégrés ?

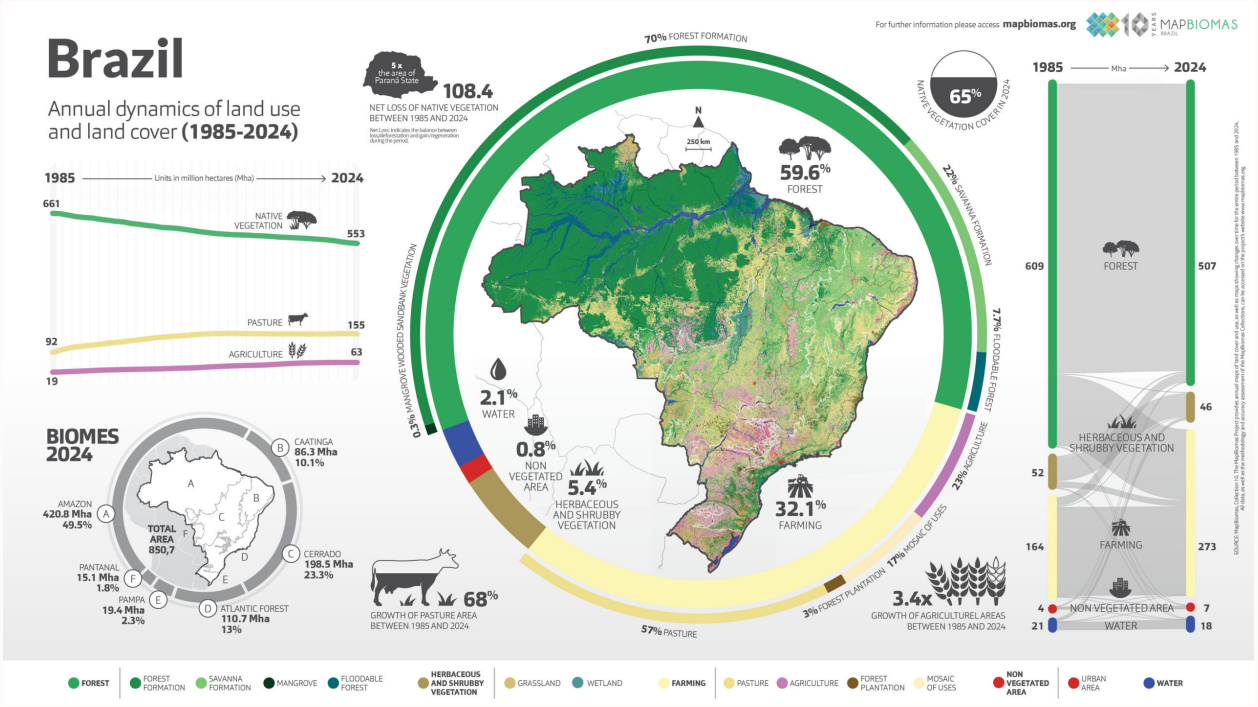
De meilleures cartes permettent de meilleures décisions pour de multiples acteurs.



Applications de l’IA à l’échelle régionale et nationale

Étude de cas : *MapBiomas*

*MapBiomas est une **initiative brésilienne multi-institutionnelle** réunissant ONG, universités et entreprises technologiques, qui cartographie l’occupation et l’usage des sols et leurs changements au Brésil.*



