



Farming with Robots

Simon Blackmore, Harper Adams University

Developed agriculture uses massive amounts of energy in a myriad of forms, from the energy associated with chemicals used to control pests and diseases, through fertilisers, to the tractors themselves and the fuel to power them. This energy is often wasted as it goes off-target, is expensive and will become more so in the future. Smarter machines should use the minimum amount of energy to turn the natural environment into useful agriculture thus cutting out wasted energy and reducing costs. As agricultural engineers we are continually looking to find ways of making the crop and animal production processes more efficient and have developed the concept of Precision Farming. In industry, we used to have a production line mass producing one item and are now moving over to flexible manufacturing, where each item is developed individually. In agriculture we can see a similar approach by reducing the scale of treatments from farm scale, to field scale, to sub-field scale and even individual plant treatment. Currently tractors and associated machines are increasing in size due to economies of scale. If you pay someone for an hour then it makes sense to have them work 20 hectares rather than 10 hectares. This leads to the machines getting bigger but as the machines get bigger the opportunity to work the fields gets smaller due to the fragile nature of the soil when wet. This cycle can only be broken by making the machines significantly lighter so as not to damage the soil and thus expand the available operational weather windows. My vision for the future is one where small smart machines move around the field establishing, tending and selectively harvesting the crops. Ten years ago I developed an autonomous tractor that could mechanically remove weeds, thus achieving 100% chemical reduction. Even then the tractor was too big and used more energy than was needed. Now one of my old PhD students has developed a laser weeding system that probably uses the minimum amount of energy to kill weeds, by using machine vision to recognise the species, biomass, leaf area and position of the meristem (growing point). A miniature spray boom of only a few cm wide can then apply a microdot of herbicide directly onto the leaf of the weed thus saving 99.9% by volume of spray. Alternatively a steerable 5W laser can heat the meristem until the cells rupture and the weed becomes dormant. These devices could be carried on a small robot no bigger than an office desk and work 24/7 without damaging the soil or crop. Another example is called selective harvesting. Currently many vegetable crops are harvested by hand, which is expensive even when using 'cheap' labour. Between 20 and 60% of the harvested crop is not saleable to the supermarkets as it may not have the desired quality attributes. Selective harvesting envisages a robot assessing all of the quality requirements and only harvesting produce that has 100% saleable characteristics. By looking at all the operations needed to establish, care for and harvest crop plants and identify ways to minimise inputs, we can see how a new mechanisation system can evolve.



L'agriculture avec des robots

Simon Blackmore, Harper Adams University

L'agriculture avancée utilise des quantités massives d'énergie sous une multitude de formes, de qu'elle soit associée aux produits chimiques utilisés pour contrôler les ravageurs et les maladies, aux engrais, aux tracteurs eux-mêmes et au carburant pour les alimenter. Cette énergie est souvent gaspillée lorsqu'elle n'atteint pas sa cible et elle coûte cher, ce qui s'empirera à l'avenir. Des machines plus intelligentes devraient utiliser le minimum d'énergie pour transformer le terrain naturel en système agricole, réduisant ainsi le gaspillage d'énergie et les coûts. En tant qu'ingénieurs agricoles, nous cherchons continuellement à trouver des moyens pour rendre les processus de production végétale et animale plus efficaces. Alors, nous avons développé le concept d'agriculture de précision. Dans l'industrie, nous avons une chaîne de production produisant un type d'article; nous passons maintenant à une fabrication flexible, où chaque article est développé individuellement. En agriculture, nous pouvons voir une approche similaire en réduisant l'échelle des traitements de la ferme, au champ, au sous-champ, voire au traitement individuel des plantes. Actuellement, les tracteurs et les machines associées augmentent en taille en raison des économies d'échelle. Si vous payez un employé pour une heure, il est logique de le faire travailler 20 hectares plutôt que 10. Cependant, au fur et à mesure que les machines grossissent, la possibilité de travailler dans les champs diminue en raison de la nature fragile du sol lorsqu'il est très humide. Ce cycle ne peut être brisé qu'en ayant des machines nettement plus légères afin de ne pas endommager le sol et ainsi augmenter les fenêtres météorologiques opérationnelles disponibles. Ma vision de l'avenir est celle où de petites machines intelligentes se déplacent dans le champ pour établir, entretenir et récolter sélectivement les cultures. Il y a dix ans, j'ai développé un tracteur autonome capable de retirer mécaniquement les mauvaises herbes, obtenant ainsi une réduction de pesticide de 100%. Même alors, le tracteur était trop grand et utilisait plus d'énergie que nécessaire. Dernièrement, un de mes anciens doctorants a développé un système de désherbage au laser qui utilise la quantité d'énergie minimale pour éliminer les mauvaises herbes. En utilisant la vision par ordinateur, le système peut reconnaître l'espèce, la biomasse, la surface foliaire et la position du méristème. Une rampe de pulvérisation miniature de seulement quelques centimètres de largeur peut ensuite appliquer un micropoint d'herbicide directement sur la feuille de la mauvaise herbe, économisant ainsi 99,9% du volume de pulvérisation. Alternativement, un laser dirigeable de 5W peut chauffer le méristème jusqu'à ce que les cellules se rompent et que l'herbe devienne dormante. Ces appareils peuvent être installés sur un petit robot de la grandeur d'un bureau et travailler 24 heures sur 24 sans endommager le sol ou la culture. Un autre exemple est appelé la récolte sélective. À l'heure actuelle, de nombreuses cultures maraîchères sont récoltées à la main, ce qui coûte cher même en faisant appel à une main-d'œuvre « bon marché ». Entre 20 et 60% de la récolte n'est pas vendable sur le marché car elle ne possède pas les attributs de qualité souhaités. La récolte sélective prévoit

un robot évaluant toutes les exigences de qualité et ne récoltant que des produits ayant des caractéristiques vendables à 100%. En examinant toutes les opérations nécessaires pour établir, soigner et récolter les plantes cultivées et en identifiant les moyens de minimiser les intrants, nous pouvons voir comment un nouveau système de mécanisation peut évoluer.

Farming with robots

Prof Simon Blackmore
Head of Agricultural Robotics
simon.blackmore@harper-adams.ac.uk
www.harper-adams.ac.uk
www.agri-epicentre.com
Director of the National Centre for Precision Farming
NCPF.harper-adams.ac.uk

Twitter: ProfSBlackmore



Harper Adams University



- Founded 1901 by Thomas Harper Adams
- Crops, Animals, Food, Land and Engineering
- Circa 2500 students
- Engineering department
 - Circa 300 students, 20 academics, 10 technical staff
 - Agricultural Engineering
 - Automotive Engineering (off highway)
 - Mechanical Engineering
 - Applied Mechatronic Engineering MSc
- Research into robotic agriculture



National Center for Precision Farming



- Agricultural drone training, development & testing
- Autonomous tractor
- Laser weeding and micro droplet application
- Robotic seeding and spraying
- Robotic phenotyping and crop scouting
 - Sub canopy sensing robot
- Autonomous mower
- Robotic strawberry harvesting
- Phenotyping robot for grass
- Hands-free-hectare

Agricultural Engineering Precision Innovation Centre (Agri-EPI)

