

Les robots sont dans le pré

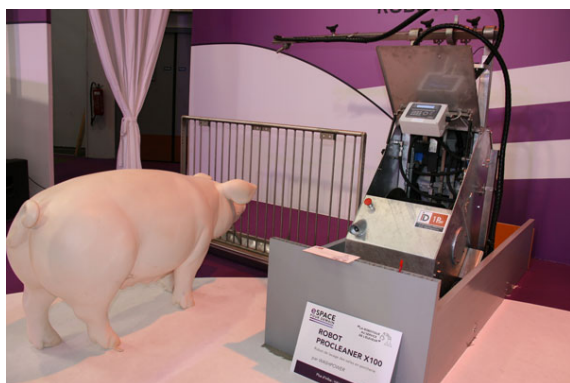


Par Anne-Marie Paulais et
Jean-Baptiste Pambrun

De la traite des vaches à la cueillette de fruits, jusqu'au désherbage mécanique, les perspectives de la robotique agricole sont multiples et prometteuses. A l'instar des autres secteurs, la robotisation agricole a d'abord comme objectif d'automatiser les tâches répétitives. La liste des tâches accomplies par les robots comprend quasiment l'ensemble des travaux agricoles : traite et soin des bovins, surveillance des volailles, logistique, épandage des intrants, désherbage, cueillette des fruits et légumes, etc. Souvent conçus sur mesure pour chaque type de plante, les robots répondent aux exigences de l'agriculture de précision et à celles du respect de l'environnement, notamment la réduction du recours aux désherbants chimiques. Les flottilles de minirobots autonomes et communiquant entre eux tendent à remplacer les engins lourds dommageables pour la conservation des sols. Elles coexisteront avec les gros tracteurs autonomes. Une question hante les esprits : va-t-on vers une agriculture sans agriculteurs ? En France seulement, 80 000 emplois seraient déjà menacés par la robotique. En fait, la robotique pourrait donner naissance à un nouvel agriculteur, tout à la fois agronome et technicien qualifié.

WillAgri

Par Anne-Marie Paulais et Jean-Baptiste Pambrun *



C'est en France, au milieu des années 80, que **Magali**, le premier robot de cueillette, a été imaginé par l'Institut de recherche Cemagref (aujourd'hui **Irstea**) et la société **Pellenc**. Il est rapidement abandonné car il est trop cher à l'achat, il cause trop de dégâts aux arbres et, au final, il intéresse peu les arboriculteurs. Trente ans après, le projet ressort des cartons au **Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes (CTIFL)** qui pilote un programme de robotisation. L'enjeu est clair : baisser la part de

la main-d'oeuvre dans le prix de revient des fruits.

Après des débuts poussifs, la robotique est aujourd'hui porteuse d'espoirs pour le monde agricole. La contrainte environnementale de plus en plus forte favorise l'avènement de nouveaux types de production, comme l'agriculture biologique ou **l'agriculture de précision**. Ces dernières nécessitent une main-d'œuvre accrue, pour réaliser, par exemple, un désherbage mécanique ou effectuer des traitements très localisés. Dans ce contexte, les robots peuvent apporter des solutions, en permettant d'effectuer avec précision des tâches répétitives libérant ainsi les agriculteurs pour d'autres opérations. On attend aussi des robots une meilleure productivité et un moindre impact sur l'environnement du fait de l'utilisation de machines plus légères. En élevage, la robotisation est une réponse à l'accroissement de la taille des troupeaux, à la difficulté à recruter des salariés et à la recherche d'une meilleure qualité de vie libérée de certaines contraintes comme la traite.

Trois catégories de robots agricoles

Selon leur degré de complexité et d'autonomie, les robots (agricoles ou non) peuvent être classés en trois grandes catégories (1) :

1. **Les plus simples sont les systèmes dont les outils embarqués n'ont pas de contact physique direct avec l'environnement de travail.** Ce sont, par exemple, les plateformes robotisées de surveillance des parcelles, dotés de capteurs de mesures sans contact (caméra hyper-spectrale, lidar...). . **Les plateformes d'assistance logistique** pour le transport et le débardage, les robots d'épandage localisé d'engrais ou d'herbicides et les robots de pulvérisation font aussi partie de cette première catégorie.
2. **Les robots, dont les outils entrent en contact avec l'environnement de travail mais sans préhension,** englobent les robots d'entretien mécanique des cultures (binage, désherbage mécanique, éclaircissage de fleurs...) et les robots de tonte.
3. **La dernière catégorie de robots est capable d'effectuer des tâches complexes avec contacts physiques des outils embarqués et préhension d'objets (plantes, fruits).** Ce sont typiquement les robots destinés à des opérations de récolte, de taille et de plantation ou transplantation , toutes activités pour lesquelles il est de plus en plus difficile de trouver des opérateurs humains.