40 ans
1985–2024, en continu

30 m et 10 m (collection bêta)
Résolution Landsat et Sentinel-2

9 Md+
pixels classés/an

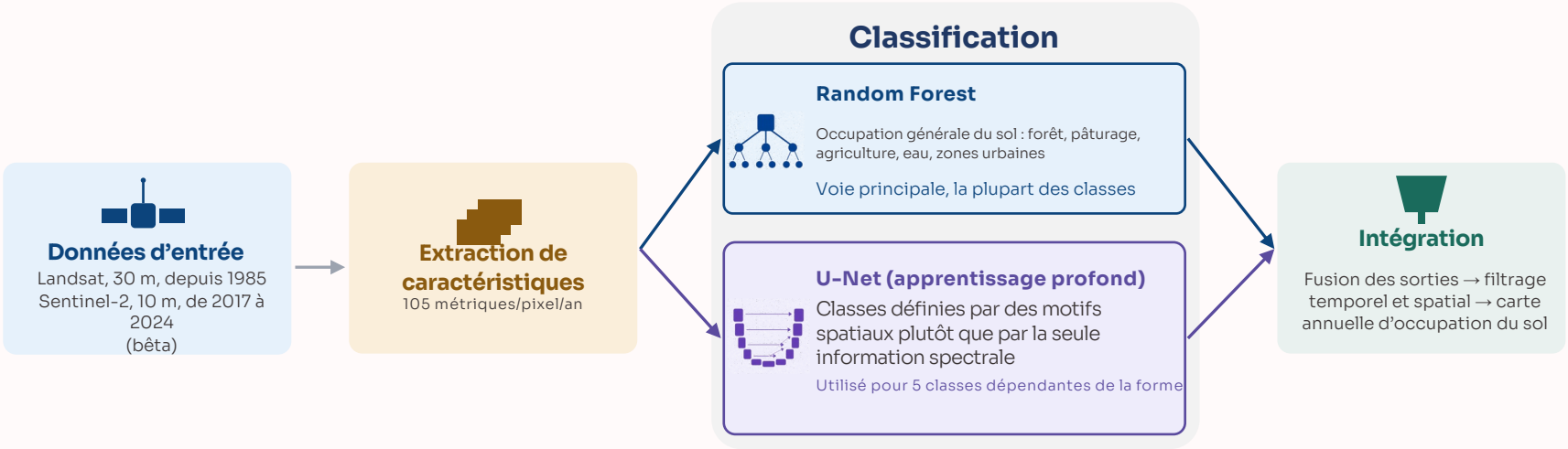
+30
classes d’occupation et d’usage des sols

Source : MapBiomas Brésil, collection 10

Applications de l’IA à l’échelle régionale et nationale

Étude de cas : *MapBiomas*

MapBiomas adapte le modèle au problème : Random Forest pour l’occupation générale du sol, U-Net pour les classes dépendantes de la forme.



Le bon modèle pour le bon problème.

Choisir le bon algorithme pour chaque problème, plutôt que de s’en remettre à un modèle unique, permet à MapBiomas de couvrir tout un pays tout en conservant une grande précision pour les classes complexes dépendantes de la forme.

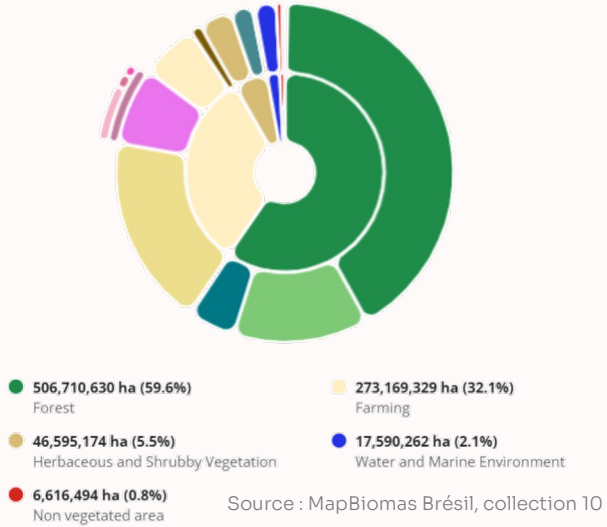
Source : MapBiomas Brésil, collection 10

Applications de l’IA à l’échelle régionale et nationale

Pourquoi c’est important : les décisions rendues possibles par MapBiomas

- *Les produits de MapBiomas alimentent directement la gouvernance environnementale du Brésil et fonctionnent comme une infrastructure opérationnelle, et pas seulement comme un produit de recherche.*

Couverture par classe – 2024



Source : MapBiomas Brésil, collection 10

Prise de décision

→ Appuyer les politiques et programmes
→ Évaluer l’efficacité des politiques dans le temps
→ Appuyer la lutte contre la déforestation
→ Éclairer la comptabilité climat et carbone
→ Garantir la conformité du crédit rural
→ Orienter la gestion des incendies
→ Appuyer la gestion des ressources en eau
→ Hiérarchiser la planification de la conservation
→ Soutenir et rendre possible la recherche mondiale
→ Faire respecter le régime foncier

Une base de preuves unique, transparente et publique, indépendante de tout gouvernement, permet aux pouvoirs publics, aux tribunaux, aux ONG et aux instances internationales d’agir sur les mêmes faits.