- Private company based at Harper Adams University
- £18 million government investment in new company hubs to develop Precision Agriculture
- Help the UK's agri-food sector develop with advanced technologies that increase productivity and sustainability.
- Company to company and company to university R&D
- The Centre has hubs in Edinburgh, Harper Adams and Cranfield Universities.
- 27 instrumented satellite farms
- 130 commercial collaborating companies
- ERDF project to facilitate innovation (Marches LEP)



www.agri-epicentre.com

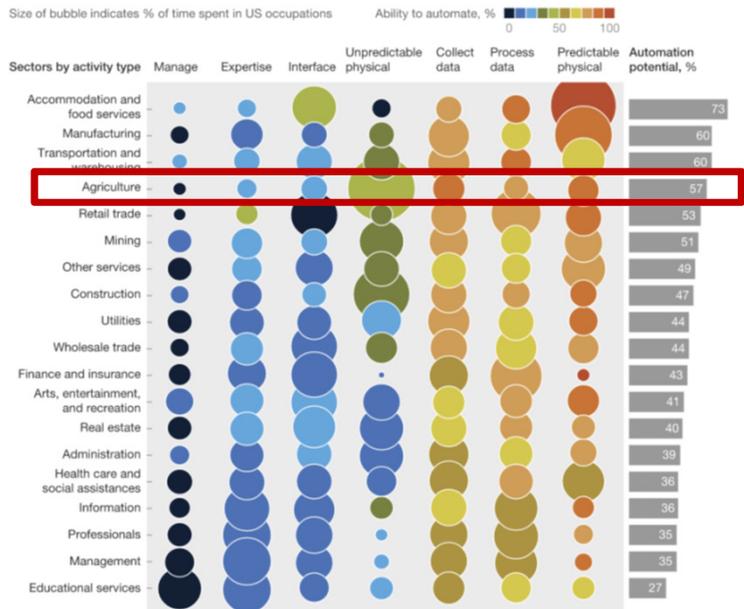
Farming in the future?

- Identify weaknesses in current farming system
 - Modern agriculture uses too much energy
 - Fuel in damaging and repairing the soil each year
 - Expensive chemicals being wasted by going off target and causing pollution
 - Large machines and practices are damaging the soil
 - Compaction and loosening every year
 - Intensive cultivation loses soil organic matter
 - Growth through economies of scale coming to an end
 - Machines have getting bigger due to driver costs but are now at their maximum size
 - Large machines are only good for large fields and small fields cannot use them
- Drivers for change
 - More sustainable food in a growing world population
 - Improve on-farm economic viability
 - Desire to have less environmental impact
 - Tighter legislation from EU and UK
 - Energy prices increase
 - More volatile weather due to climate change
 - More competition from world food prices
- Crop production must become more flexible and efficient
 - Intelligently targeted inputs

Future trends

- Agriculture has a 57% potential for automation

Automation potential varies across sectors and specific work activities.



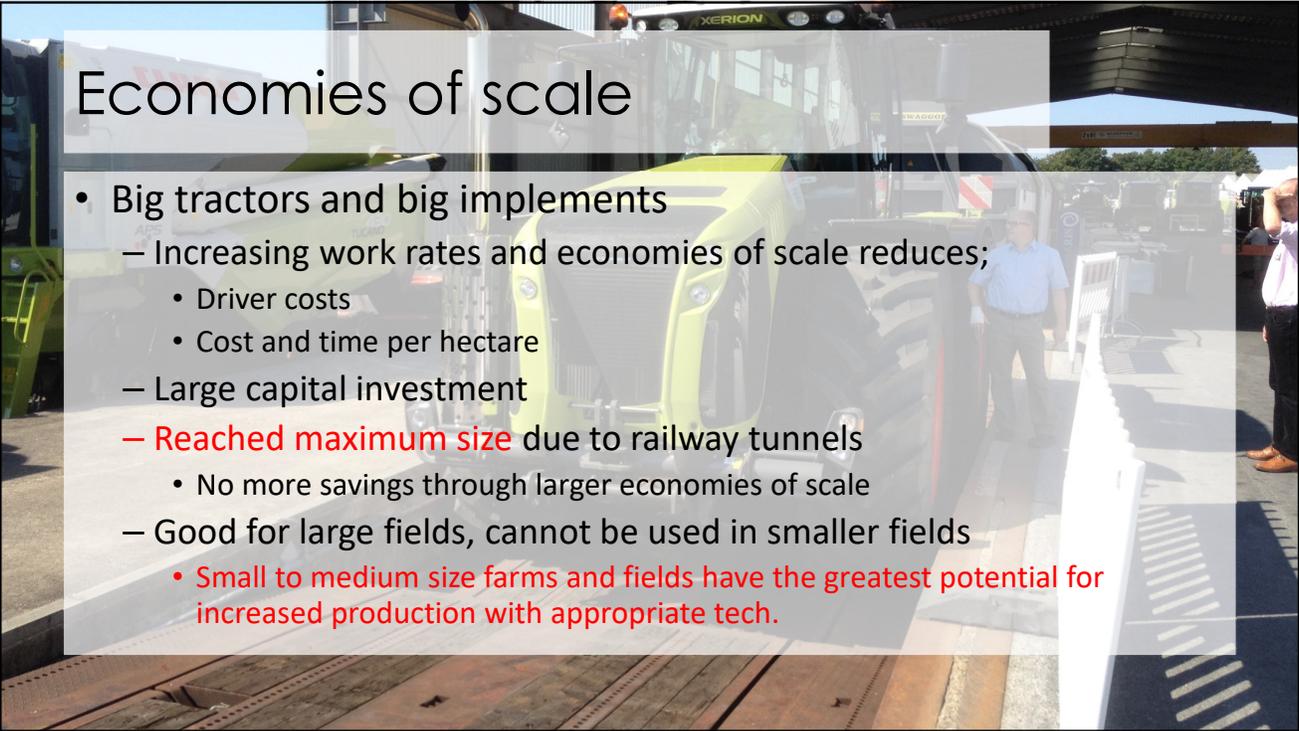
McKinsey & Company | Source: US Bureau of Labor Statistics; McKinsey Global Institute analysis

The Perfect Storm in UK agriculture after BREXIT

- No production subsidies
 - Farming subsidies cut like NZ
- Vote to restrict EU labour
 - No seasonal harvesters
 - Higher wages to attract British workers
- Devaluation of pound
 - Good for our exports
 - Bad for imported inputs
- Lower sustainability
 - Growers now planting less
 - Growers moving crops to cheap labour
- Technology alleviation
 - Some tasks can be automated
 - Significantly reduce the costs of production
 - Could be made in the UK
 - Move from Precision Farming to Robotic Agriculture

