

Revitaliser la Terre : la technologie au service de la régénération des sols

Comment utiliser la technologie pour régénérer les sols épuisés et accroître les surfaces agricoles disponibles ?

Par Mark Patrick, directeur contenu technique, Mouser Electronics



Image d'illustration : (Source : Kaspars Grinvalds/stock.adobe.com)

La surexploitation agricole et les phénomènes météorologiques extrêmes (sécheresse, tempêtes, inondations...) sont à l'origine d'une demande soutenue pour mettre en œuvre des moyens technologiques afin de transformer de grandes zones de terres non arables ou dégradées à travers le monde. Le redressement du secteur agricole requiert un large éventail de mesures sociales, économiques et réglementaires. À cet égard, le progrès technologique occupe une place centrale.

Les agriculteurs se tournent désormais vers des pratiques agricoles régénératrices, dites « intelligentes », qui intègrent toute une série d'innovations technologiques telles que l'imagerie satellite, des drones, des capteurs de sol, la robotique ou encore l'analytique de données propulsée par l'intelligence artificielle (IA) ou l'apprentissage automatique (ML). Ces outils de pointe permettent

aujourd'hui aux agriculteurs d'optimiser leurs opérations, de lutter contre la dégradation du sol, d'obtenir de meilleurs rendements et d'employer les ressources disponibles de façon plus efficace. Ils fournissent aux agriculteurs une masse d'informations à laquelle ils n'avaient jusqu'alors pas accès, mais qui leur offre à présent la possibilité d'anticiper les changements et de s'y adapter de façon proactive.

Alors que le secteur agricole est confronté à des problèmes persistants, dont la hausse des coûts agricoles et la rareté des ressources, la technologie ouvre le champ des possibles. L'intégration des progrès technologiques est en mesure d'orienter l'agriculture sur la voie de la gestion durable des sols et de la résilience agricole et laisse ainsi entrevoir un avenir plus radieux et surtout plus durable. Dans cet article, nous allons voir de quelle manière la technologie peut être utilisée pour revitaliser les terres dégradées en nous intéressant aux outils disponibles et aux stratégies envisageables.

Des outils agricoles intelligents

L'agriculture dite intelligente met à profit des technologies variées (détection, communication, analyse...) en vue d'améliorer l'efficacité, la productivité et la durabilité des pratiques agricoles. Bien que cette forme d'industrie ne soit encore à ses débuts, elle n'en est pas moins en nette expansion. Elle représentait déjà un marché d'une valeur de 22,65 milliards de dollars en 2023 et devrait connaître un taux de croissance annuel composé (TCAC) de 13,7 % entre 2024 et 2030.¹[footnoteRef:2]

Étant donné le nombre grandissant de défis auxquels le secteur de l'agriculture doit aujourd'hui faire face, l'agriculture intelligente apparaît comme une option des plus salutaires. En faisant appel à un large éventail d'outils puissants basés sur les technologies les plus récentes et les plus performantes, l'agriculture intelligente révolutionne la façon dont nous considérons et améliorons l'utilisation des terres et, ce faisant, nous conduit à adopter des pratiques agricoles plus durables et plus efficaces.

Images satellites

Parmi la batterie d'outils que comprend l'agriculture intelligente, et bien qu'il s'agisse de la technologie la plus physiquement éloignée du plancher des vaches, l'imagerie satellite est aussi l'une des plus transformatrices. Les satellites permettent en effet de surveiller de vastes zones agricoles autrement inobservables à hauteur d'homme. Les vues aériennes ainsi obtenues peuvent révéler des informations inédites sur l'érosion, la santé des cultures ou l'utilisation des terres. Grâce à ces informations, il est dès lors possible de définir des interventions ciblées en vue de s'attaquer à la racine des éventuels problèmes soulevés.