Gain de temps et réduction des contraintes

Les robots se sont d'abord introduits dans les fermes d'élevage. Le premier robot de traite



est apparu à la fin des années 80 aux Pays-Bas et en 1992 en France. On compte aujourd'hui dans l'Hexagone un peu plus de **4 800 robots de traite** selon une estimation de l'Institut de l'élevage. Depuis quelques années, la robotique agricole s'est étendue au paillage et raclage des bâtiments et à la distribution des rations.

La dernière édition du **salon Space** (12 au 15 septembre à Rennes) a montré comment la robotisation se mettait au service de l'éleveur. Sur la plate-forme « l'Espace pour demain », les témoignages d'experts et d'éleveurs équipés sont venus nourrir durant 4 jours le débat à propos de cette nouvelle mutation agricole. André Sergent, président de la chambre d'Agriculture du Finistère, à



l'origine de cette initiative, le dit clairement : « Le robot pose plus de question qu'il ne provoque de rejets. Il intéresse particulièrement les jeunes qui veulent s'installer, mais plus largement tous les éleveurs qui ont du mal à concilier élevage et vie de famille ».

Pour Antoine Boixière, associé avec son père au sein d'une exploitation laitière de 130 vaches



laitières pour une référence de 1400 000 litres dans les Côtes-d'Armor, la robotisation allège le travail de l'éleveur, améliore sa qualité de vie en permettant de dégager du temps libre et améliore aussi le confort des animaux. Par exemple, en enregistrant les cellules chaque jour, il favorise la détection précoce des mammites. Equipé de deux robots de traite, le GAEC du Tertre Goutte a récemment robotisé la préparation et la distribution des rations aux vaches laitières (**robot Lely Vector**), sans compter le paillage et le raclage. Antoine Boixière envisage sérieusement l'acquisition d'un robot pour l'alimentation des petits veaux.

Pour certains éleveurs, le frein à l'adoption des robots est la demande de plus en plus pressante des consommateurs pour que les vaches sortent des étables et accèdent au pâturage. Quand le parcellaire le permet certains concilient pâturage et robot de traite.

En élevage porcin, les éleveurs ont de plus en plus de mal à trouver des salariés pour assurer le lavage des salles. Une solution robotisée **Procleaner** était exposée sur l'Espace pour demain.

Lever les verrous technologiques et administratifs

Selon l'*International Federation of Robotics*, l'agriculture devrait être le deuxième marché de la robotique de service vers 2025. Un peu partout dans le monde (Etats-Unis, Australie, Nouvelle Zélande, Israël, Japon, Allemagne, Danemark ou encore Pays-Bas) fleurissent des projets qui mobilisent partenaires publics et privés. C'est ainsi que la société allemande **Raussendorf** a conçu un robot de pulvérisation nommé **Cäsar** en partenariat avec l'Université de Dresde qui fait ses premiers pas sur le marché. La start-up américaine **Abundant Robotics Inc** et la société israélienne **FFRobotics** annoncent une commercialisation de leurs robots de cueillette des fruits dès 2018.

La France n'est pas en reste. « Notre pays dispose d'atouts indéniables pour entrer dans la course internationale, estime Alain Savary, directeur général d'Axema, l'union des industriels de l'agroéquipement. Il s'agit d'un tissu d'entreprises innovantes, de laboratoires de recherche en robotique d'excellent niveau et de dispositifs de soutien de l'innovation. Pour faire partie du « peloton de tête » dans cette compétition, il est nécessaire de créer une synergie à l'échelle nationale avec l'aide financière de l'Etat ».