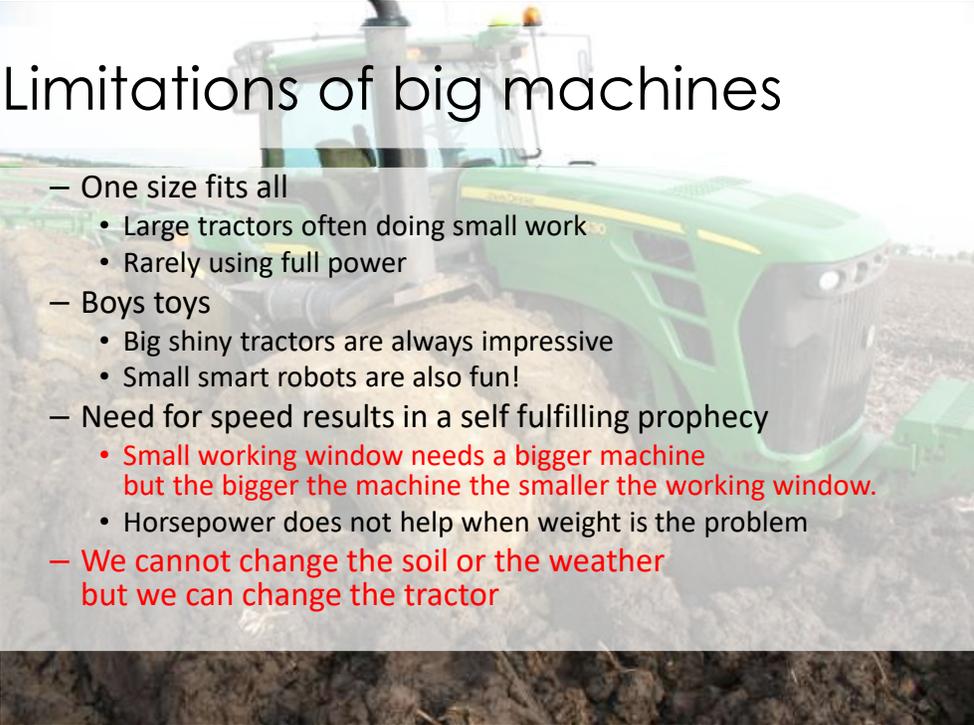
Farming systems

- Currently like an industrial production line
 - Maximising production (yield)
 - Large tractors doing the same work everywhere
 - Based on blanket application of energy (fert, spray,...)
- Need to move to flexible manufacturing
 - React to changes in real-time based on current conditions
 - Weather, growth, prices, legislation, incentives
 - More information intensive
 - Maximise gross margins
 - Manage risk
 - Minimise environmental impact
 - Automation



Economies of scale

- Big tractors and big implements
 - Increasing work rates and economies of scale reduces;
 - Driver costs
 - Cost and time per hectare
 - Large capital investment
 - Reached maximum size due to railway tunnels
 - No more savings through larger economies of scale
 - Good for large fields, cannot be used in smaller fields
 - Small to medium size farms and fields have the greatest potential for increased production with appropriate tech.



Limitations of big machines

- One size fits all
 - Large tractors often doing small work
 - Rarely using full power
- Boys toys
 - Big shiny tractors are always impressive
 - Small smart robots are also fun!
- Need for speed results in a self fulfilling prophecy
 - Small working window needs a bigger machine but the bigger the machine the smaller the working window.
 - Horsepower does not help when weight is the problem
- We cannot change the soil or the weather but we can change the tractor



Compaction

- Up to 90% of the energy going in to cultivation is there to repair the damage caused by large machines
- Repeated damage year after year
 - Plough/damage, plough/damage, ...
- Economic cost of compaction in England and Wales :
c. £0.4 bn/annum (Morris et al. Cranfield University, 2011)
- If we do not damage the soil in the first place, we do not need to repair it
- Natural soil flora and fauna produce the ideal soil structure (let the worms do the work)
- Move towards Controlled Traffic Farming and ultra light machines



Robotic seeder

- Ultra light, zero draught force
 - No agronomic compaction
 - Put seed into the ground in any weather
- Micro tillage
 - Cultivate for each individual seed position
- Use vertical or rotary seeding methods
 - Punch planting
- Seeding depth to moisture
 - Improve germination rates
- Permanent planting positions
 - Same place each year



Harper Adams
University
Copyright © 2008 AGCC

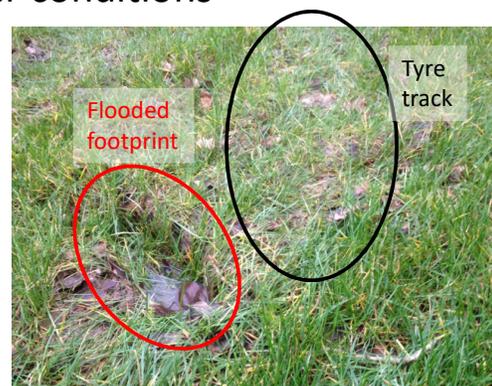
Ultra light seeding robot



- Less than 40kPa (6PSI) under the contact patch
- **Does no agronomic damage even at field capacity**
- Can seed the ground in any weather conditions



Vidéo



Crop scouting

- Working with agronomists by giving near-real-time data over the whole farm
- UGVs (Unmanned Ground Vehicle)
 - Phenotyping robots
 - Crop trials to evaluate new genotypes
 - Scouting robots
 - Targeted agronomic measurements
- UAVs (Unmanned Aerial Vehicle)
 - Rapid assessment technique
 - High resolution imagery
 - Visible: Crop cover, growth rates, flooding extent, late emergence, weed patches, rabbit damage, nutrient imbalance
 - Non-visible: NDVI, Thermal, multispectral
 - Sensor limited by weight and power

Agricultural Drone Centre

- Part of the NCPF
- Working with
 - Civil Aviation Authority
 - Chemical Regulation Directorate
 - Many drone companies
- Spray testing laboratory to accredit drones to use spray in the UK



Crop scouting; Dionysus robot

- Crop scouting robot for vineyards
- Build by Harper Adams MEng students for the University of Athens
- Software Architecture for Agricultural Robots
- Thermal camera for irrigation status
- Multispectral camera for nutrient status
- LIDAR for canopy extent and density



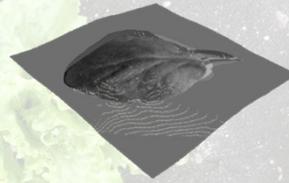
Vidéo

Vidéo



Robotic Weeding

- Hand weeding costs £2000 per hectare
- 80% grass weeds in UK herbicide resistant
- Discussions to ban Glyphosate
 - Do not ban Glyphosate, ban the dumb sprayer wastes the chemical
 - Only apply chemical directly on to the target leaf
- 10 years & \$250m for new active ingredients (not happening)
- Physical weeding alternatives
 - Mechanical weeding
 - Micro droplet spraying
 - Laser weeding from 3D imaging



Vidéo



Vidéo



Vidéo



Autonomous tractor



GPS to LIDAR steering test

Selective harvesting

- **Between 20- 60% of harvested crop is not of saleable quality**
- Only harvest that part of the crop which has 100% saleable characteristics
 - Phased harvesting, immediate replacement seeding
- Pre harvest quality and quantity assessment
 - **Grading / packing / sorting at the point of harvest**
 - **Add value to products on-farm**
 - Grade for quality
 - Size, sweetness, ripeness, shelf life, protein etc
 - Minimise off farm grading and sorting
 - **Add value to on-farm products**





Selective harvesting and grading strawberries



- Stereo RGB vision (Colour and size, 3D position of peduncle)
- NIR for sweetness, shelf life, quality
- Packing at the point of harvest

