

Novembre 2024

Cette lettre de veille signale quelques publications récentes traitant de recherche et développement, innovations, agriculture numérique, biotechnologie, robotique, intelligence artificielle, etc. Les textes sont à retrouver sur le blog de veille du CEP <https://veillecep.fr>.

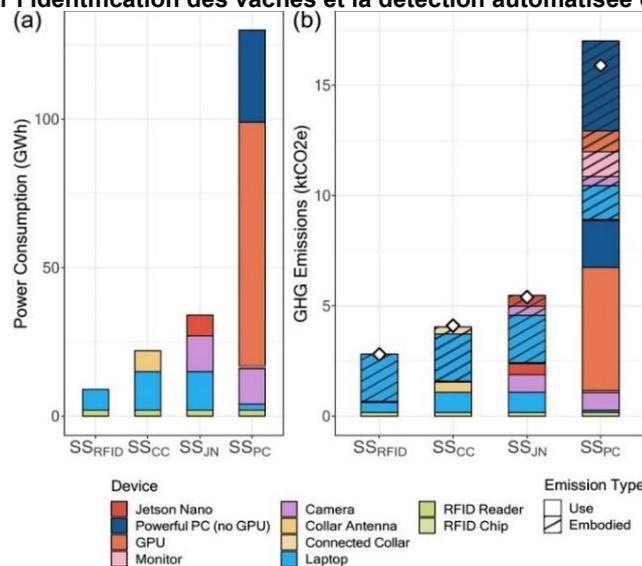
**Jérôme Lerbourg**, Chargé de mission Veille technologique et normative, Bureau de la veille

## Évaluation de l'impact environnemental du déploiement de l'agriculture numérique

Un article paru en octobre 2024 dans le *Journal of Industrial Ecology* présente une méthode pour estimer l'empreinte carbone d'outils numériques agricoles déployés à l'échelle d'un territoire. L'approche repose sur une évaluation remontante (*bottom-up*) qui prend en compte les émissions de gaz à effet de serre (GES) générées lors de l'utilisation mais aussi de la fabrication des différents dispositifs numériques constituant le « système technologique » affecté à une tâche agricole donnée. Pour illustrer cette démarche, deux types de tâches ont été spécifiquement étudiés : l'identification des vaches laitières et la détection automatisée de leurs chaleurs ; le semis et le désherbage par des robots dans des exploitations en grandes cultures.

L'estimation de l'impact environnemental de l'adoption d'un outil numérique, sur un territoire, est réalisée en tenant compte du nombre d'exploitations présentes et de leurs tailles. Ceci permet de simuler plusieurs stratégies de déploiement ou de comparer différentes solutions numériques entre elles. Les auteurs ont testé l'adoption, à l'échelle du territoire français, de plusieurs dispositifs d'agriculture numérique différant par leur complexité technologique, pour les deux ensembles de tâches retenus. Les émissions de GES des systèmes robotiques de semis et de désherbage (jusqu'à 317 kt de CO<sub>2</sub> par an pour la France entière) sont nettement supérieures à celles estimées pour le premier cas d'étude (figure), en raison du coût environnemental élevé de leur fabrication et du nombre supérieur d'exploitations concernées.

### Simulation de l'empreinte carbone de 4 systèmes technologiques déployés à l'échelle des exploitations laitières françaises pour l'identification des vaches et la détection automatisée de leurs chaleurs



Lecture : les graphiques (a) et (b) représentent respectivement la consommation électrique et les GES émis à la fabrication et lors de l'utilisation de différents systèmes technologiques : du plus simple (SS<sub>RFID</sub>) avec ordinateur portable, puces RFID, lecteur RFID, au plus élaboré (SS<sub>PC</sub>) avec ordinateur portable équipé d'un processeur graphique (GPU), puces RFID, lecteur RFID, caméra connectée à un module de vision par ordinateur (Jetson Nano). Ces estimations sont calculées pour une année sur l'ensemble des exploitations laitières françaises.

Par ailleurs, contrairement au premier cas d'étude (vaches laitières), l'impact environnemental des systèmes robotiques n'augmente en général pas avec leur niveau de complexité technologique. Ainsi, le robot de complexité intermédiaire s'avère être le moins polluant, à l'échelle nationale, en raison d'un meilleur compromis entre le coût environnemental de sa fabrication, sa consommation d'énergie et sa capacité de traitement (qui conditionne le nombre total de robots déployés dans les exploitations françaises de grandes cultures).