La robotique est l'un des neuf axes prioritaires du rapport « **Agriculture Innovation 2025** » pour permettre à l'agriculture de relever le défi alimentaire et écologique (2). C'est dans ce cadre que s'inscrit le **projet RobAgri**, lancé début 2017 par Axema et Irstea (Institut National de Recherche en Sciences et Technologies pour l'Environnement et l'Agriculture), qui vise à accélérer la robotisation de l'agriculture dans l'Hexagone en levant tous les verrous technologiques et administratifs. L'enjeu est également de faire émerger en France une nouvelle filière industrielle créatrice d'emploi. « Le regroupement de moyens et d'intelligences permet de réaliser collectivement ce que bien peu pourraient réaliser seuls », souligne Alain Savary.

Flottes d'engins de taille moyenne

En attendant les retombées des recherches menées dans le cadre de RobAgri, de nombreux projets prennent déjà forme. Suivre



une personne en toute autonomie et porter jusqu'à 300 kilos de charge pour la soulager, c'est le défi relevé par Effibot, un robot développé par la start-up **Effidence** en collaboration avec Irstea et l'**Institut Pascal**. Grâce à son système de navigation autonome baptisé **EffiNAV**, ce robot-chariot est capable d'analyser son environnement (détection des jambes de son utilisateur, localisation des plans de

vignes,...), et de porter les récoltes en évitant tous les obstacles, y compris dans des zones difficiles. Le chariot est plein ? Une simple pression sur un bouton lui permet de revenir en bout de rang ou de parcelle pour être déchargé. De quoi soulager maraichers et viticulteurs qui portent parfois jusqu'à 70 kilos de charge et leur permettre d'augmenter leur productivité. Une trentaine d'Effibot sont vendus chaque année, preuve de l'intérêt qu'il suscite. Son prix, qui a été divisé par trois depuis son lancement en 2014, avoisine les 10 000 euros.

Avec l'agrandissement des bâtiments avicoles qui atteignent plusieurs milliers de m², les robots suiveurs trouvent également des applications en aviculture comme celui mis au point par la société **Maviho Solutions**. Dans ce secteur, des robots sont désormais utilisés pour faire bouger les volailles de chair, favorisant la bonne santé et la prise de poids des dindes, poulets etc. ou évitant que les reproductrices ou poules pondeuses ne pondent au sol. Le modèle **Sputnic** de **Tribot technologies** a été récompensé au dernier Space. Les aviculteurs se déclarent libérés des nombreuses visites quotidiennes, astreignantes et fatigantes, dans les poulaillers.

A Montpellier et à Clermont-Ferrand, les équipes d'Irstea explorent une voie avant-gardiste : remplacer les lourdes machines agricoles actuelles par des flottes d'engins de taille moyenne évoluant en convois autonomes, et qui en combinant leurs efforts, offrent le même rendement de chantier. Sous le contrôle d'un tracteur embarquant l'opérateur, ces engins robotisés peuvent dialoguer en permanence entre eux pour se coordonner en fonction du terrain, des éventuels obstacles, etc. « Dans le cadre du projet **SafePlatoon**, nous avons réalisé un convoi constitué de deux engins robotisés et d'un tracteur piloté par un opérateur », précise Michel Berducat, directeur adjoint du **laboratoire des Technologies et Systèmes d'Informations à l'Irstea** de Clermont-Ferrand.

Deux visions de la robotique

Comme Irstea, **Fendt** fait également le pari du travail des robots fonctionnant en essaims, estimant que la taille des grosses machines actuelles met les sols en danger (compaction des couches profondes). Pour le prix d'un tracteur classique équipé, le constructeur d'origine bavaroise estime pouvoir offrir 72 minirobots. Chacun de ces mini-robots dispose de sa



propre unité de semis et est entraîné électriquement. La communication entre les robots et l'unité logistique se fait par WiFi, au moyen du cloud. Toutes les opérations sont géolocalisées et pilotées par GPS. L'agriculteur se contente de transporter l'unité logistique et superviser le semis. Le faible poids des robots réduit d'autre part l'enjeu sécurité.

Les prochaines années pourraient voir se développer des grappes de ces minirobots,

partiellement ou totalement autonomes. Travaillant à l'échelle d'une plante, ils pourront récolter des graines ou des fruits et appliquer des traitements phytosanitaires locaux. « Pour que la mise en œuvre de ces projets soit rapide, il faut optimiser les systèmes robotiques pour l'environnement de production, explique Michel Berducat. Une solution est de co-concevoir le robot et l'agrosystème associé : les champs et l'exploitation seront adaptés à l'activité de robots optimisés pour la réalisation des tâches agricoles définies ».