2 part and 2 non occluded strawberries found



Vidéo

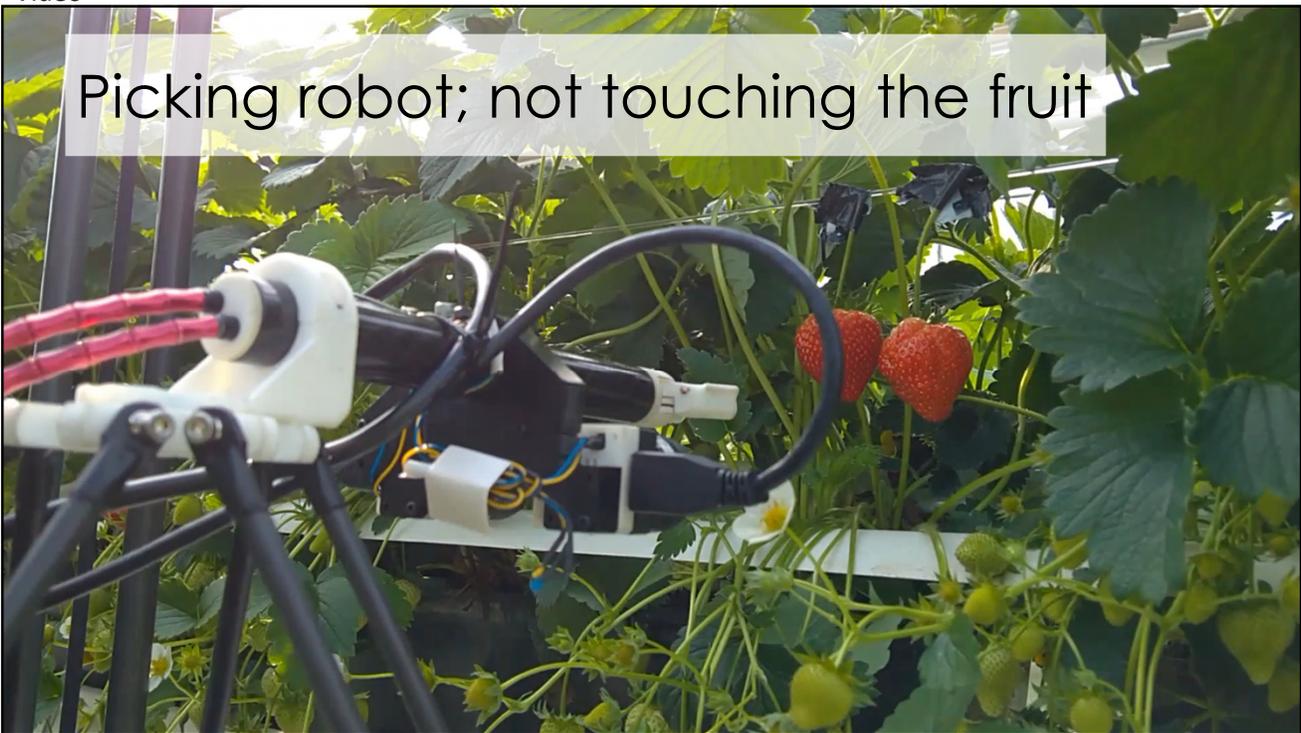
Strawberry count: 2

Stereo video identifying strawberries



Vidéo

Picking robot; not touching the fruit



Hands Free Hectare

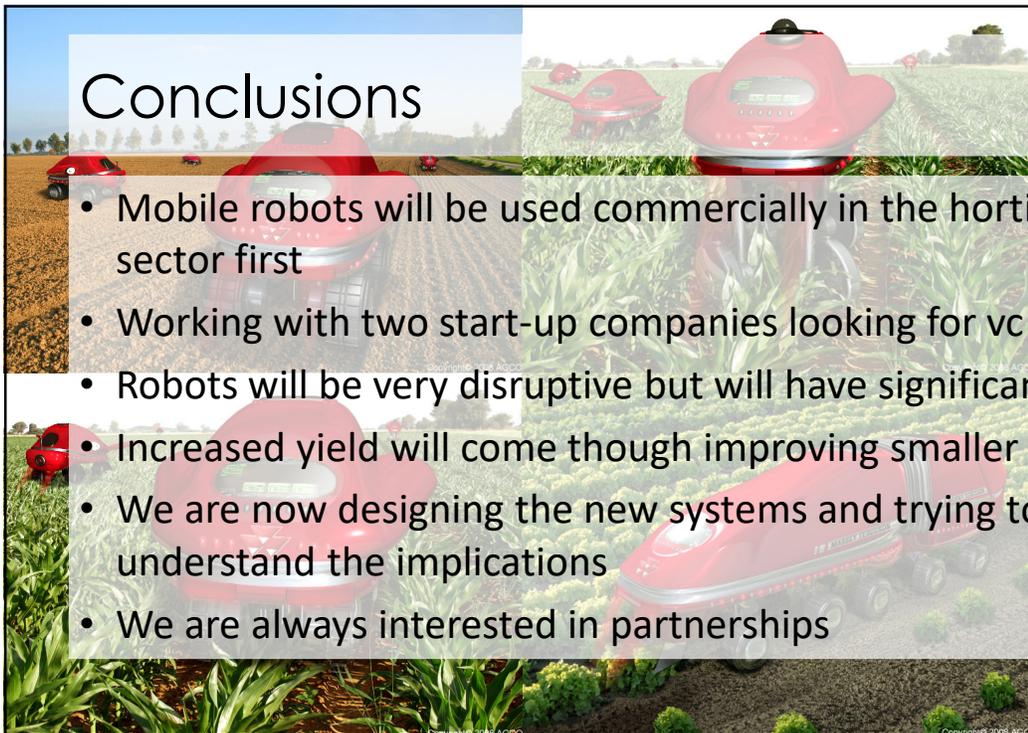


- Produce the worlds first automated crop
- Grow one hectare of spring barley without anyone going into the field
- Crop surveyed and sampled by drone
- Soil sampled by robot
- Drilled and sprayed by robotic tractor
- Harvested by robotic combine
 - 3.5t of barley to be made into robotic beer!



Conclusions

- Mobile robots will be used commercially in the horticultural sector first
- Working with two start-up companies looking for vc
- Robots will be very disruptive but will have significant benefits
- Increased yield will come though improving smaller fields
- We are now designing the new systems and trying to understand the implications
- We are always interested in partnerships



Incorrect assumptions about robotic agriculture

- Robots are only for big fields
 - Big fields have big equipment that is very efficient.
 - Small fields cannot be currently used with the same efficiency
 - Small robots can increase the efficiency in small fields
- Robots will be too expensive
 - Current big tractors need investment of £100k+ which farmers already pay, plus driver costs
 - Cost of a robot will be about £20-50k and will not need a 'driver'
- Robots will reduce rural workforce
 - Big tractors have already reduced the rural workforce from what they were 70 years ago.
 - We will still need a farm manager to plan the tasks
 - Still need an agronomist but will be supported by better real-time information
 - The tractor driver will need new skills to become a robot operator.
 - Seasonal labour will be significantly reduced
- Robots will do everything
 - Robots will be used in niche areas like weeding and scouting
 - Large manned tractors will still be needed for road work and heavy logistics
- Robots are not safe
 - New system has seven levels of safety
 - Driverless cars on road, why not tractors?
 - A person is always in charge of the robots via a smartphone.
- Robots are too complex and will need an operator with a PhD
 - With good design a robot should be as easy to use as a smartphone
 - Leapfrog technology
 - Embedded smarts
- Robots are for the future, not now
 - Why not now?

