



# Vigie des tendances technologiques agricoles



18 novembre 2022

TALSOM

# Table des matières

## 1. Contexte de la vigie

## 2. Résumé de la vigie

- La situation actuelle
- Tendances technologiques
- Technologies numériques
- Autres technologies
- Exemples d'adoption

## 3. Vigie détaillée

- La situation actuelle
- Tendances technologiques
- Technologies numériques
- Autres technologies
- Exemples d'adoption

## 4. Sources

# Objectifs de la vigie



Dresser un tableau des **tendances technologiques actuelles et futures** dans le secteur de la production agricole



Faire un **focus spécifique sur deux secteurs** dans un souci de profondeur et de couverture



Préparer l'atelier de **projection**

# Cadre de la vigie

	Filières proposés	Revenues	Emplois	Taux de croissance moyen *
1)	<b>Production animale</b>	55 %	31 %	4%
	Grande culture	12 %	10 %	1%
2)	<b>Horticulture</b>	10 %	7 %	17%
	<b>Serriculture / Fermes verticales</b>		13 %	
	<b>TOTAL</b>	77%	61 %	

## Critères de sélection:

- Couverture optimale des travailleurs agricoles
- Taux de croissance

\*(5ans) 2022 à 2026 évaluations du marché canadien

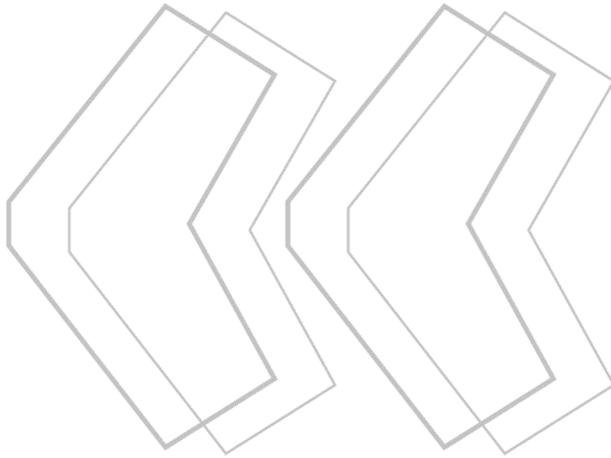


## Résumé de la vigie

A green metal walkway with railings leads through a dense, lush forest. The path is made of a grid-like metal surface and is flanked by green railings. The forest is filled with various types of trees and plants, including ferns and palm-like trees. The lighting is bright, suggesting a sunny day. A large white diamond shape with a green border is overlaid on the center of the image, containing the text.

**Pourquoi parle-t-on  
de technologies en  
agriculture?**

# La situation



La pandémie de la COVID-19 a mis en évidence **la vulnérabilité** des systèmes agroalimentaires aux **chocs et aux contraintes** et a entraîné une augmentation de **l'insécurité alimentaire et de la malnutrition dans le monde**. Il est nécessaire d'agir pour rendre les systèmes agroalimentaires plus **résilients, efficaces, durables et inclusifs**.