Une seconde vision de la robotique mise sur les gros tracteurs autonomes, plutôt que des flottilles de mini-tracteurs, proposés par Case IH, d'une part (*Case IH Autonomous Magnum*), et New Holland ,d'autre part (*NHDrive™*). Les deux solutions sont très proches l'une de l'autre. Ils sont à considérer non pas simplement comme des tracteurs-robots, mais comme des outils de la robotisation des opérations culturales, des solutions adaptées aux périodes de pointe de travaux, trop courtes pour justifier économiquement l'embauche d'un salarié.

Le tracteur peut prendre des initiatives. Si un opérateur ou une autre machine est détecté, le tracteur s'arrête pour reprendre son travail lorsque le champ est libre. Il est par ailleurs à même d'exploiter le big data pour intervenir aux moments les plus opportuns ou s'arrêter à l'arrivée de la pluie. En attendant le lancement commercial des premiers tracteurs robotisés (à l'horizon 2020, selon les dirigeants de Case IH), des attelages automatiques, connectiques hydrauliques et électriques compris, auront probablement été développés par les tractoristes.

Lequel des deux concepts, des petits robots travaillant en flotte ou de grosses machines nécessitant beaucoup d'énergie qui se guident toutes seules, s'imposera-t-il à l'avenir? « Les deux pourront cohabiter, fait remarquer René Autellet, conseiller technologique du **Sima**, le salon international de la machine agricole. L'agriculteur choisira en fonction de la taille de son exploitation, de ses sols et de ses cultures l'une des deux solutions».

Toulouse, capitale française de la robotique agricole

Aujourd'hui, les seuls robots commercialisés adaptés aux grandes cultures sont des sortes de plateformes autoguidées sans conducteur, qui peuvent évoluer dans des espaces ouverts mais plats et structurés. De taille comparable à un petit tracteur, elles suivent des trajectoires en se repérant grâce à un GPS, à la télémétrie laser et à des capteurs optiques.

Après deux ans et demi de recherche et développement, la start-up toulousaine **Naïo Technologies** a commencé à commercialiser ses premiers modèles. Le **robot Oz** permet de désherber les plants de salade ou de poireau grâce à des capteurs embarqués. Totalement

autonome, il réalise un travail de précision de binage des sols qui réduit le recours aux traitements herbicides. Malgré l'investissement important qu'il représente (Oz est vendu aux alentours de 21 000 euros), la demande s'accélère, dit-on chez Naïo Technologies, notamment de la part des exploitations bio où le désherbage manuel est encore dominant. « Les agriculteurs sont pragmatiques. S'ils savent qu'ils pourront réaliser des gains de productivité, ils sont prêts à investir, avance Aymeric Barthes, co-fondateur de Naïo Technologies. Et nous les aidons, en proposant par exemple nos robots à la location ».



Oz a déjà trois petits frères, **Dino**, robot enjambeur de désherbage mécanique des légumes en planche, **Ted**, robot enjambeur viticole et **Bob**, robot viticole à chenilles. Des robots qui séduisent déjà au-delà des frontières hexagonales. Naïo Technologies compte plusieurs distributeurs en Europe et a même signé un contrat avec un distributeur japonais. L'entreprise aurait aussi vendu un de ses robots en Nouvelle-Zélande.

Fort de sa réussite, Naïo Technologies organisera les 29 et 30 novembre 2017 à Toulouse la 2^e édition du Forum international de la robotique agricole (Fira). Les étudiants seront invités à participer à un concours de robotique agricole, intitulé « *Move your robot* ».

Premiers pas des robots de désherbage



Le robot enjambeur **Pumagri** a, quant à lui, fait sa première sortie en public à l'occasion du **salon Innorobo** qui s'est tenu à La Plaine Saint-Denis du 16 au 18 mai 2017. Porté par un consortium dans lequel figure encore Irstea, cet engin agricole futuriste est capable de faire varier l'écartement de ses roues (1,3 à 2,1 m) ainsi que la hauteur sous châssis qui peut monter jusqu'à 1,3 m. Le robot embarque un ensemble de

capteurs et peut réaliser un grand nombre d'opérations allant du travail du sol au désherbage. Les premières démonstrations officielles du Pumagri sont prévues cet automne pour un lancement de la commercialisation fin 2018.