Robots as a service not a product

- Traditional business model
 - Build product and sell it
 - e.g. weedkiller
 - Loss of control after sale
 - Open to misuse
- New business model
 - Sell service with embedded product
 - E.g. eradication of weeds
 - Can use any technology (such as laser weeding)
 - Continual feedback on product and its use
 - Easily updated



Harper Adams
University



National Centre for
Precision Farming



European Union
European Regional
Development Fund



Pratiquer l'agriculture à l'aide de robots

Professeur Simon Blackmore

Twitter : ProfSBlackmore

Responsable de la robotique agricole

simon.blackmore@harper-adams.ac.uk

www.harper-adams.ac.uk

www.agri-epicentre.com

Directeur du National Centre for Precision Farming

NCPF.harper-adams.ac.uk

Université Harper Adams



- Fondée en 1901 par Thomas Harper Adams
- Cultures, animaux, aliments, terres et génie
- Environ 2 500 étudiants
- Département de génie
 - Environ 300 étudiants, 20 chercheurs, 10 techniciens
 - Génie agricole
 - Génie automobile (hors route)
 - Génie mécanique
 - MSc en génie mécatronique appliqué
- Recherche en agriculture robotique



THE QUEEN'S
ANNIVERSARY PRIZES
FOR HIGHER AND FURTHER EDUCATION
2017

National Center for Precision Farming



- Formation, développement et essai des drones agricoles
- Tracteur autonome
- Désherbage au laser et application par microgouttelettes
- Ensemencement et pulvérisation robotiques
- Phénotypage et dépistage d'organismes nuisibles par robotique
 - Robot de dépistage sous couvert
- Tondeuse autonome
- Cueillette robotisée de fraises
- Robot pour phénotypage des pâturages
- Projet « Hectare mains libres »

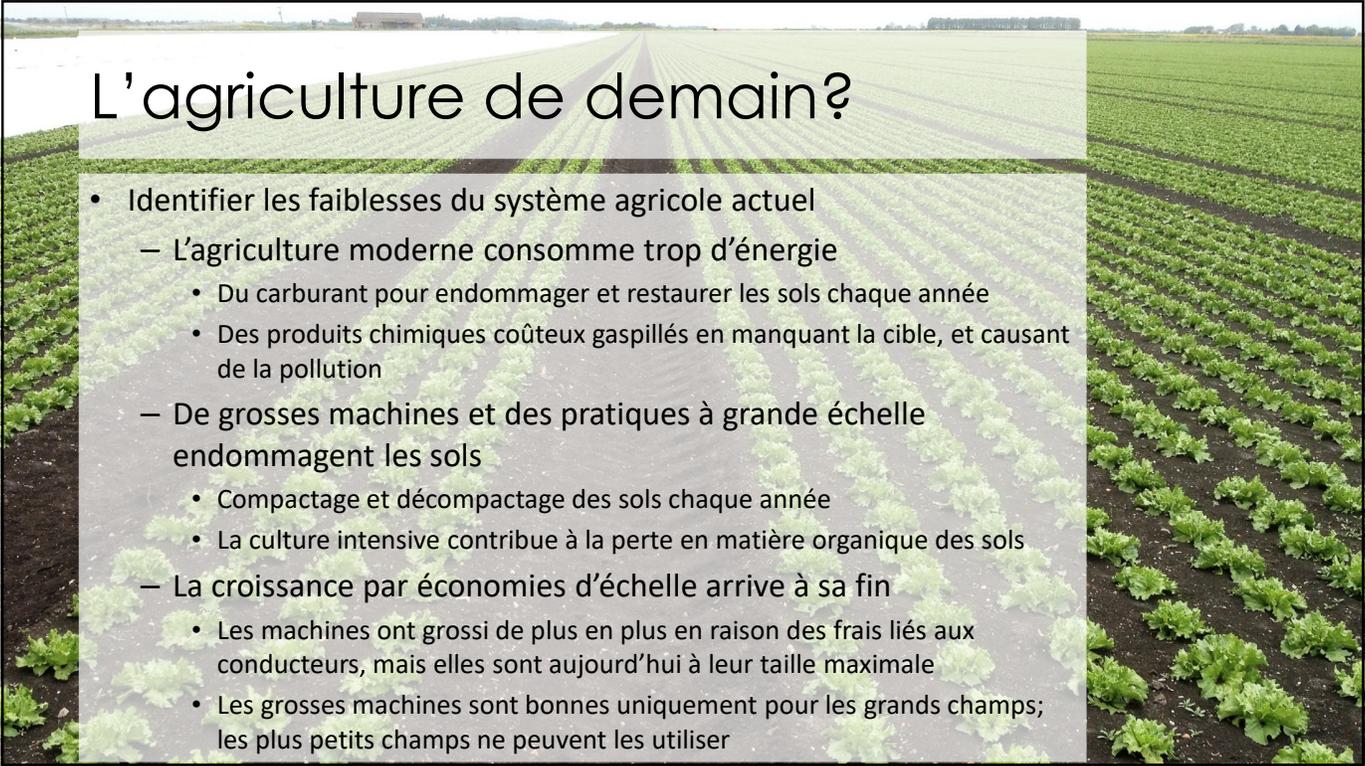
Agricultural Engineering Precision Innovation Centre (Agri-EPI)

- Société privée installée à l'université Harper Adams
- Investissement du gouvernement à hauteur de 18 millions de livres (*env. 31,5 millions \$CAD*) dans de nouveaux centres satellites pour développer l'agriculture de précision
- Aide le secteur agroalimentaire du R.-U. à développer des technologies avancées capables d'accroître la productivité et durabilité.
- R.-D. interentreprises et entre l'entreprise et l'université
- Le centre a des centres satellites dans les universités d'Édimbourg, Harper Adams et de Cranfield.
- 27 fermes satellites dotées d'instruments
- 130 entreprises commerciales collaboratrices
- Projet FEDER* pour faciliter l'innovation (Marchés LEP)

*Fonds européen de développement régional

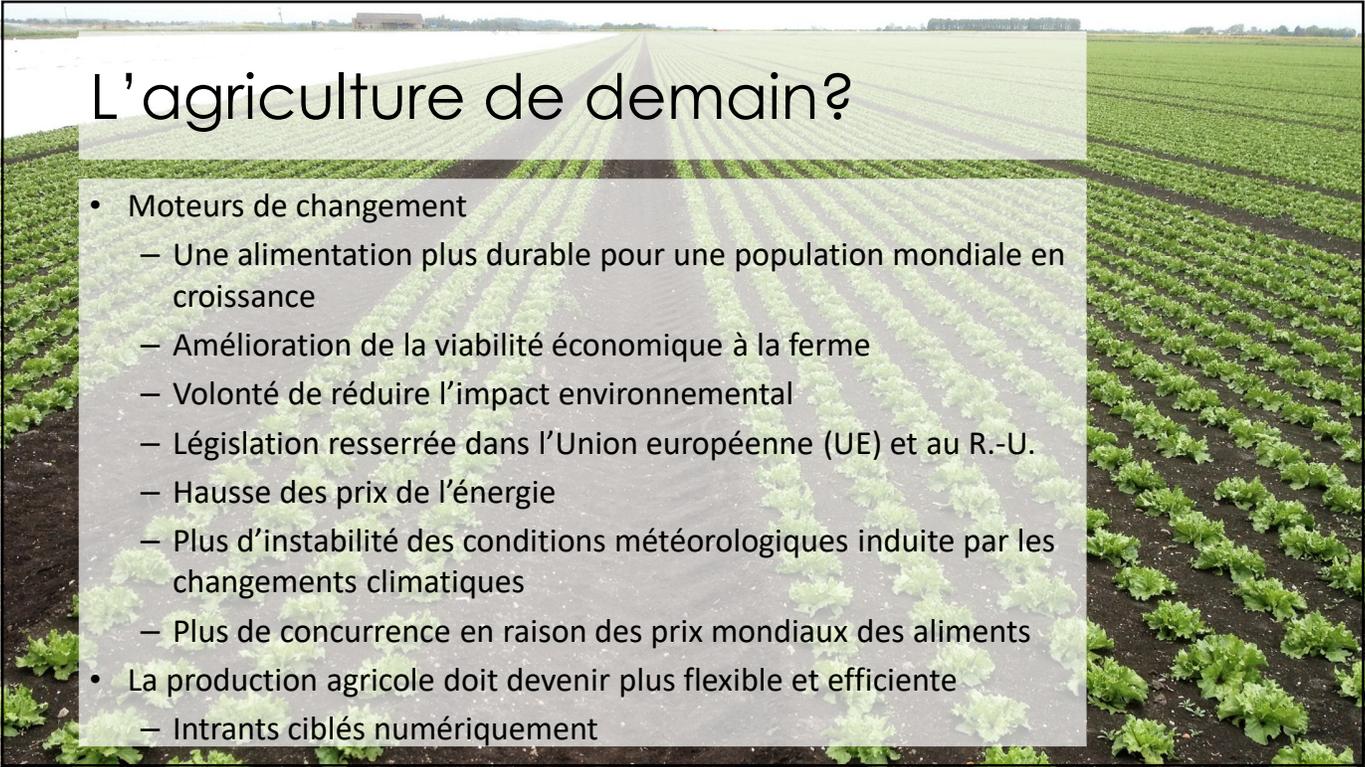


www.agri-epicentre.com



L'agriculture de demain?