L'Agence spatiale européenne (ESA) soutient depuis longtemps l'agriculture intelligente en mettant à la disposition du public certaines informations collectées par ses satellites et régulièrement mises à

¹ <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/smart-agriculture-farming-market>

jour. Outre des images précises à des fins d'analyse visuelle, l'ESA fournit également à travers son système SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) de précieuses informations sur le taux d'humidité des sols. Ces informations permettent non seulement aux agriculteurs de planifier les irrigations, mais aussi de les avertir des risques de sécheresse ou de stress hydrique.²^[footnoteRef:3]

Capteurs de sol

En remplacement des habituels tests en laboratoire, les sondes permettent de relever un flux continu de données en temps réel concernant l'état du sol : taux d'humidité, taux de nutriments, pH, etc. Sur la base de ces informations, il est alors possible de dresser un topo détaillé de l'état de santé du sol afin d'estimer sa capacité à accueillir des cultures. Dans le cas de sols dégradés, le déploiement de capteurs de sol tels que le [MODBUS-RTU RS485 de Seeed Studio](#) (voir **figure 1**) permet de collecter des informations sur les causes sous-jacentes de la dégradation.



Figure 1 : afin de résister à un long séjour dans le sol, les capteurs d'humidité et de température du sol de Seeed Studio sont certifiés IP68 (Source : Mouser Electronics)

En plus de relever le taux d'humidité et la température du sol, ces capteurs disposent également d'une fonction optionnelle de mesure du courant électrique. Ces fonctionnalités participent à identifier les problèmes qui affectent les sols, obtenir un feed-back intelligent et gérer les ressources – en particulier l'eau.

Automatisations intelligentes

Dans le domaine de l'agriculture, l'automatisation offre de nouvelles perspectives en termes d'efficacité et de précision. De l'irrigation à la lutte contre les nuisibles, de nombreuses tâches

² <https://earth.esa.int/eogateway/missions/smos>

peuvent être automatisées tout en visant une utilisation optimale des ressources disponibles et en améliorant la santé et le rendement des cultures.

D'autres applications peuvent elles aussi contribuer à une efficience accrue. L'agrivoltaïsme (voir **figure 2**) en est un exemple. Dans ce système, des panneaux solaires automatisés et mobiles sont déployés au besoin pour couvrir ou ombrager des animaux d'élevage ou des cultures. Ce système associe ainsi la production d'électricité à un dispositif de protection et d'amélioration des conditions de production agricole.



Figure 2 : panneaux solaires mobiles utilisés pour ombrager les cultures se trouvant au-dessous (Source : lpm65 – stock.adobe.com)

Les éléments électroniques critiques qui composent ces solutions d'automatisation – [microcontrôleurs](#), [modules sans fil et RF](#), etc. – ne cessent d'évoluer et de gagner en sophistication, de sorte que l'on peut voir au fil du temps augmenter tant l'efficacité que le nombre d'applications de ces solutions, mais aussi baisser le coût de leur déploiement.

Des stratégies pour améliorer les conditions de culture

Avant d'appliquer des mesures relevant de l'agriculture régénératrice, il convient tout d'abord de mettre certains points au clair. Il faut en premier lieu définir quels sont les problèmes spécifiques à la parcelle concernée avant de décider de son affectation (pâturage, culture ou activités de loisir, par exemple).

Dans un second temps, il est important d'établir quelles sont les ressources disponibles, tant sur le plan financier que physique, pour garantir la faisabilité de la transformation. Bien que les résultats globalement positifs de la régénération et du réensauvagement des terres ne soit plus à démontrer, ces procédés montrent aussi quelques limites.