L’IA pour les décisions à l’échelle mondiale

À l’échelle mondiale, il faut savoir **où les cultures sont pratiquées, combien elles produisent et où des risques pour la production peuvent apparaître.**

Le suivi mondial des cultures se heurte à **des lacunes de données, une couverture inégale des enquêtes et des saisons de culture décalées entre hémisphères.**

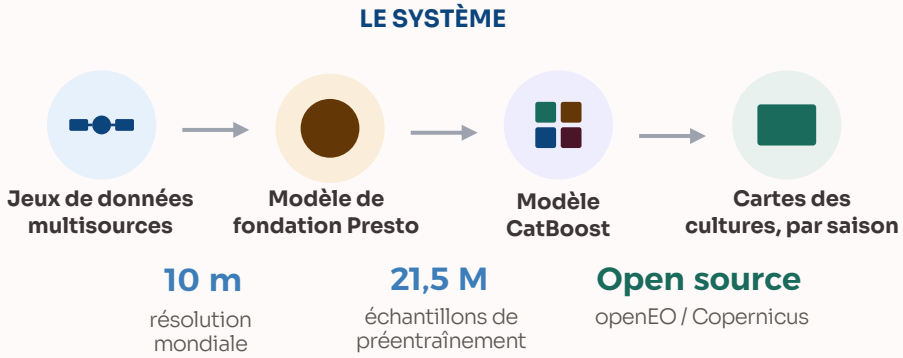
L’IA combinée à de multiples sources de données offre une vision mondiale de l’agriculture, au service des évaluations de la sécurité alimentaire et des décisions d’alerte précoce.



Applications de l'IA à l'échelle mondiale

ESA WorldCereal

WorldCereal est un projet de recherche financé par l'Agence spatiale européenne, qui vise à fournir un système de traitement gratuit, dans le cloud, pour produire des cartes personnalisées à haute résolution de la localisation et du type des cultures, aux échelles locale et mondiale.



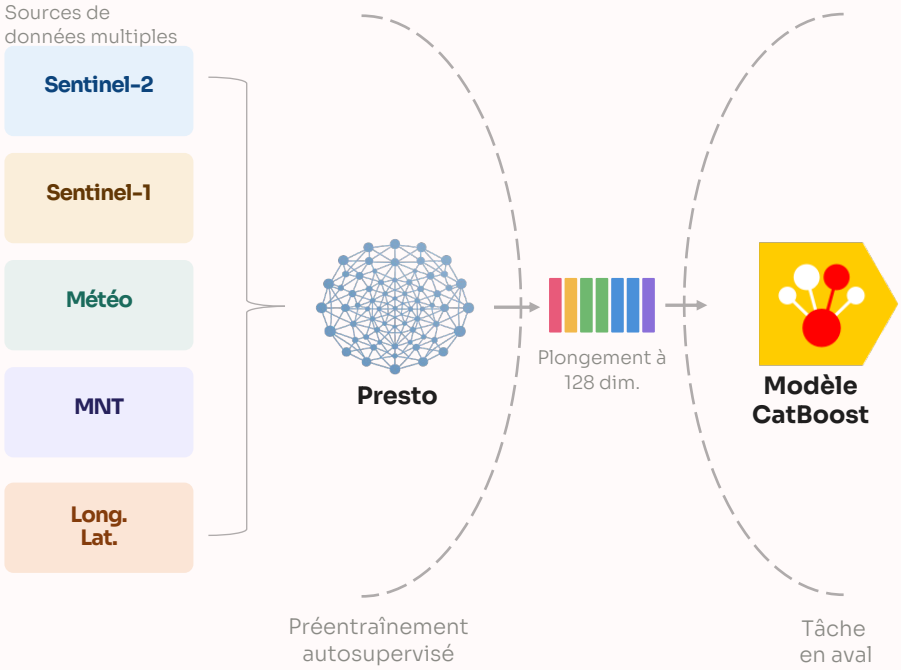


Carte des cultures temporaires WorldCereal à 10 m de résolution pour 2021.
Source : ESA WorldCereal, 2026.

Applications de l'IA à l'échelle mondiale

Modèles de fondation géospatiaux : *Presto, Pretrained Remote Sensing Transformer*

Le modèle préentraîné sur lequel repose la classification des cultures de WorldCereal.