# Les enjeux du secteur

SOCIOÉCONOMIQUES



ENVIRONNEMENTAUX et CLIMATIQUES



CHANGEMENTS DE LA DEMANDE



CHANGEMENTS GÉOPOLITIQUES



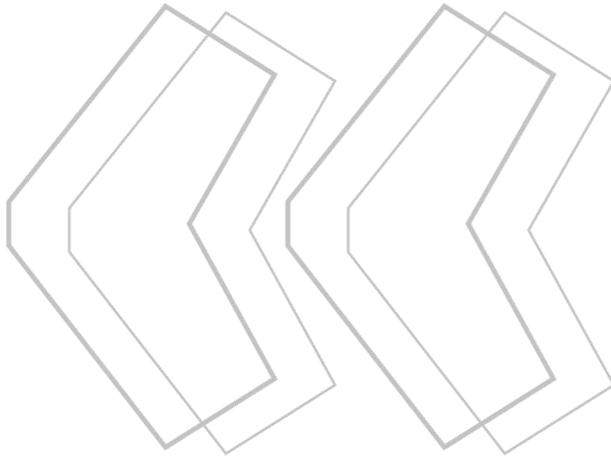
DÉMOGRAPHIE



CHAINE D'APPROVISIONNEMENT



# Les engagements du fédéral



**D'ici 2025, le Canada sera l'un des cinq chefs de file mondiaux** dans le secteur agroalimentaire, et sera reconnu comme le fournisseur de produits alimentaires de grande qualité le plus fiable et le plus concurrentiel qui soit, en plus d'être un innovateur en matière de produits à valeur ajoutée offerts aux consommateurs du monde entier. Nous disposerons **d'une chaîne d'approvisionnement numérisée et axée sur la technologie qui nous démarquera en tant que principal fournisseur mondial de protéines.**



An aerial photograph of a dense forest with a mix of green and yellow trees, suggesting autumn. A large white diamond shape is superimposed over the center of the image, containing text. The diamond has a thin green border on its left and top edges and a thin yellow border on its right and bottom edges.

« **Les données** vont devenir le nerf  
de la guerre, **un actif aussi**  
**important que la terre** »

- Annie Royer

Professeure agrégée au Département d'agroéconomie de l'Université Laval



# **Tendances technologiques**

# Les tendances technologiques

## Agriculture de précision

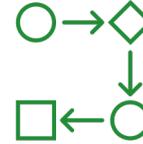


Il s'agit d'une méthode dans laquelle les agriculteurs utilisent des quantités exactes d'intrants, tels que l'eau, les pesticides et les engrais, pour améliorer la qualité et la productivité du rendement.

## Élevage de précision

L'élevage de précision est un ensemble de techniques regroupant différents outils numériques innovants visant un pilotage précis et continu des animaux et des systèmes de production

## Traçabilité



La traçabilité est la capacité d'identifier l'origine des ingrédients des denrées alimentaires et des aliments pour animaux ainsi que les sources de nourriture.

## Technologies de traçabilité

- Codes-barres
- Dispositif d'identification par radiofréquence (RFID)
- La technologie *blockchain* ou chaîne de blocs
- Réseaux de capteurs sans fil (WSN)
- Codage à barres de l'ADN

## Biosécurité



L'ensemble des outils, mesures et procédures pour prévenir et contrer les dangers liés à la transmission d'agents pathogènes par diverses voies de contamination.

## Exemples de mesures de prévention:

- Lutte contre les maladies
- Prévention des maladies
- L'arrivée et le déplacement des animaux
- Le contrôle de la circulation des personnes et de l'équipement
- La gestion de l'exploitation (nettoyage et désinfection des lieux)

An aerial photograph of a dense forest with a mix of green and yellow trees, suggesting autumn. A large white diamond shape is superimposed over the center of the image, containing the text. The diamond has a thin green border on its left and top edges and a thin yellow border on its right and bottom edges.

# **Les technologies numériques**

# Les technologies numériques



**Internet des  
objets (IDO)**



**Big Data/  
Analyse de données**



**Drones**



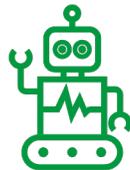
**Intelligence  
artificielle**



**Logiciels de gestion  
agricole**



**Connectivité**



**Robotique**

# Internet des objets (IDO)



## Qu'est-ce qu'on veut dire par Internet des objets ?

L'IDO offre une alternative aux méthodes traditionnelles. Un dispositif IDO contient un ou plusieurs capteurs qui **collectent des données et fournissent des informations précises via des applications mobiles ou d'autres moyens en temps réel.**

## Application en horticulture

L'utilisation de différents capteurs permet d'obtenir des données sur différents aspects ayant un impact sur les plantes:

- L'humidité du sol
- Surveillance des ravageurs



## Application en production animale

L'utilisation de différents capteurs permet d'obtenir des données sur différents aspects ayant un impact sur les animaux:

- La santé et la vitalité
- La position



# Drones et imagerie aérienne



## Qu'est-ce qu'on veut dire par drones?

Ils survolent les champs pour capturer des images allant de la simple photographie en lumière visible à l'imagerie multispectrale, ce qui facilite l'analyse des cultures, des sols et des champs.