- Identifier les faiblesses du système agricole actuel
 - L'agriculture moderne consomme trop d'énergie
 - Du carburant pour endommager et restaurer les sols chaque année
 - Des produits chimiques coûteux gaspillés en manquant la cible, et causant de la pollution
 - De grosses machines et des pratiques à grande échelle endommagent les sols
 - Compactage et décompactage des sols chaque année
 - La culture intensive contribue à la perte en matière organique des sols
 - La croissance par économies d'échelle arrive à sa fin
 - Les machines ont grossi de plus en plus en raison des frais liés aux conducteurs, mais elles sont aujourd'hui à leur taille maximale
 - Les grosses machines sont bonnes uniquement pour les grands champs; les plus petits champs ne peuvent les utiliser



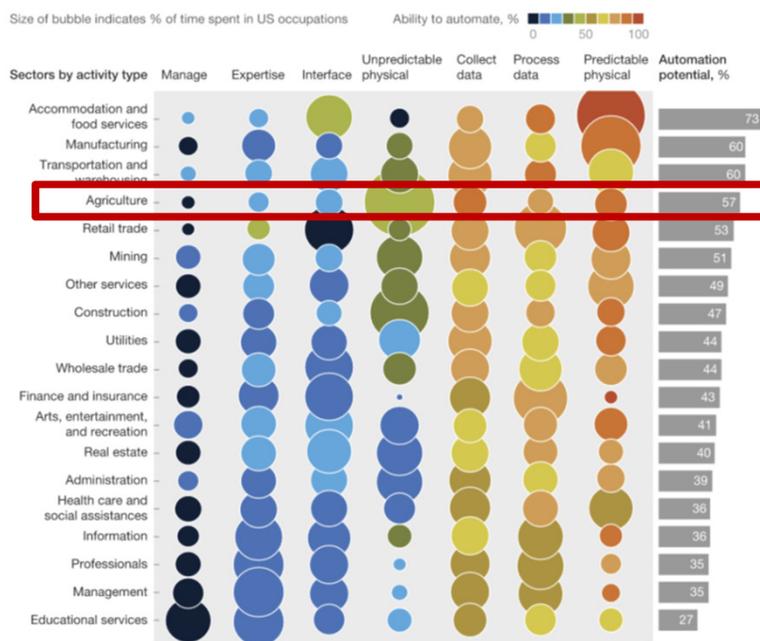
L'agriculture de demain?

- Moteurs de changement
 - Une alimentation plus durable pour une population mondiale en croissance
 - Amélioration de la viabilité économique à la ferme
 - Volonté de réduire l'impact environnemental
 - Législation resserrée dans l'Union européenne (UE) et au R.-U.
 - Hausse des prix de l'énergie
 - Plus d'instabilité des conditions météorologiques induite par les changements climatiques
 - Plus de concurrence en raison des prix mondiaux des aliments
- La production agricole doit devenir plus flexible et efficiente
 - Intrants ciblés numériquement

Tendances à venir

- L'agriculture possède un potentiel d'automatisation de 57 %

Automation potential varies across sectors and specific work activities.



McKinsey&Company | Source: US Bureau of Labor Statistics; McKinsey Global Institute analysis

La « tempête du siècle » dans l'agriculture au R.-U., après le BREXIT

- Aucune subvention à la production
 - Coupures des subventions agricoles, comme en N.-Z.
- Politiques pour restreindre la main-d'œuvre de l'UE
 - Pas de cueilleurs saisonniers
 - Salaires plus élevés pour attirer des travailleurs britanniques
- Dévaluation de la livre sterling (£)
 - Bon pour nos exportations
 - Mauvais pour nos intrants importés
- Durabilité amoindrie
 - Les producteurs plantent moins désormais
 - Les producteurs déplacent des cultures pour profiter d'une main-d'œuvre bon marché
- Soulagement technologique
 - Certaines tâches peuvent être automatisées
 - Réduction importante des coûts de production
 - Potentiel de réalisation au R.-U.
 - Passage de l'agriculture de précision à l'agriculture robotique

Systemes d'exploitation agricole

- Similaires actuellement à une chaîne de production industrielle
 - Maximisation de la production (rendement)
 - De gros tracteurs effectuent le même travail partout
 - Fondés sur une application uniforme de l'énergie (engrais, pulvérisation, etc.)
- Nécessité de passer à un mode de fabrication plus flexible
 - Réagir aux changements en temps réel en fonction des conditions présentes
 - Météo, croissance, prix, législation, mesures incitatives
 - Utiliser plus d'informations
 - Maximiser les marges brutes
 - Gérer les risques
 - Minimiser l'impact environnemental
 - Automatisation