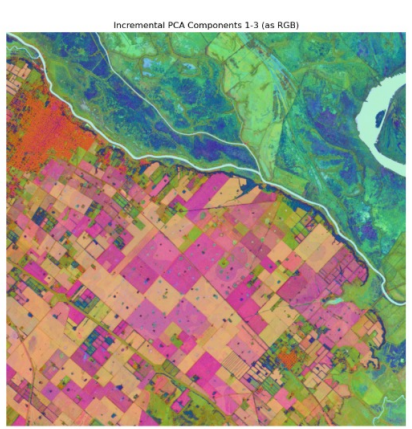
→ Développé par **NASA Harvest (Tseng et al., 2023)**

→ **Apprend à partir de millions de points de données non étiquetés**

→ Représente **des séries temporelles multimodales sous la forme d'un vecteur de plongement à 128 dimensions**

→ Entraîne la cartographie des cultures en aval avec une grande capacité de généralisation

→ Adapté pour WorldCereal afin d'utiliser beaucoup moins d'étiquettes



Exemple visuel de plongements Presto calculés dynamiquement dans une région proche de Buenos Aires, en Argentine. Les 128 plongements sont représentés ici à partir d'une ACP réduite à trois composantes RVB. ***Source : ESA WorldCereal***

Applications de l'IA à l'échelle mondiale

GEOGLAM Global Crop Monitor

GEOGLAM (Group on Earth Observations Global Agricultural Monitoring) *est une initiative du G20 qui coordonne l'observation de la Terre, l'information agroclimatique et l'expertise pour renforcer le suivi agricole et soutenir la sécurité alimentaire mondiale.*

Le ***GEOGLAM Global Crop Monitor*** *est le produit phare de GEOGLAM : une évaluation mondiale mensuelle de l'état des cultures qui combine des produits d'observation de la Terre (dont des jeux de données issus de l'IA), des informations agroclimatiques, des observations de terrain et le consensus d'experts des agences partenaires internationales.*

DONNÉES D'ENTRÉE

Étendue des cultures
Masques de terres cultivées et cartes de cultures de sources multiples, dont des produits issus de l'IA comme ESA WorldCereal lorsqu'ils sont disponibles.

Observation de la Terre
Indicateurs satellitaires de l'état de la végétation, dont le NDVI, le fAPAR et les anomalies de végétation.

Conditions agroclimatiques
Précipitations, température, humidité du sol, évapotranspiration et indicateurs de sécheresse.

Observations de terrain
Rapports nationaux et observations sur place des agences partenaires.

ÉVALUATION D'EXPERTS

Des experts régionaux et nationaux évaluent indépendamment l'état des cultures.

Les divergences sont examinées à l'aide de multiples sources de preuves.

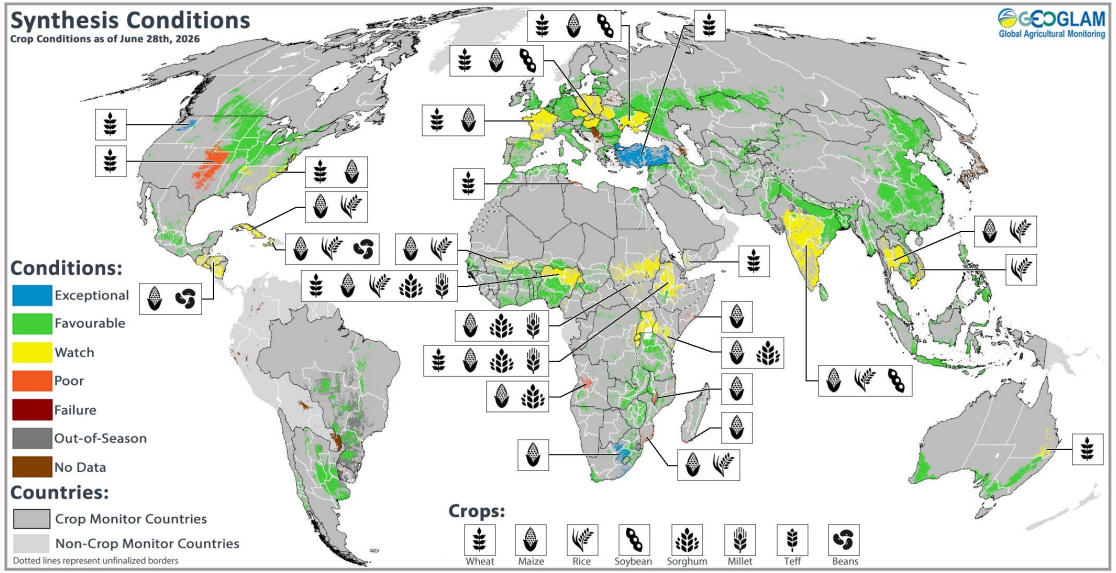
Les experts discutent des évaluations régionales et parviennent à un consensus avant publication.