La **digifirme Arvalis-Institut du végétal** de Boigneville (91) évalue de son côté les performances du robot de désherbage **EcoRobotix**. Alimenté par des panneaux solaires, il se déplace seul en s'orientant et se positionnant grâce à son GPS RTK, sa caméra et ses capteurs. Ses deux bras se chargent de traiter sur le rang et sur l'inter-rang les mauvaises

herbes avec une micro-dose de produit. Pour le moment, le robot est conçu pour travailler sur betterave, colza et prairie pour la destruction des rumex.

Avec son programme de **digifermes**, Arvalis-Institut du végétal qui travaille en partenariat avec l'Institut de l'élevage, l'Institut technique de la betterave et Terres Inovia (oléagineux et protéagineux), explore les possibilités offertes par la robotisation en remettant l'agronomie au centre des décisions. Le rôle des robots dans ce retour aux sources sera de décharger le céréalier de toutes les tâches basiques afin qu'il puisse se concentrer sur les opérations qui nécessitent observation critique, réflexion et savoir-faire.

Une agriculture sans agriculteur

Malgré ses premiers succès, la robotique agricole se heurte pourtant à plusieurs difficultés. Comment faire travailler le robot en autonomie à une vitesse compatible avec celle des travaux actuels ? Comment peut-il intervenir quelles que soient la nature du terrain, la météo, les situations ? Comment détecter les limites du terrain et la présence humaine pour éviter les accidents ? Autant de questions qui méritent des développements technologiques. « Le développement de la robotique constitue une formidable opportunité pour repenser la mécanisation agricole », affirme Michel Berucat. Selon lui, des machines reconfigurables, de petites tailles et de faibles puissances pourront bénéficier plus facilement des retombées des futurs composants développés pour le secteur automobile en terme de motorisations électriques (piles à combustibles par exemple).

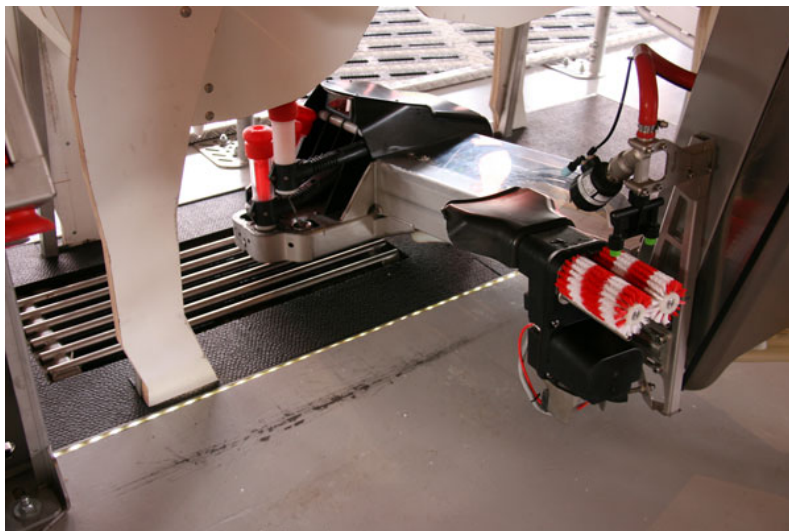
« Faut-il anticiper une agriculture sans agriculteur comme le laisserait penser la ferme de laitues entièrement automatisée qui vient de voir le jour au Japon dans laquelle les robots font tout, depuis l'arrosage jusqu'à la récolte », s'interroge pour sa part Jean-François Colomer, président de la **Sitmafgr**, le réseau scientifique et technique de l'agroéquipement. Car l'arrivée des robots ne sera pas sans conséquences sur l'emploi. Le Conseil d'orientation pour l'emploi vient d'estimer que l'automatisation et la numérisation vont menacer directement 80 000 emplois en agriculture, surtout dans les secteurs du maraîchage et de la viticulture. Au total, ce sont 250 000 emplois agricoles qu'il va falloir faire évoluer et cela représente un sacré challenge pour la prochaine décennie.

