

# Opérationnaliser la donnée satellite pour suivre l'amélioration des pratiques agricoles

Par Antoine LEFEBVRE

Président-directeur général et co-fondateur de Kermap

Considérée comme un impératif pour faire face aux enjeux environnementaux et climatiques, la transition agricole est aujourd'hui impulsée par des objectifs politiques et des programmes de financement ambitieux. Ceux-ci commandent de s'équiper de solutions de mesure conciliant objectivité, envergure géographique et réactivité. Les produits d'analyse satellite élaborés par Kermap répondent à ces enjeux. Ils permettent de consolider la chaîne de valeur environnementale de la filière agricole en livrant des indicateurs fiables et opposables sur les pratiques agricoles durables : diversification culturale, couverture des sols, gestion des prairies, des infrastructures agro-écologiques ou encore de l'irrigation. Une « opérationnalisation » concrète des données issues de l'imagerie satellite qui fait écho aux objectifs du plan France 2030, visant à faire émerger des acteurs innovants valorisant la donnée spatiale au bénéfice de la transition écologique.

## PRATIQUES AGRICOLES : UNE INDISPENSABLE TRANSITION

Près de 30 % de la population mondiale a souffert d'insécurité alimentaire grave ou modérée en 2022<sup>1</sup>. Un chiffre alarmant qui tend à reléguer au second plan l'urgence environnementale et climatique. Et pourtant. L'accélération et l'intensification des événements climatiques extrêmes perturbant la production agricole démontrent bel et bien que le changement climatique figure parmi les principaux facteurs d'insécurité alimentaire.

L'enjeu est double : construire des modèles agricoles résilients qui permettront de subvenir aux besoins de près de 10 milliards d'êtres humains à horizon 2050. Mais aussi réduire les émissions de CO<sub>2</sub> générées par le secteur afin d'atténuer sa propre empreinte climatique. C'est le sens des différentes politiques publiques et initiatives privées visant à réorienter rapidement le modèle agricole vers des pratiques véritablement durables, tout en restant productives et rémunératrices pour les agriculteurs.

## L'ENJEU DES SOLS

### Un appauvrissement alarmant

Au centre de cette dynamique figure un élément incontournable : le sol. Son état est aujourd'hui plus qu'alarmant : selon la Commission européenne, la proportion des sols

---

<sup>1</sup> L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde, FAO, 2023.

dégradés sur le territoire européen serait comprise entre 60 et 70 %<sup>2</sup>, pour des coûts associés estimés à 50 milliards d'euros par an, dont 54 % liés à la perte de services écosystémiques (stockage carbone, contrôle hydrologique, cycle des nutriments, biodiversité des sols...).

Les causes de cet appauvrissement des sols sont connues : niveaux excessifs d'intrants, érosion hydrique, surcompaction...<sup>3</sup>. Les solutions pour y remédier aussi : elles consistent entre autres à rompre avec le modèle de monoculture intensive, *via* l'agriculture biologique, l'agroforesterie, l'agriculture de régénération des sols ou la gestion durable des prairies.

## Vers un autre régime des sols

Ces pratiques intègrent un ensemble d'actions visant à redonner au sol ses qualités écosystémiques : stimulation de la biodiversité et de la fertilité naturelle du substrat, meilleure rétention d'eau, fixation des nitrates, stockage de carbone... Ces actions comprennent :

- la diversification culturale et allongement des rotations ;
- la réduction du labour ;
- la couverture permanente des sols (couverts d'interculture) ;
- la préservation des prairies permanentes ;
- la préservation et la réimplantation de haies et autres éléments paysagers favorables au développement de la biodiversité.

Leur généralisation implique l'accompagnement des agriculteurs, notamment au moyen d'incitations financières. Pour justifier l'efficacité de ces appuis, il s'agit de mesurer, rapporter, vérifier leur impact, sous des modalités adaptées aux enjeux de ces initiatives.