## Application en horticulture

- Analyse des sols et des champs: planifier les schémas de plantation des semences.
- Évaluation de la santé : identifier les plantes qui reflètent différentes quantités de lumière verte et de lumière proche infrarouge



## Application en production animale

- Des drones pour compter les animaux
- Gérer la santé animale



# Connectivité



Qu'est-ce qu'on veut dire par  
**Connectivité**?

La connectivité permet aux  
différentes technologies et à  
l'utilisateur final de  
communiquer ensemble  
rapidement.

## Importance

L'agriculture intelligente n'est pas possible sans les technologies de connectivité comme la 5g, le LPWAN\*, le haut débit rural ou la communication par satellite.



## Avantage

Les agriculteurs peuvent ainsi **surveiller les données avec plus de précision en temps réel** et prendre les mesures nécessaires.



\* low-power wide-area network (LPWAN)

# Big Data / analyse de données



**Qu'est-ce qu'on veut dire par Big Data/analyse de données?**

Systemes qui permettent d'analyser une grande quantité d'information et d'identifier des modèles et des relations qui pourraient autrement rester cachées

## L'objectif

Les techniques de Big Data et d'analyse transforment les données agricoles quotidiennes en informations exploitables.



## Exemple

Les données analytiques favorisent la compréhension des niveaux de nutriments, d'acidité et d'alcalinité du sol ainsi que des besoins en engrais, ce qui permet une prise de décision basée sur les données.



# Intelligence artificielle



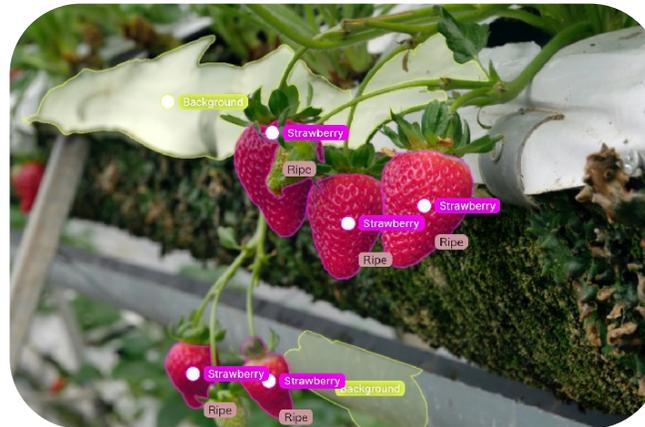
## Qu'est-ce qu'on veut dire par Intelligence artificielle?

Le domaine de l'informatique qui apprend aux machines à reproduire les actions physiques des humains et à réagir comme eux.

## Application en horticulture

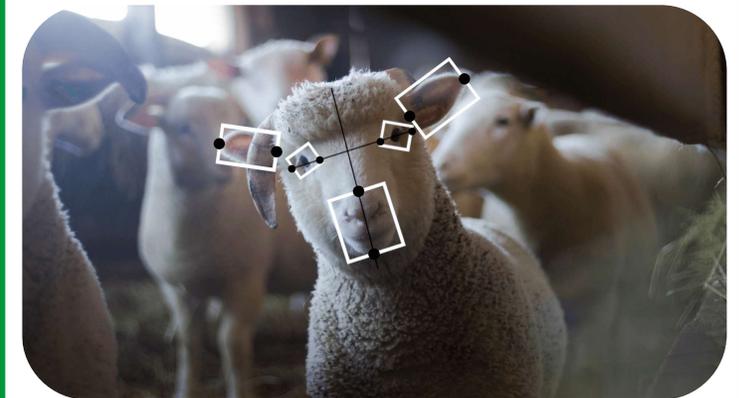
Offre des perspectives prédictives pour prévoir les données météorologiques, le rendement des cultures et les prix

- Diagnostic de maladies
- Évalue la maturité des produits



## Application en production animale

- Reconnaître les expressions faciales afin de détecter si un mouton souffre
- Identifier la baisse de croissance d'un poulet. Peut être entraînée à différencier les poulets sains des poulets infectés.