Optimiser l'écoulement des eaux

L'imagerie par satellite est une technologie essentielle à tout plan de régénération des terres. Elle est non seulement utilisée à des fins de suivi, mais aussi à des fins de prévisions concernant le ruissellement des eaux. La plantation de cultures ou de forêts peu adaptées à la topographie du terrain favorise l'érosion des sols et le ruissellement, deux phénomènes qui contribuent à la perte de nutriments pour le sol. L'utilisation d'images satellites permet de réorganiser les terres selon le « Keyline Design »³[footnoteRef:4]. Cette méthode de conception agricole, particulièrement intéressante dans le cas de prairies sèches et vallonnées, a pour principe d'identifier le débit naturel de l'eau et d'optimiser l'apport d'eau et d'engrais en fonction de l'écoulement naturel des eaux en adoptant pour cela une conception en terrasses. En plus de participer à la lutte contre le ruissellement des eaux, cette méthode permet aussi de réduire les ressources indispensables.

Un rapport d'études de cas publié par l'Institut européen d'innovation et de technologie (EIT) relève l'exemple d'une ferme italienne où l'on pouvait observer une importante différence de hauteur entre l'herbe qui poussait au creux d'un pâturage et celle qui se trouvait sur les crêtes de celui-ci, à savoir 1,80 m pour le bas du terrain et environ 70 cm pour le haut. La mise en œuvre du Keyline Design a permis d'effacer cette disparité.⁴[footnoteRef:5]

Élevage de précision

Les images satellites peuvent aussi aider à évaluer les effets du bétail sur le terrain. Ces informations sont utiles pour adapter avec précision les pratiques de pâturage de façon à réduire à un minimum leur impact environnemental tout en améliorant le bien-être des animaux. Cette démarche peut être intégrée à des solutions d'élevage intelligentes s'appuyant sur des modules de positionnement de précision et des solutions de communication IoT. En facilitant la surveillance du bétail, ces technologies de précision offrent donc aux agriculteurs la possibilité d'étendre les zones de pâturage extensif.

Le module de positionnement [MAX-M10 d'u-blox](#) possède un niveau de sensibilité élevé et présente une faible consommation d'énergie de l'ordre de 25 mW, ce qui est évidemment un atout pour prolonger la durée de vie d'une batterie utilisée sur le terrain. Ce module peut être combiné avec un module *Bluetooth*® (par exemple un module Bluetooth 5.2 de [la série NORA-B1 d'u-blox](#)) pour la communication IoT locale. Une autre possibilité consiste à opter pour une solution tout-en-un comme

³ https://agwaterstewards.org/practices/keyline_design/

⁴ https://www.eitfood.eu/media/documents/FR_Edited_-_Case_Studies.pdf

[la série de modules RF SARA-R4 d'u-blox](#) (voir **figure 3**) qui intègrent dans un même boîtier la technologie de communication cellulaire LTE et un système de positionnement par satellites (GNSS).



Figure 3 : les modules SARA-R4 d'u-blox sont disponibles au format miniature SARA LGA (26,0 mm × 16,0 mm, 96 broches)
(Source : Mouser Electronics)

Déploiement de l'intelligence distribuée

Par rapport à des systèmes utilisant des seuils stricts ou des régressions linéaires multiples, un système basé sur l'apprentissage automatique (machine learning, ML) offre une plus grande adaptabilité en plus de s'améliorer et de s'affiner en continu à mesure que davantage de données sont disponibles. Edge Impulse fait partie de cette catégorie de systèmes. Cette solution, qui peut être mise en œuvre quel que soit le matériel utilisé, permet de déployer l'intelligence décentralisée à la périphérie (edge) plutôt que sur le cloud. Il est ainsi possible de se passer de la connectivité Internet et de réduire le nombre d'éléments consommateurs d'énergie.

La technologie Edge Impulse peut être déployée à l'aide de matériel comme [la carte Edge Control d'Arduino](#) afin d'établir un système d'irrigation intelligente basé sur le ML. Le contrôleur Arduino a été spécialement conçu pour les applications en extérieur, entre autres l'irrigation intelligente ou la culture hydroponique. Il comporte ainsi seize entrées de capteur hydrostatiques Watermark et affiche une autonomie de trente-quatre mois sur une batterie 12 V/5 Ah. Il intègre la connectivité Bluetooth pour la communication locale et peut être étendu avec des modems 2G/3G/CatM1/NB-IoT, LoRa®, Sigfox et Wi-Fi® grâce à l'ajout de cartes Arduino MKR compatibles. Une étude de cas menée par Edge Impulse a combiné le contrôleur Arduino avec un ensemble de relais et de capteurs hydrostatiques pour établir un système de contrôle et de rétroaction d'irrigation intelligente des cultures. Le système

ainsi créé vise à optimiser le rendement des cultures et à réduire à un minimum la dégradation des sols et le gaspillage d'eau.⁵[\[footnoteRef:6\]](#)