Il conviendra aussi de clarifier tous les aspects réglementaires liés à l'avènement de la robotique en agriculture. Lâcher un tracteur sur la route sans présence humaine n'est sans doute pas compatible aujourd'hui avec le « devoir de précaution ». Tout cela ouvre un large champ de procédures de certification, de normalisation et de traçabilité.

Autre frein au développement des robots agricoles : la méfiance. Ces nouveaux engins exigent en effet de revoir la manière même d'aborder l'agriculture. Si les robots font tout, quelle sera la place de l'agriculteur ? Le plaisir de conduire un bon gros tracteur est un privilège que l'on a du mal à imaginer perdu. Le robot qui part le matin, fait sa journée de travail et revient tout seul le soir, ce n'est pas encore pour demain. Dans tous les projets en cours de développement, l'humain reste central. Pour longtemps encore, le robot ne fera que seconder l'exploitant agricole.

La rentabilité pas forcément au rendez-vous

Pour gagner sa confiance, chercheurs et industriels doivent prouver à l'agriculteur que la



robotique améliore réellement la compétitivité de sa ferme. Sur ce point, rien n'est gagné. La mise en place d'un robot de traite est un cas d'école. Quelle que soit la marque, une station de robot seule coûte environ 150 000 € (environ 250 000 € pour deux stalles), prix auquel s'ajoutent des frais de fonctionnement. Selon les résultats d'une

étude menée par l'Institut de l'élevage, la Chambre régionale d'agriculture de Bretagne et la chambre d'agriculture de Loire-Atlantique (3), la robotisation engendre des coûts de production supplémentaires de 21 à 29 € /1 000 l par rapport à une salle de traite non robotisée (hors rémunération de la main-d'œuvre). Même dans les exploitations de référence du réseau **Inosys**, considérées comme économiquement plus performantes que la moyenne, le surcoût d'un robot est estimé à 10 €/ 1 000 l.

Néanmoins, si la robotisation de la traite ne semble pas économiquement pertinente, les spécialistes reconnaissent au robot un intérêt certain en termes de conditions de travail et de souplesse d'organisation.

Pour Antoine Boixière, la question s'est posée il y a cinq ans : embaucher deux salariés ou acheter un robot de traite. Il a opté pour la seconde solution et ne le regrette pas : « le robot travaille sept jours sur sept, ne prend pas de vacances, n'est jamais malade. Au bout de sept ans, il est amorti, alors que le salarié, il faut continuer à le payer la 8ème année... ».

Pour Michel Berducat, les coûts de fabrication des robots agricoles doivent encore baisser pour qu'ils puissent se déployer en plus grand nombre dans les champs. « A cet égard, indique-t-il, le secteur de la robotique agricole doit suivre avec attention les développements technologiques spectaculaires de la voiture autonome et voir comment ils peuvent lui être bénéfiques, même si les applications agricoles présentent des contextes et situations différentes et donc nécessitent des réponses spécifiques ».

« Les robots ne prendront pas, demain ou après-demain, la place des agriculteurs, prédit André Sergent. Mais ils vont transformer les métiers et les rendre plus attractifs ». De fait, l'exploitant agricole robotisé devra, en plus de ses compétences d'agronome, acquérir de nouveaux savoirs technologiques. Il s'agit d'un beau défi à relever. Un de plus !

* Ingénieur agronome de formation, **Anne-Marie Paulais** est journaliste, spécialiste des productions animales et de l'élevage.

Ingénieur agronome de formation, **Jean-Baptiste Pambrun** est journaliste, spécialiste des productions végétales et de l'agrofourmiture.

(1) Paloma Cabeza-Orcel, Institut du Végétal et Michel Berducat, Irstea, Perspectives Agricoles n°438, novembre 2016

(2) Octobre 2015, par Jean-Marc Bournigal, président directeur général de l'Irtsea, François Houllier, président directeur général de l'Inra, Philippe Lecouvey, directeur de l'Acta et Pierre Pringuet, président d'AgroParisTech.

(3) « Robotisation de la traite : recommandations pour maîtriser les coûts », étude menée par Valérie Brocard et Jean-Louis Poulet (Institut de l'élevage), Sébastien Guiocheau (Chambre régionale d'agriculture de Bretagne) et Thomas Huneau (Chambre d'agriculture de Loire-Atlantique).