Les évaluations consensuelles sont publiées dans le Crop Monitor mensuel.

Applications de l'IA à l'échelle mondiale

GEOGLAM Global Crop Monitor

Synthèse du Crop Monitor for AMIS (Agricultural Market Information System), du Crop Monitor for Early Warning et de contributions directes de différents pays.



L'état des cultures dans les principales zones de production repose sur des données ***incluant la télédétection, les observations au sol, les rapports de terrain et l'expertise nationale et régionale****.*

Décisions éclairées

- Alerte précoce sur les risques pour la production alimentaire
- Planification de la réponse humanitaire
- Transparence des marchés et évaluations de la sécurité alimentaire
- Préparation nationale et coordination internationale

Source : GEOGLAM Crop Monitor (12 juillet 2026)

Applications de l’IA à l’échelle mondiale

L’IA permet le suivi mondial ; l’expertise humaine, des décisions fiables.

Ce que permet l’IA

• Suivre l’état des cultures de manière homogène entre pays et continents.

• Détecter les premiers signes de sécheresse, de stress des cultures et de risques pour la production.

• Produire en temps utile, à grande échelle, des produits issus de l’observation de la Terre impossibles à réaliser manuellement.

• Fournir une information objective et reproductible pour le suivi agricole mondial.

Pourquoi garder l’humain dans la boucle

• Interpréter les résultats de l’IA à la lumière des connaissances locales et du contexte réel.

• Évaluer l’incertitude avant d’agir sur des décisions à fort impact.

• Résoudre les contradictions entre plusieurs sources de données.

• Combiner les éclairages de l’IA avec le jugement d’experts et les observations de terrain.

• Garantir la transparence et la responsabilité des décisions opérationnelles.

L’IA démultiplie l’information. L’expertise humaine la transforme en décisions dignes de confiance.

Plus l’échelle de la décision est grande, plus il devient important de combiner l’IA avec l’expertise humaine, la transparence et la collaboration institutionnelle.

Question de quiz 3

Un pays adopte un système d'alerte précoce aux sécheresses fondé sur l'IA pour orienter l'aide alimentaire d'urgence. Quel choix de conception est le plus susceptible d'améliorer la prise de décision ?

A

Maximiser la précision prédictive avec un modèle complexe d'apprentissage profond.

B

Produire des prévisions à la résolution spatiale la plus fine possible.

C

Combiner des prédictions fiables avec des estimations d'incertitude et livrer les résultats dans un format que les agences locales peuvent facilement interpréter et utiliser.

D

Privilégier un modèle déployable partout dans le monde sans adaptation régionale.

Bonne réponse : C. Combiner des prédictions fiables avec des estimations d'incertitude et livrer les résultats dans un format que les agences locales peuvent facilement interpréter et utiliser.

Limites, IA responsable et défis concrets

Limites techniques

- Disponibilité et qualité limitées des données d'entraînement
- Biais géographique : un modèle entraîné dans une région peut mal se généraliser à d'autres
- Transférabilité limitée entre cultures, régions et systèmes de gestion
- Non-stationnarité du climat : le passé ne prédit pas forcément l'avenir
- L'incertitude des prédictions augmente quand les conditions environnementales changent

Enjeux d'une IA responsable

- Interprétabilité et transparence des résultats des modèles
- Accessibilité et équité : à qui profitent les outils d'IA ?
- Risques d'une dépendance excessive à l'IA pour les décisions à fort enjeu
- Communiquer clairement l'incertitude aux décideurs
- Évaluer les modèles au regard des décisions qu'ils doivent éclairer

⚠ **Les résultats de l'IA doivent éclairer la décision, sans remplacer le jugement d'experts ni être considérés comme la vérité terrain.**

Perspectives et pistes de recherche

L'IA évolue de modèles spécialisés vers des systèmes intégrés, réutilisables et accessibles pour l'observation de la Terre.

Évolution technologique

Plongements terrestres

Représentations générales de la surface terrestre adaptables à de multiples tâches en aval.