Économies d'échelle

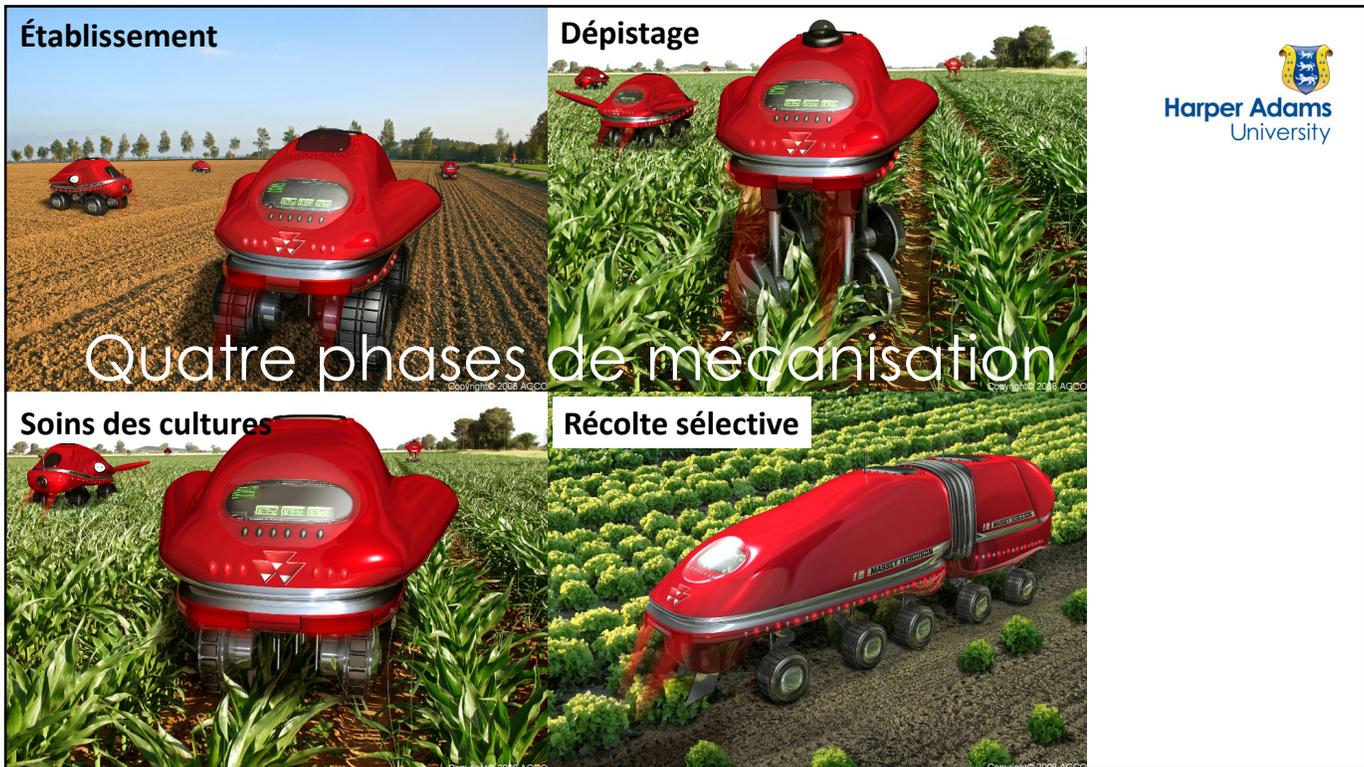
- Gros tracteurs et gros équipements
 - Accélèrent le rythme de travail et réduisent les économies d'échelle
 - Frais liés aux conducteurs
 - Coût et temps par hectare
 - Important investissement en capital
 - **Taille maximale atteinte** en raison des tunnels ferroviaires
 - Finies les économies par des économies d'échelle plus importantes
 - Bons pour les grands champs; inutilisables dans des champs plus petits
 - **Les fermes et les champs de taille petite à moyenne ont le plus grand potentiel pour une production accrue, avec une technologie appropriée**

Limites des grosses machines

- Un seul format pour tous les travaux?
 - Les gros tracteurs effectuent souvent de petits travaux
 - Exploitent rarement toute leur puissance
- Jouets pour garçons
 - Les gros tracteurs brillants sont toujours impressionnants
 - Les petits robots intelligents sont aussi amusants!
- Besoin de résultats rapides selon une prophétie autoréalisatrice
 - Une période de travail réduite nécessite une grosse machine, mais plus la machine est grosse, plus la période de travail se contracte.
 - La puissance n'est pas utile lorsque le problème se trouve dans le poids
- Nous ne pouvons pas changer les sols ou les conditions météorologiques, mais nous pouvons changer le tracteur

Compactage

- Jusqu'à 90 % de l'énergie destinée à la culture sert à réparer les dommages causés par de grosses machines
- Dommages répétés d'année en année
 - Charrue/dommages, charrue/dommages, ...
- Coût économique du compactage en Angleterre et au pays de Galles : env. 0,4 milliard de livres sterling (env. 0,7 milliard \$CAD) par année (Morris et al., université de Cranfield, 2011)
- Si nous n'endommageons pas les sols en premier lieu, nous n'avons pas à les restaurer
- La flore et la faune indigènes dans les sols produisent la structure idéale pour les sols (laissons les vers faire le travail)
- Passer à une agriculture à circulation contrôlée et à des machines ultra légères



Semoir robotique

- Ultra léger, aucune force de traction
 - Aucun compactage agronomique
 - Ensemence quelle que soit la météo
- Microtravail du sol
 - Cultive pour chaque position individuelle de semences
- Applique des méthodes d'ensemencement verticales ou rotatives
 - Plantation par perçage du sol
- Ensemencement en profondeur pour profiter de l'humidité
 - Améliore les taux de germination
- Emplacements de plantation permanents
 - Même endroit chaque année

Robot d'ensemencement ultra léger

- Moins de 40 kPa (6 lb/po²) sous la zone de contact
- **Ne cause aucun dommage agronomique même à la capacité au champ**
- Capable d'ensemencer, peu importe la météo



Vidéo



Dépistage/surveillance

- Le robot travaille avec les agronomes en leur soumettant des données en temps quasi réel à la grandeur de la ferme
- Véhicule terrestre sans pilote (UGV)
 - Robots pour le phénotypage
 - Essais sur des cultures pour évaluer de nouveaux génotypes
 - Robots pour le dépistage
 - Mesures agronomiques ciblées
- Véhicule aérien sans pilote (UAV)
 - **Technique rapide d'évaluation**
 - Imagerie en haute résolution
 - Visible : couvert végétal, taux de croissance, repérage des accumulations d'eau, émergence tardive, zones de mauvaises herbes, dommages causés par des animaux, déséquilibre nutritif
 - Non visible : NDVI (Indice de végétation par différence normalisée), thermique, multispectral
 - Détecteur limité par le poids et la puissance

Agricultural Drone Centre

- Fait partie du National Centre for Precision Farming
- Collabore avec :
 - L' Autorité de l'aviation civile
 - Le Chemical Regulation Directorate (Direction de la réglementation des produits chimiques)
 - Bon nombre d'entreprises de drones
- Laboratoire d'essais de pulvérisation qui certifie des drones pour effectuer des pulvérisations au Royaume-Uni.

Dépistage : robot Dionysos

- Robot de dépistage/surveillance pour les vignobles
- Construit par les étudiants à la maîtrise en génie de l'université Harper Adams pour l'université d'Athènes
- Architecture logicielle pour robots agricoles
- Caméra thermique pour évaluer le statut d'irrigation
- Caméra multispectrale pour évaluer le statut nutritif
- Radar laser (LIDAR) pour évaluer l'étendue et la densité du couvert



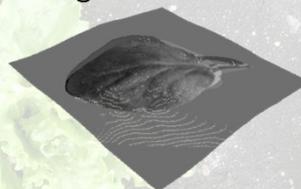
Vidéo



Robot de dépistage sous couvert

Désherbage robotisé

- Coûts du désherbage manuel évalués à 2 000 livres sterling par hectare (env. 3 500 \$CAD/ha – à salaire égal)
- 80 % des graminées nuisibles au R.-U. résistent aux herbicides
- Discussions en vue d'interdire l'utilisation du glyphosate
 - Ne pas interdire l'utilisation du glyphosate, interdire plutôt le pulvérisateur non intelligent qui gaspille le produit chimique
 - Appliquer le produit chimique directement sur la feuille cible
- 10 ans et 250 millions de dollars pour de nouveaux ingrédients actifs (sans résultat)
- Autres méthodes de désherbage physique
 - Désherbage mécanique
 - Pulvérisation de microgouttelettes
 - Désherbage au laser à partir d'imagerie 3D



Vidéo



Vidéo



Vidéo



Vidéo



Récolte sélective

- **Entre 20 et 60 % des cultures récoltées ne sont pas de qualité vendable**
- Récolter uniquement la partie de la culture qui a toutes les caractéristiques nécessaires à la vente
 - Récolte progressive, ensemencement de remplacement immédiat
- Évaluation préalable de la qualité et la quantité de la récolte
 - **Classement / emballage / tri au point de récolte**
 - **Ajouter de la valeur aux produits à la ferme**
 - Classer les produits en fonction de la qualité
 - Taille, goût sucré, maturité, durée de conservation, protéines, etc.
 - Réduire au minimum le classement et le tri en dehors de la ferme
 - **Ajouter de la valeur aux produits à la ferme**