## Des modalités de suivi spécifiques

Les donneurs d'ordre ont en effet besoin de disposer d'informations remplissant une ou plusieurs des conditions suivantes :

- Une vision objective : la vérification de la bonne mise en œuvre des pratiques, ainsi que l'évaluation des progrès réalisés, nécessitent de disposer d'éléments quantifiables et non plus seulement déclaratifs.
- Une vision globale : il ne s'agit plus d'expérimenter sur quelques parcelles, mais de généraliser des pratiques à des milliers d'exploitations. Cela suppose le suivi de vastes territoires, logistiquement et financièrement trop lourd pour être réalisé par des humains. Ce passage à l'échelle est rendu possible par l'intelligence artificielle.
- Une vision à jour et instantanée : le suivi des programmes agro-écologiques implique de disposer d'une connaissance la plus à jour possible des cultures en place et des surfaces de production. Par ailleurs, la détection en quasi temps réel de modifications de l'état des sols agricoles rend possible la mise en place de systèmes d'alerte.

C'est le sens des produits de suivi satellitaire développés par Kermap.

---

<sup>2</sup> EU Soil Strategy for 2030: Reaping the benefits of healthy soils for people, food, nature and climate, 17 novembre 2021.

<sup>3</sup> Caring for soils is caring for life, Commission européenne, 2020.

## MOBILISER L'OBSERVATION DE LA TERRE POUR ACCOMPAGNER LA TRANSITION AGRICOLE

Fondée en 2017, Kermap s'est développée *via* la fourniture de services aux collectivités, sur la base de son expertise en extraction et classification automatique d'informations dans des images, principalement *via* des techniques d'apprentissage profond (*deep learning*). Anticipant les besoins liés au suivi agricole pour l'accompagnement des programmes de transition, Kermap a ensuite développé des produits d'analyse et de mesure des conditions et pratiques de culture, basés sur l'analyse d'images satellite, qui répondent aux contraintes citées plus haut.

### Un préalable : la connaissance des cultures

#### *L'identification des cultures majoritaires*

Dès 2020, Kermap a mis à profit son expertise dans le domaine du traitement d'images par intelligence artificielle, notamment *via* son modèle propriétaire de mosaïques désennuagées Nimbo, pour développer un procédé de suivi des cultures. En exploitant à la fois la dimension temporelle et la dimension spectrale des séries d'images satellites, ce réseau produit aujourd'hui une information détaillée sur les cultures occupant chaque parcelle agricole en Europe (voir la Figure 1), ainsi que les surfaces de production associées, avec une précision globalement supérieure à 90 % (voir la Figure 2). Il est intégré dans une chaîne de production capable de traiter rapidement de vastes territoires, ce qui permet à Kermap de livrer cette information dès la fin de saison culturale. En France, elle est disponible avec un an d'avance sur le Registre parcellaire graphique (RPG), recensant les zones de culture déclarées par les exploitants.

#### *La distinction hiver / été*

En parallèle, Kermap a également développé sur la France un algorithme de classification qui distingue les grandes cultures d'hiver et d'été, principalement le blé tendre d'hiver, le

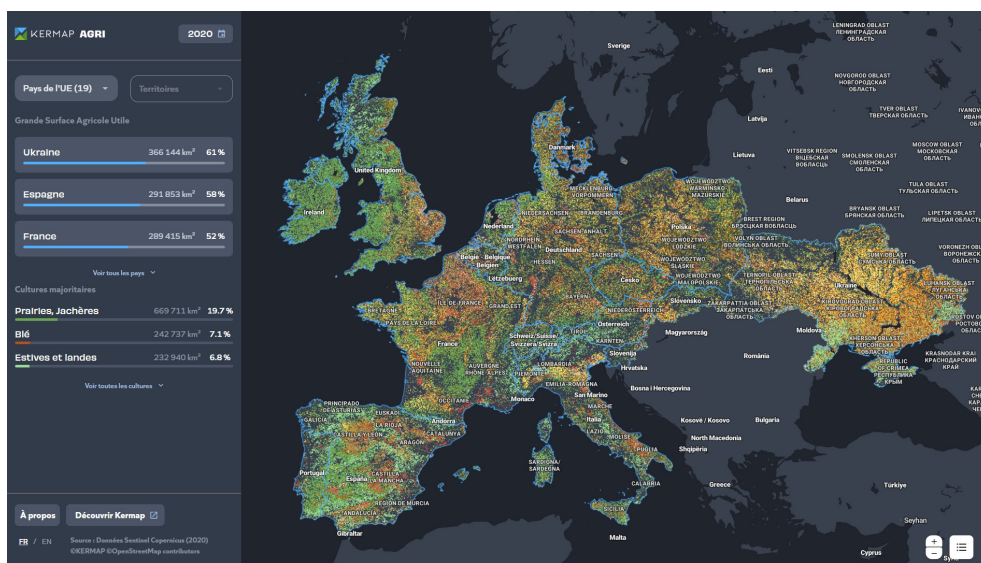


Figure 1 : Cartographie des parcelles agricoles sur 20 pays européens en 2020, capture d'écran du site agri.kermap.com (© Kermap).