## Qu'est-ce qu'on veut dire par Robotique?

La **pénurie de main-d'œuvre** est un problème crucial auquel les agriculteurs sont confrontés, et ce problème est amplifié dans le cas de grandes exploitations agricoles.

Les agriculteurs font de plus en plus appel aux **robots pour automatiser les tâches répétitives dans les champs.**

## Application en horticulture

- Des systèmes de récolte commencent à voir le jour pour les cultures de grande valeur.
- Les robots de récolte sont capables de parcourir les allées des serres, d'identifier avec précision les plantes mûres et non mûres



## Application en production animale

- Gestion des aliments pour animaux
- Les robots peuvent effectuer des tâches répétitives comme nourrir les oiseaux, ramasser les œufs et enlever le fumier.



# Logiciels de gestion agricole



Qu'est-ce qu'on veut dire par logiciels de gestion agricole ?

Les logiciels de gestion agricole **centralisent, gèrent et optimisent** les activités de production et les opérations des exploitations agricoles.

## Importance

Les logiciels de gestion agricole automatisent l'enregistrement et le stockage des données de l'exploitation, surveillent et analysent les activités et la consommation de l'exploitation, et suivent les dépenses et les budgets de l'exploitation.



## Exemple

Un ERP basé sur l'infonuagique centralise les informations de toute l'entreprise, garantissant que tous les employés sont sur la même longueur d'onde.



An aerial photograph of a dense forest with trees in various shades of green and yellow. A large white diamond shape is superimposed over the center of the image, containing the text 'Autres technologies' in a bold, black, sans-serif font.

# **Autres technologies**

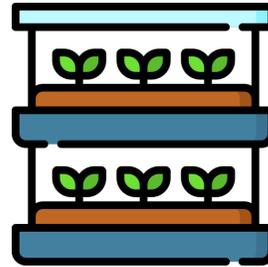
# Agriculture en environnement contrôlé

## Serres



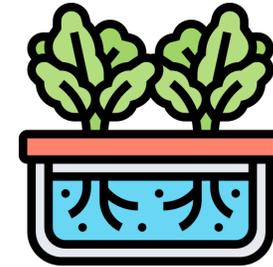
**Une seule couche de cultures**, plantées à l'intérieur d'un espace clos dont les murs et le plafond sont en verre ou en plastique pour laisser entrer la **lumière naturelle**.

## Fermes verticales



Utiliser des plateaux de plantes généralement hydroponiques, **empilés dans des tours allant du sol au plafond** dans un espace clos, avec des **lumières D.E.L.** éclairant chaque couche, et offrant un contrôle du climat.

## Hydroponie / Aéroponie



**L'hydroponie et l'aéroponie** sont des techniques de culture hors-sol qui utilisent des solutions nutritives renouvelées et un substrat inerte (minéral ou végétal) pour se passer du support et des apports d'un sol.



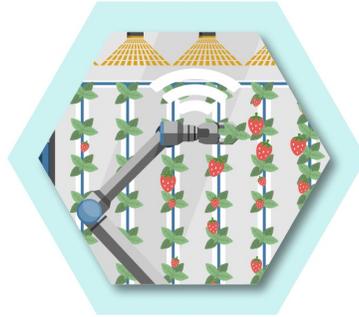
# **Exemples d'adoption**

# Exemples d'adoption

**Les Pays-Bas :**  
Numérisation de la serre



**La Californie :** Où les robots s'occupent des fraises



**L'Australie :** Crypto dans les élevages de bétail



**Israël :** Nourrir une nation avec des gouttes d'eau



L'agriculture est une **activité académique en Hollande** : les trois quarts de ses jeunes agriculteurs sont titulaires d'un baccalauréat ou d'un diplôme supérieur, **contre 21 % des exploitants agricoles canadiens** de moins de 40 ans.