Récolte sélective et classement des fraises

- Vision RVB (Rouge-Vert-Bleu) et stéréo (repère la couleur et la taille des fruits, la position 3D du pédoncule)
- Infrarouge proche (NIR) pour le goût sucré, la durée de conservation, la qualité
- Emballage au point de récolte

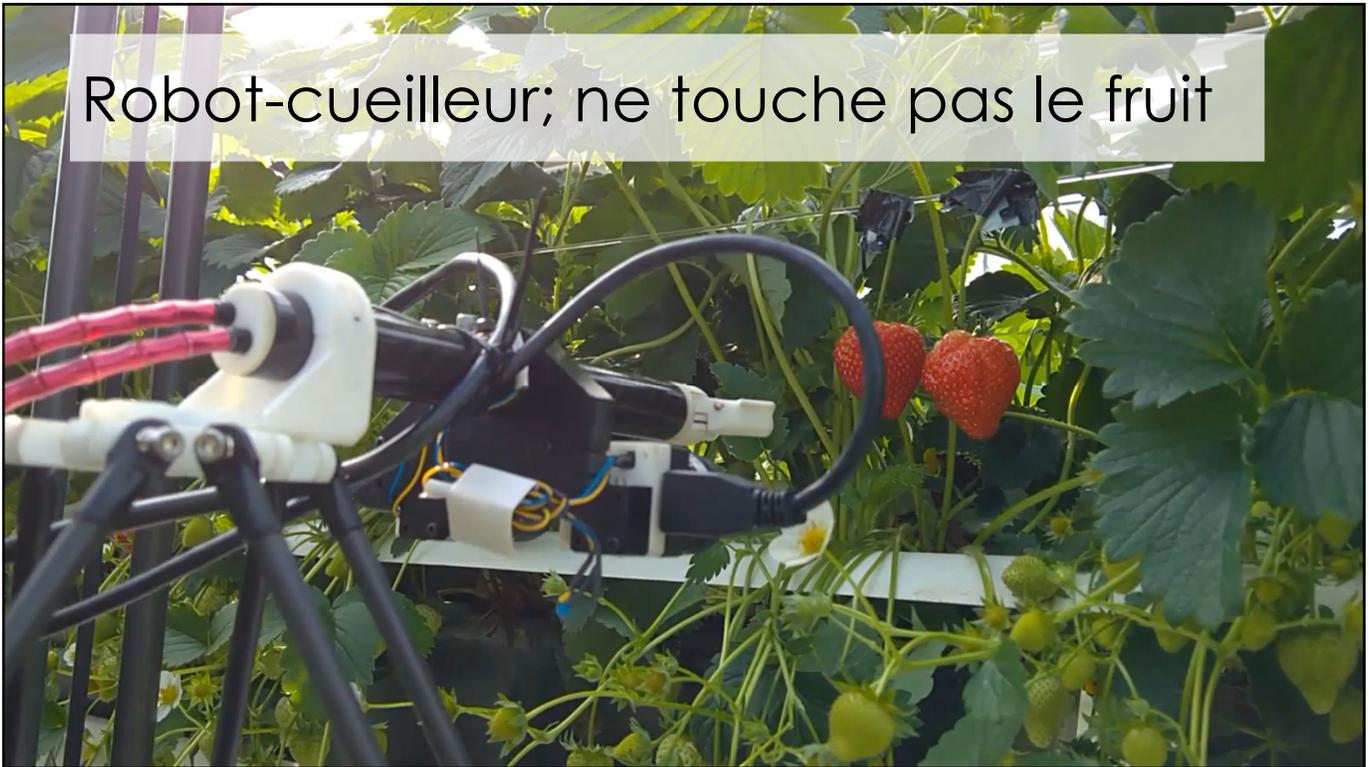
2 part and 2 non occluded strawberries found



Strawberry count: 2

Vidéo stéréo pour reconnaître les fraises





Projet « Hectare mains libres »

- Produire la première culture automatisée au monde
- Cultiver un hectare d'orge de printemps sans que personne n'aille dans les champs
- Culture sondée et échantillonnée par un drone
- Sols échantillonnés par un robot
- Labourage et pulvérisation par un tracteur-robot
- Récolte par une moissonneuse-batteuse robot
 - 3,5 tonnes d'orge destinée à être transformée en bière « robotique »!

Conclusion

- Les robots mobiles serviront commercialement, en premier lieu, dans le domaine horticole
- Nous travaillons avec deux entreprises en démarrage à la recherche de capital de risque
- Les robots seront très dérangeants, mais ils offriront des bénéfices importants
- Le rendement accru suivra par l'amélioration dans les petits champs
- Nous sommes à concevoir de nouveaux systèmes et tentons d'en comprendre les répercussions
- Les partenariats nous intéressent toujours

Hypothèses erronées à propos de l'agriculture robotique

- Les robots ne sont utiles que pour les grands champs
 - Les grands champs disposent de gros équipements très efficaces
 - Les petits champs ne peuvent être exploités avec la même efficacité
 - Les petits robots peuvent augmenter l'efficacité dans les petits champs
- Les robots coûteront trop cher
 - Les gros tracteurs actuels nécessitent un investissement de l'ordre de 100 milliers de livres et plus (*env. 175,2 \$CAD*) que les fermiers paient déjà, sans compter les salaires des conducteurs
 - Le coût d'un robot se situera entre 20 et 50 milliers de livres (*env. 35 à 87,6 milliers de \$CAD*) et ne nécessitera pas de « conducteur »

Hypothèses erronées à propos de l'agriculture robotique



Suite...

- Les robots réduiront l'utilisation de la main-d'œuvre rurale
 - Les gros tracteurs ont déjà réduit l'utilisation de la main-d'œuvre à la ferme par rapport à ce qu'elle était il y a 70 ans
 - Nous aurons encore besoin d'un gérant de ferme pour planifier les tâches
 - Un agronome sera encore nécessaire, mais il pourra profiter de meilleures données saisies en temps réel
 - Le conducteur de tracteur aura besoin de nouvelles compétences pour devenir un opérateur de robot
 - La main-d'œuvre saisonnière sera réduite de manière importante

Hypothèses erronées à propos de l'agriculture robotique



- Les robots feront tout
 - Les robots seront utiles dans des domaines précis, comme le désherbage et le dépistage
 - Les gros tracteurs avec conducteur à bord seront encore nécessaires pour les travaux routiers et la logistique lourde
- Les robots ne sont pas sécuritaires
 - Le nouveau système comporte sept niveaux de sécurité
 - On parle de voitures sans conducteur sur les routes, pourquoi pas les tracteurs?
 - Une personne est toujours aux commandes des robots à l'aide d'un téléphone intelligent
- Les robots sont trop complexes et nécessiteront un opérateur possédant un doctorat
 - Un robot de bonne conception devrait être aussi facile à utiliser qu'un téléphone intelligent
 - Bond technologique
 - Capacités d'intelligence numérique intégrées
- Les robots sont pour demain, pas pour aujourd'hui
 - Pourquoi pas maintenant?

Les robots en tant que service, non en tant que produit

- **Modèle d'affaires traditionnel**
 - Fabriquer un produit et le vendre
 - Par exemple, un herbicide
 - Perte de contrôle après la vente
 - Se prête à une mauvaise utilisation
- **Nouveau modèle d'affaires**
 - Vendre un service avec produit intégré
 - Par exemple, l'éradication des mauvaises herbes
 - Peut utiliser toute technologie (comme le désherbage au laser)
 - Rétroaction en continu sur le produit et son utilisation
 - Mise à jour facile