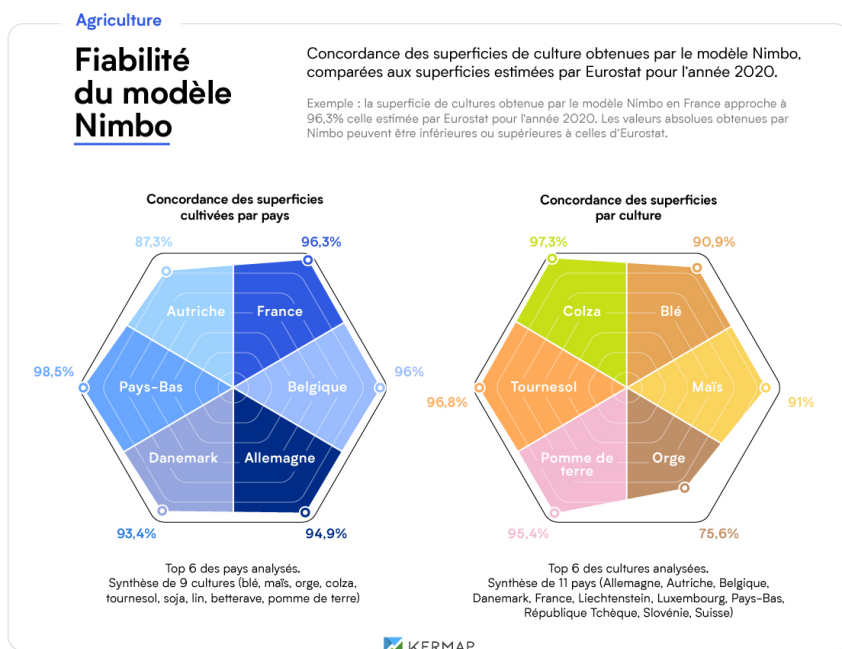


Figure 2 : Estimation de la fiabilité de du modèle d'identification des cultures par Kermap par comparaison aux données Eurostat en 2020 (© Kermap).

colza d'hiver, l'orge d'hiver, le lin, etc. Un produit particulièrement innovant car il n'existe actuellement ni sur le marché, ni dans la recherche académique.

### *L'identification "In Season"*

Enfin, Kermap a mis au point une approche permettant de fournir des produits de classification des cultures en quasi temps réel, ainsi que des estimations des surfaces de production en cours de saison, que ce soit à l'échelle de petites régions agricoles ou à des pays entiers. La Figure 3 présente l'évolution des surfaces de production des trois principales cultures d'hiver (blé tendre d'hiver, orge d'hiver et colza d'hiver) estimées par Kermap par rapport aux surfaces déclarées à la PAC sur l'aire d'influence d'une coopérative. On remarque un écart très faible dès le mois de mars pour le colza. Pour le blé tendre et l'orge d'hiver, cet écart se réduit sensiblement dès le mois de mai.

## Intercultures et durée de couverture

### *Une typologie des couverts intermédiaires*

Kermap mène également des activités de R&D sur le suivi des couverts intermédiaires depuis 2021, en collaboration avec le Centre d'études spatiales de la biosphère (Cesbio) et l'Institut national de recherche pour l'agriculture, l'alimentation et l'environnement (Inrae).

Ce travail mené pendant 2 ans a permis de produire la première carte inédite de la typologie des couverts intermédiaires à l'échelle de la France métropolitaine (voir la Figure 4), avec une précision comprise entre 82 et 95 % selon le territoire, et une précision globale de 89 % (à l'échelle de la France).