# Résumé et discussion



## Tendances technologiques

- Agriculture de précision
- Élevage de précision
- Traçabilité



## Technologies numériques

- Internet des objets (IDO)
- Drones
- Connectivité
- Big Data/Analyse de données
- Intelligence artificielle
- Robotique
- Logiciels de gestion agricole



## Autres technologies

- Serres
- Fermes verticales
- Hydroponie / Aéroponie



## Exemples d'adoption

- **Les Pays-Bas** : Numérisation de la serre
- **La Californie** : Où les robots s'occupent des fraises
- **L'Australie** : Crypto dans les élevages de bétail
- **Israël** : Nourrir une nation avec des gouttes d'eau

- **Avez-vous des questions?**
- **Qu'est-ce qui vous surprend et qu'avez-vous appris?**



**Vigie détaillée**

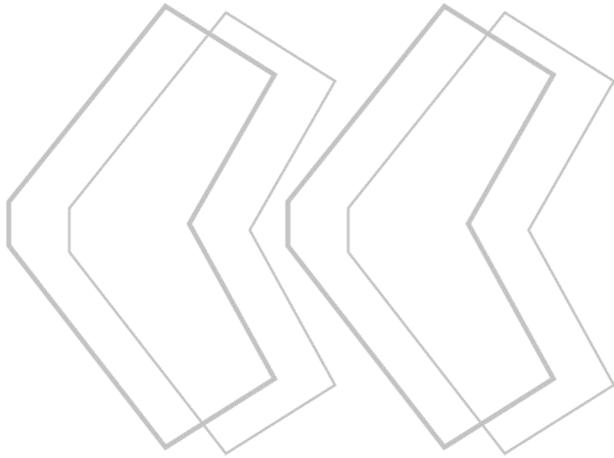


TALSOM

LA TRANSFORMATION AVEC UN SENS

Humaine, technologique, durable.

# La situation



La pandémie de la COVID-19 a mis en évidence **la vulnérabilité** des systèmes agroalimentaires aux **chocs et aux contraintes** et a entraîné une augmentation de **l'insécurité alimentaire et de la malnutrition dans le monde**. Il est nécessaire d'agir pour rendre les systèmes agroalimentaires plus **résilients, efficaces, durables et inclusifs**.

# Les enjeux du secteur

SOCIOÉCONOMIQUES



ENVIRONNEMENTAUX et CLIMATIQUES



CHANGEMENTS DE LA DEMANDE



CHANGEMENTS GÉOPOLITIQUES



DÉMOGRAPHIE



CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT



# Les enjeux du secteur

## Changements géopolitiques

- Accords et désaccords politiques
  - Accord Canada-États-Unis-Mexique (ACEUM)
  - Guerres commerciales
- Réglementation
  - Interdiction des plastiques à usage unique
- Événement géopolitique
  - Guerre en Ukraine
  - Pandémie
- Agilité et Robustesse
- Dépendance envers le transport mondiale
  - Indépendance alimentaire

## Socioéconomiques

- Capacité de production
- Croissance de la demande de protéines
- Fraude alimentaire
- Inflation importante

# Les enjeux du secteur

## Enjeux environnementaux

- Réglementations de plus en plus sévères
- Impact important des pesticides
- Dichotomie production et pesticides
- Représente un tiers du gaspillage alimentaire
- Économie circulaire

## Démographie

- Rareté des candidats
- Perception négative
- Distance des grands centres
- Salaires en augmentation
- Gestion des travailleurs étrangers temporaires complexe
- Croissance de la population

# Les enjeux du secteur

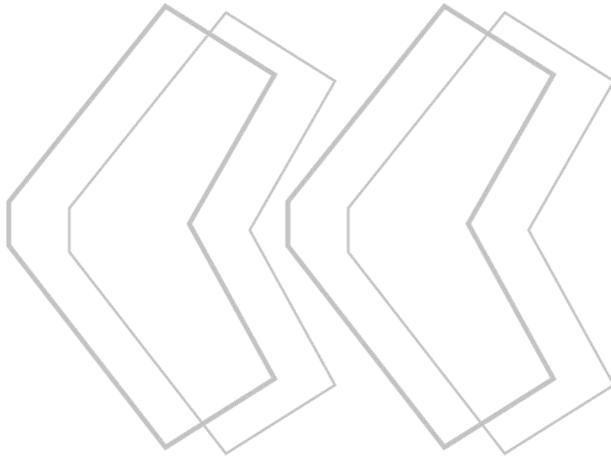
## Changements de la demande

- Demande d'information sur les produits
- Qualité et véracité de l'information
- Mouvement d'achat local
- Conscience santé
- Demande différente dans différents marchés
- Demande changeante nécessite une flexibilité
- Méconnaissance des gens (définition biologique)