Source : *Journal of Industrial Ecology*  
<https://doi.org/10.1111/jiec.13568>

## Potentialités de la technologie CRISPR appliquée aux essences forestières

Un article, publié en novembre 2024 dans l'*International Journal of Molecular Sciences*, explore les perspectives offertes, en foresterie, par les technologies d'édition génétique basées sur le système CRISPR. Alors que les recherches sur l'édition génétique des plantes et leurs applications sont nombreuses, celles consacrées aux essences forestières sont récentes. Ces techniques y sont plus difficiles à mettre en œuvre, notamment en raison de l'hétérogénéité du génome des arbres et de la rigidité de leurs parois cellulaires, complexifiant l'assimilation des réactifs généralement utilisés. Les applications potentielles mentionnées par les auteurs concernent l'amélioration de la résistance aux maladies, la tolérance au stress abiotique, l'optimisation de la croissance des arbres, la modification des propriétés du bois, etc.

Source : *International Journal of Molecular Sciences*  
<https://doi.org/10.3390/ijms252111792>

## Gestion robotisée des adventices devenues résistantes aux herbicides

Aux États-Unis, la culture très majoritaire de variétés génétiquement modifiées de soja et de maïs, tolérants aux herbicides, incite les agriculteurs à une surutilisation de ces produits. Ces dernières années, des plantes adventices résistantes aux herbicides ont été observées dans les champs, ce qui affecte la qualité des récoltes et leur rendement. Dans la revue *Agricultural Economics* d'octobre 2024, des chercheurs américains présentent un modèle visant à estimer les facteurs biophysiques, technologiques et économiques déterminant l'adoption de robots de désherbage mécanique par les agriculteurs, pour gérer ces adventices, en complément du désherbage chimique déjà pratiqué. Deux stratégies de gestion des adventices sont étudiées : l'une dite « myope » où les décisions sont déterminées par les résultats de la campagne en cours ; l'autre dite « prospective » avec prise en compte par les agriculteurs de conséquences anticipées. La gestion « prospective » conduit à une adoption progressive et plus précoce du désherbage mécanique robotisé, ce qui maintient un niveau bas de résistance des adventices aux herbicides et permet de poursuivre le traitement chimique sur une plus grande partie des parcelles à plus long terme.

Source : *Agricultural Economics*  
<https://doi.org/10.1111/agec.12856>

## Cadre d'évaluation des systèmes de traçabilité des produits agricoles

Un article de recherche publié en novembre 2024 dans la revue *Computers and Electronics in Agriculture* s'intéresse aux systèmes de traçabilité appliqués aux produits agricoles. Malgré les avantages de telles techniques (information du consommateur, efficacité de la chaîne d'approvisionnement, facilitation des contrôles sanitaires et réglementaires), plusieurs obstacles freinent leur mise en œuvre en agriculture : complexité opérationnelle pour coordonner l'ensemble des acteurs de la chaîne d'approvisionnement, coût relatif élevé pour les produits agricoles de faible ou moyenne valeur ajoutée, perte d'identification des produits en vrac au cours de la chaîne logistique. Pour autant, plusieurs systèmes de traçabilité des produits agricoles sont actuellement commercialisés. Cet article présente un cadre pour l'évaluation de ces systèmes, prenant en compte leur niveau de sécurité, la précision de l'identification des produits, l'ergonomie de l'interface utilisateur, le support client et l'interopérabilité avec les logiciels de gestion d'entreprise.

Source : *Computers and Electronics in Agriculture*  
<https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109548>

## Outils de surveillance intelligente des sols agricoles

Un article de la revue *AgriEngineering* de novembre 2024 explique le mode de fonctionnement des principales technologies disponibles pour la surveillance des sols agricoles. Il met en lumière les bénéfices environnementaux et agronomiques auxquelles elles peuvent conduire. Les dispositifs de surveillance de l'humidité (tensiomètres), les sondes thermiques et les capteurs capacitifs mesurent la teneur en eau des sols, essentielle pour le transport et la dissolution des nutriments. Ces informations contribuent ainsi à une planification plus efficace de l'irrigation. D'autres capteurs (électriques, magnétiques, électrochimiques ou optiques) analysent la variabilité spatiale et temporelle de la quantité de nutriments présents dans les sols. Ces données aident les agriculteurs à ajuster leur plan de fertilisation pour prévenir les carences et éviter le surdosage, optimisant ainsi la productivité globale des sols.

Source : *AgriEngineering*  
<https://doi.org/10.3390/agriengineering6040234>