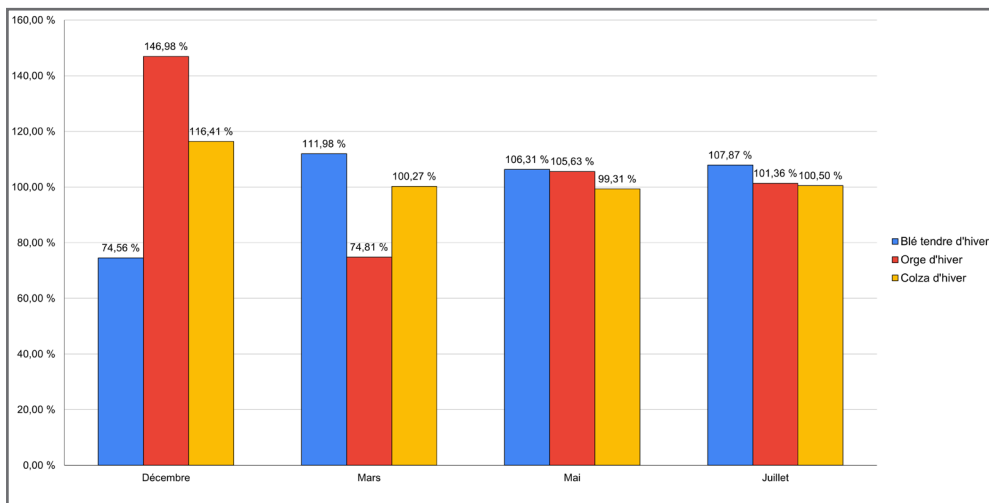


Figure 3 : Évolution des surfaces de production estimées par Kermap en 2020 par rapport à la déclaration PAC considérée comme vérité terrain : écart relatif entre surfaces prédites et surfaces de référence (© Kermap).

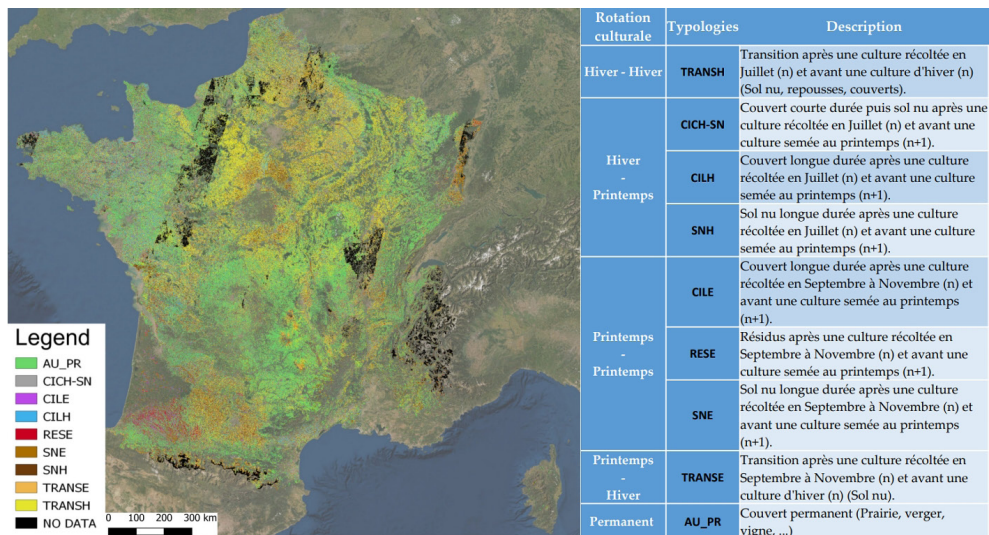


Figure 4 : Cartographie nationale des typologies de couvert intermédiaires.

Kermap, en collaboration avec le Cesbio, est le premier acteur à avoir fourni ce produit à l'échelle nationale (© Kermap).

### Mesurer la durée de couverture du sol

Sur la base de ces travaux, Kermap produit aujourd'hui des cartes de typologie simplifiées autour de deux critères : la temporalité (durée entre deux cultures principales) et la présence ou non d'un couvert intermédiaire. La société commercialise ainsi des produits d'estimation de durée de couverture des sols (DDC) à l'échelle de la parcelle (voir la Figure 5), de l'exploitation ou de la petite région agricole, d'estimation de la densité de



couvert végétal *via* le Leaf Area Index, et d'évaluation de l'hétérogénéité intraparcellaire *via* le NDVI (Normalized Difference Vegetation Index).