Modèles de fondation

Grands modèles préentraînés pouvant être ajustés pour un large éventail de tâches d'observation de la Terre.

Apprentissage multimodal

Modèles qui apprennent conjointement à partir d'images satellitaires, de la météo, des sols, de la gestion et de textes.

Démocratiser l'accès

Données ouvertes

Disponibilité accrue de données agricoles et environnementales de qualité pour la recherche et le développement.

Outils open source

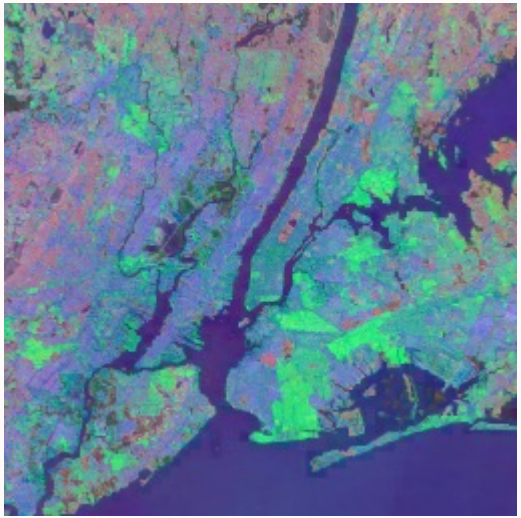
Les outils open source rendent les méthodes d'IA avancées plus accessibles et reproductibles.

Accessibilité mondiale

Réduire les obstacles pour les chercheurs et les praticiens, notamment dans les régions pauvres en données.

> Des systèmes d'IA intégrés qui combinent observation de la Terre, climat, gestion et données de terrain pour produire une information exploitable au service de décisions climato-intelligentes.

Perspectives et pistes de recherche



Exemple de plongements annuels AlphaEarth

Source : Google Earth Engine Data Catalog ; Google DeepMind.

Modèles de fondation et plongements terrestres

Au lieu d'entraîner un modèle distinct pour chaque tâche agricole, les modèles de fondation apprennent des représentations générales de la surface terrestre adaptables à de nombreuses applications en aval.

Applications potentielles

- Cartographie des cultures
- Suivi des cultures
- Suivi de l'usage des sols
- Détection des changements
- Estimation de la biomasse

Limites actuelles

- Conçus pour l'analyse historique plutôt que pour le suivi en cours de saison
- Les plongements annuels peuvent fusionner plusieurs saisons de culture
- Les dynamiques agricoles fines peuvent se perdre dans les systèmes très saisonniers
- Nécessitent un ajustement spécifique pour les applications agricoles opérationnelles

Prochaines étapes concrètes

Continuer à explorer l'IA pour l'agriculture et la sécurité alimentaire

Explorer les données

→ Plongements AlphaEarth (Google Earth Engine)
→ ESA WorldCereal
→ MapBiomas
→ Fields of the World
→ Jeux de données de référence (p. ex. CY-Bench)

Explorer des jeux de données réels pour l'IA agricole.

Construire avec des outils ouverts

→ Google Earth Engine
→ Python (leafmap, geemap)
→ Google Colab

Créer et tester des flux de travail d'IA avec des outils open source.

Pratiquer et expérimenter

→ Explorer des tutoriels et des notebooks
→ Reproduire des flux de travail publiés
→ Ajuster des modèles de fondation

Pratique concrète avec de vrais notebooks et flux de travail.

Rejoindre la communauté

→ Climate Change AI
→ NASA Harvest
→ GEOGLAM
→ IEEE GRSS

Des lieux pour continuer à apprendre et échanger avec des praticiens.

Ressources : AlphaEarth Colab Notebook · AlphaEarth Dataset (GEE) · CY-Bench (Crop Yield Benchmark) · WorldCereal (GitHub) · MapBiomas



Champs agricoles du monde entier
Images © 2026 Planet Labs PBC

Climate Change AI
École d'été virtuelle 2026

Merci !

Aliny Reis, PhD
Scientifique principale en télédétection · Corvian

alinyreis@hotmail.com
aliny.reis@corvian.com

linkedin.com/in/aliny-reis

De meilleures décisions commencent par une meilleure information.

L'IA transforme les observations de la Terre en information exploitable, pour de meilleures décisions agricoles, de la parcelle à la sécurité alimentaire mondiale.