Création de fermes résilientes

La régénération intelligente des terres consiste à combiner des outils et des stratégies pour transformer un terrain donné en terre arable. Au niveau du sol, des solutions comme celle déployée dans l'étude de cas d'Edge Impulse permettent non seulement de mieux maîtriser les ressources (eau, engrais...), mais elles fournissent également un mécanisme de rétroaction complexe dans le cadre d'un projet de régénération des terres à grande échelle.

Même si les capteurs intelligents constituent un point de départ efficace pour identifier les problèmes importants liés à la santé des sols, ils font cependant partie intégrante d'un cadre plus large d'amélioration continue. L'analyse visuelle, qui peut, outre l'observation directe, également s'appuyer sur l'imagerie par satellite, permet aux agriculteurs d'identifier les zones où la distribution de l'eau, la gestion des sols et la distribution des plantes et du bétail donnent des résultats positifs. À l'aide des données collectées par les capteurs d'irrigation et de sol intelligents installés à ces endroits spécifiques, les agriculteurs sont alors en mesure de déterminer des variables telles que les valeurs optimales pour la teneur en eau (degré d'humidité) et le pH des sols.

Ces informations peuvent par conséquent être utilisées pour développer des modèles prédictifs plus complexes, capables de tenir compte des prévisions météorologiques, des déplacements d'animaux et d'autres facteurs. Ces modèles prédictifs permettent à leur tour une gestion méticuleuse des ressources foncières, en les mettant à disposition suivant les besoins, en minimisant le gaspillage et en améliorant l'efficacité globale.

Optimiser l'avenir

Partout dans le monde, la combinaison de l'incroyable éthique de travail du secteur agricole et des technologies de pointe a déjà démontré qu'elle pouvait avoir un impact considérable sur le secteur. Selon le cabinet de conseil en stratégie Boston Consulting Group (BCG), les pratiques régénératrices ont le potentiel d'augmenter la rentabilité des exploitations agricoles de 70 à 120 % tout en réduisant l'utilisation d'engrais de 50 % et l'utilisation de pesticides de près de 75 %, et ce, avec un rendement équivalent, voire accru.⁶[\[footnoteRef:7\]](#)

L'agriculture intelligente ouvre la possibilité de travailler au plus près de la nature afin d'inverser les conséquences de la surexploitation agricole et des phénomènes météorologiques extrêmes. Grâce à

⁵ https://assets-global.website-files.com/618cdeef45d18e4ef2fd85f3/621cef64de63616986408c70_AI-Managed-Crops-Irrigation.pdf

⁶ <https://www.bcg.com/publications/2023/regenerative-agriculture-profitability-us-farmers>

des technologies telles que les capteurs de sol et l'imagerie par satellite, nous sommes à présent en mesure d'identifier les problèmes qui touchent le sol sur de vastes zones, ce qui s'avère tout simplement impossible en s'appuyant uniquement sur les tests en laboratoire. De plus, puisque les équipements installés demeurent sur place, ils peuvent être utilisés à d'autres fins, notamment pour faciliter la distribution d'eau, de pesticides et d'engrais tout en s'adaptant en permanence aux changements qui s'opèrent au niveau des sols, mais aussi aux conditions météorologiques. C'est ainsi que nous pourrons répondre plus efficacement à la demande alimentaire future.

+++Fin

Mouser Electronics

Distributeur agréé

www.mouser.com

Suivez-nous sur [X](#)