Ces produits ont rapidement fait écho aux besoins d'acteurs publics et privés souhaitant disposer d'un indicateur de durée de couverture des sols non plus alimenté par des éléments déclaratifs, mais par des observations objectives.

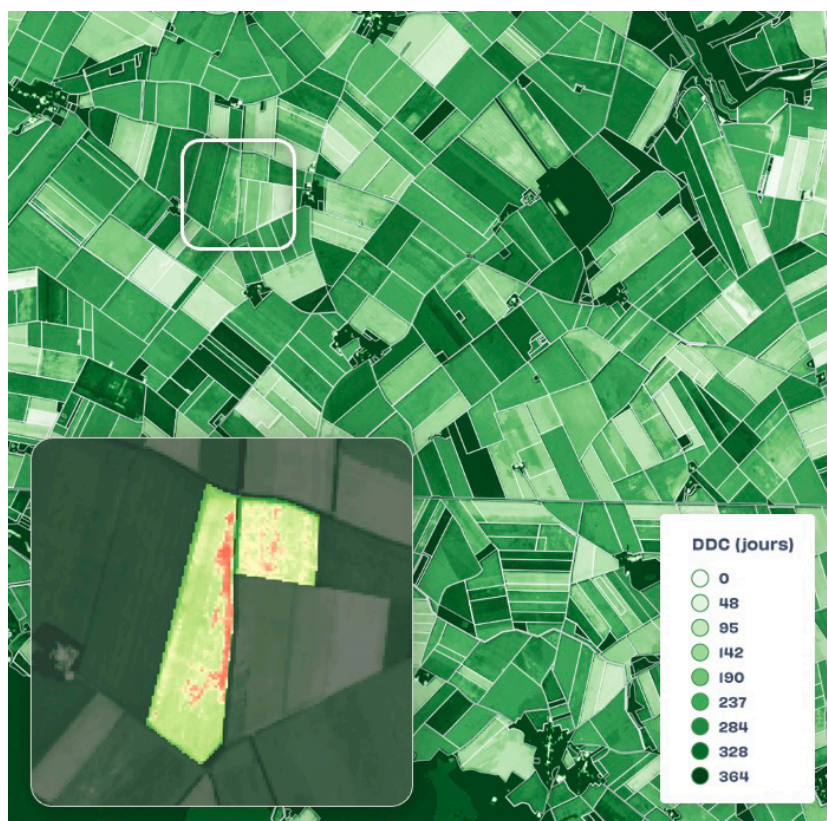


Figure 5 : Illustration du produit de mesure de la durée de couverture des sols et d'hétérogénéité intra-parcellaire (© Kermap).

### *Sols et biomasse*

Par ailleurs, la société travaille sur l'estimation de la biomasse des intercultures à partir d'une base de prélèvements de biomasse fraîche sur le terrain. Une activité de R&D consiste aujourd'hui à aboutir à l'estimation d'une biomasse sèche, appelée à intégrer une méthodologie de calcul robuste de la séquestration de carbone par les sols, dans le cadre de la valorisation des crédits carbone agricoles.

Ces travaux s'intéressent également au potentiel de fertilisation naturelle par la diffusion dans le sol des matières organiques issues de la décomposition des couverts végétaux d'interculture.

### *Infrastructures écologiques et biodiversité*

Kermap propose depuis sa création des services de cartographie des espaces végétalisés. Ceux-ci s'appuient sur ses modèles de *deep learning* réalisant automatiquement

l'extraction des infrastructures agro-écologiques. Ces modèles peuvent évoluer en milieu complexe comme les villes, ou en territoire plus dense comme les espaces bocagers, et ce à partir d'images à très hautes résolutions ou orthophotographies aériennes.

Cette approche est notamment utilisée pour réaliser le suivi des linéaires de haies et autres composantes du patrimoine arboré et arbustif agricole, éléments essentiels pour la préservation et la stimulation de la biodiversité (voir la Figure 6).



Figure 6 : Résultat de l'extraction automatique du bocage (illustré en rouge) à partir d'orthophotographies et de la méthode d'apprentissage profond, dit *deep learning* sur la Communauté de communes de Loudéac (© Kermap).

## Préserver la ressource en eau

Qualité de l'eau et modalités de partage de la ressource figurent également parmi les impératifs de la transition agricole. La mesure de durée de couverture des sols réalisée par Kermap est ainsi mise à profit par Eau de Paris, dans le cadre d'un programme de Paiement pour services environnementaux (PSE) destiné à préserver ses Aires d'alimentation et de captage (AAC).

Par ailleurs, Kermap a développé une compétence forte dans l'identification des cultures irriguées dans le cadre d'un projet R&D européen à TRL élevé, en partenariat avec les sociétés Farmleap et OKP4 et les coopératives Océalia et Val de Gascogne. Baptisé CROP, ce projet financé par le Centre national d'études spatiales (Cnes) a pour objectif d'identifier les cultures irriguées à l'échelle de la France métropolitaine à partir de données satellites et de données terrain. Forte de très bons résultats (précision de 89,6 %), l'expérimentation a donné lieu à la réalisation d'une première cartographie sur la région Occitanie, et une nouvelle version à l'échelle de la France est en cours de production.

Fort de cette expertise, Kermap s'est vu attribuer fin 2023 l'un des lots de l'appel d'offres « hydrologie » lancé par le Cnes et le ministère de La Transition écologique et de la Cohésion des territoires, dans le cadre du volet spatial France 2030. Intitulé « détection des parcelles agricoles irriguées et suivi de la densité du couvert végétal pour la protection

des eaux », ce dernier vise à produire des outils d'aide à la décision destinés aux services de l'État et aux acteurs des territoires.

## **L'IMAGERIE SATELLITE, UN ATOUT ENVIRONNEMENTAL ET ÉCONOMIQUE**

### **Répondre à des initiatives multiples**

La transition du modèle agricole se trouve à la croisée de plusieurs objectifs de développement durable de l'Unesco à horizon 2030 : faim zéro, eau propre, vie terrestre, consommation et production responsables... Pour les atteindre, de nombreux leviers d'action politique et financiers sont mobilisés *via* diverses initiatives supranationales de grande envergure (ONU/FAO, Union européenne, Banque mondiale, Forum économique mondial).

La transition agricole constitue notamment un élément central du Pacte Vert européen, *via* les stratégies « De la ferme à l'assiette », biodiversité et Sols 2030. À l'échelon français, la Stratégie nationale bas carbone et l'initiative 4 pour 1 000, ou plus récemment les volets agricoles du plan France Nation Verte, affirment l'engagement des autorités au soutien d'actions agro-écologiques. Parallèlement, de nombreux autres acteurs s'emparent du sujet, qu'ils soient privés ou publics, par le biais de programmes de Paiement pour services environnementaux (PSE) ou d'autres initiatives spontanées.

### **Démocratiser l'observation de la Terre, au service de la Terre**

Des éco-régimes de la PAC aux PSE en passant par les actions privées, aucune de ces initiatives ambitieuses ne peut se passer d'indicateurs objectifs, fournis à grande échelle et de manière régulière sur le long terme, pour certifier la mise en œuvre des programmes et en évaluer l'efficacité. Des exigences que le couple imagerie satellite/ intelligence artificielle est aujourd'hui en mesure de satisfaire.

Cependant, si la ressource et les moyens de l'exploiter existent, les solutions peinent encore à sortir des milieux académiques pour devenir opérationnelles.

L'enjeu pour une société comme Kermap est donc de faire en sorte que les fruits de ces avancées soient accessibles au plus grand nombre. Non seulement en produisant ces informations, mais en les livrant sous des formats immédiatement exploitables par les utilisateurs, *via* des plateformes de datavisualisation pour le *reporting*, ou des API pour l'intégration fluide des données dans leur système d'information.

### **Faire émerger des champions européens**

Ainsi démocratisée, la donnée issue de l'imagerie satellite trouve des applications concrètes et répliquables pour alimenter la chaîne de valeur environnementale de l'amont agricole, en demande de données de certification agro-écologique fiables et opposables. Kermap a développé une offre aujourd'hui commercialisée auprès d'acteurs agro-industriels comme Nestlé, McCain, Saint Louis Sucre, de coopératives agricoles comme Vivescia, ainsi qu'auprès d'acteurs publics comme Eau de Paris. D'autres partenaires agricoles tels que Groupe Carré, Noriap, Groupe Soufflet ou Bonduelle bénéficient aussi de ces indicateurs dans le cadre du programme Sols Vivants, porté par la Fondation Earthworm.

Cette trajectoire illustre le potentiel de création de valeur généré par la transition agricole pour les applications spatiales, dès lors que de véritables produits opérationnels et clé-en-main sont élaborés à destination des utilisateurs finaux. Ceux-ci ont vocation à s'interna-



tionaliser, tout en s'inscrivant dans l'ambition de souveraineté numérique de l'UE. Les produits Kermap s'appuient en effet sur une ressource d'imagerie 100 % européenne, les images du programme Copernicus, pour élaborer des données traitées et stockées localement et *via* un partenariat stratégique avec un opérateur *cloud* français majeur.

Ce positionnement fait écho à l'ambition affichée par le plan France 2030, qui fait de l'émergence de nouveaux usages du spatial, notamment « la valorisation des données spatiales », l'un de ses axes stratégiques<sup>4</sup>. C'est le sens, par exemple, de deux initiatives lancées en 2023 par le Cnes dans le cadre du plan France 2030 : l'appel d'offres portant sur l'utilisation de données spatiales pour le suivi et la gestion de l'eau, et de l'Appel à manifestation d'intérêt destiné à recenser les besoins des acteurs publics en données spatiales et services associés « qui peuvent contribuer aux 22 chantiers du plan France Nation Verte »<sup>5</sup>.

Les pouvoirs publics entendent ainsi favoriser « l'émergence et la croissance des acteurs innovants ». De futurs champions français et européens qui contribueront au dynamisme économique du territoire, à la souveraineté numérique et aux objectifs climatiques et environnementaux européens.

## BIBLIOGRAPHIE

FAO, FIDA, OMS, PAM & UNICEF (2023), « L'État de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2023. Urbanisation, transformation des systèmes agroalimentaires et accès à une alimentation saine le long du continuum rural-urbain », Rome, FAO.

COMMISSION EUROPÉENNE (novembre 2021), « Stratégie de l'UE pour la protection des sols à l'horizon 2030 : Récolter les fruits de sols en bonne santé pour les êtres humains, l'alimentation, la nature et le climat ».

DENIZE J., BEAUGENDRE N. & LEFEBVRE A. (janvier 2021), « Utilisation des données satellitaires Copernicus Sentinel afin d'identifier et caractériser les pratiques agricoles pour mieux protéger la ressource en eau », Colloque Contribution du spatial face aux enjeux de l'eau.

DENIZE J., ROUJEAN J-L, DEJOUX J-F, BEAUGENDRE N., LEFEBVRE A. & CESCHIA A. (2022), "Using Sentinel-2 data time series for the mapping of land use typologies during fallow periods over France", ESA Living Planet 2022, Bonn.

DENIZE J., CESCHIA E., DEJOUX J-F. & LEFEBVRE A., "Mapping land use typologies during fallow periods over France in using Sentinel-1 and -2 time-series, Remote Sensing of Environment", soumis.

EUROPEAN COMMISSION, DIRECTORATE-GENERAL FOR RESEARCH AND INNOVATION, VEERMAN C., PINTO CORREIA T., BASTIOLI C. *et al.* (2020), "Caring for soil is caring for life – Ensure 75% of soils are healthy by 2030 for food, people, nature and climate – Report of the Mission board for Soil health and food", Publications Office.

UNION EUROPÉENNE (2020), "Farm to fork strategy, for a fair, healthy and environmentally-friendly food system".

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET SOLIDAIRE (2019), « Stratégie Nationale Bas-Carbone », Fiche Agriculture.

---

<sup>4</sup> Présentation de la stratégie spatiale, ministère de l'Économie, des Finances et de la Relance, Communiqué de Presse du 6 décembre 2021.

<sup>5</sup> Communiqué de Presse, Gouvernement, 11 avril 2023.