## Chaîne d'approvisionnement

- Proximité de la production et distribution
- Sensibilité aux délais (produits périssables)
- Assurer la qualité et le suivi des aliments
- Coût de l'énergie en constante augmentation
- Coût des matières premières et intrants à la hausse
- Instabilité du climat
- Augmentation des coûts de logistique et de transport
- Manque d'information et de communication
- Besoin de flexibilité et de résilience

# Les engagements du fédéral



**D'ici 2025, le Canada sera l'un des cinq chefs de file mondiaux** dans le secteur agroalimentaire, et sera reconnu comme le fournisseur de produits alimentaires de grande qualité le plus fiable et le plus concurrentiel qui soit, en plus d'être un innovateur en matière de produits à valeur ajoutée offerts aux consommateurs du monde entier. Nous disposerons **d'une chaîne d'approvisionnement numérisée et axée sur la technologie qui nous démarquera en tant que principal fournisseur mondial de protéines.**



**Pourquoi parle-t-on de technologies en agriculture?**



**« Les données vont devenir le nerf  
de la guerre, un actif aussi  
important que la terre »**

- Annie Royer

Professeure agrégée au Département d'agroéconomie de l'Université Laval



# **Tendances technologiques**

The background features a vibrant, abstract design with overlapping geometric shapes in shades of yellow, green, and teal. A prominent white diamond shape is centered on the page, containing the main text.

**Agriculture de précision /  
Élevage de précision**

# Agriculture de précision

<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/agriculture-trends-innovation/>  
<https://croplife.ca/field-notes-precision-agriculture-canada/#:~:text=Precision%20agriculture%20is%20a%20method,to%20grow%20crops%20more%20efficiently.>  
[https://www.pubhort.org/ejhs/81/2/2/81\\_2\\_2.pdf](https://www.pubhort.org/ejhs/81/2/2/81_2_2.pdf)



Il s'agit d'une méthode dans **laquelle les agriculteurs utilisent des quantités exactes d'intrants**, tels que l'eau, les pesticides et les engrais, pour améliorer la qualité et la productivité du rendement.



L'agriculture de précision est **une méthode d'exploitation agricole qui utilise des innovations technologiques** - notamment le guidage GPS, les drones, les capteurs, l'échantillonnage des sols et les machines de précision - afin de cultiver plus efficacement.



**Les étapes peuvent être divisées en :**

1. **Collecte** et localisation des données
2. **Analyse** des données
3. **Décisions de gestion** sur les applications
4. **Évaluation** des décisions de gestion



# Élevage de précision

<https://www.nifa.usda.gov/grants/programs/precision-geospatial-sensor-technologies-programs/precision-agriculture-animal-production>  
<https://www.fancom.com/blog/precision-livestock-farming>



L'élevage de précision est une technologie intelligente qui permet de **suivre de plus près chaque animal** dans les exploitations dont la taille ne cesse de croître.



Les technologies actuelles permettent aux producteurs de surveiller:

1. La consommation d'aliments de chaque animal
2. Les déplacements dans les parcs d'engraissement
3. La température
4. Les boiteries
5. La production laitière
6. La composition et la qualité de la viande
7. La prise de poids





**Traçabilidade**

# Traçabilité

La traçabilité est **la capacité d'identifier l'origine des ingrédients des denrées alimentaires et des aliments pour animaux** ainsi que les sources de nourriture.

## Tendances et moteurs mondiaux de la traçabilité

- **L'évolution des demandes et des préférences** des consommateurs
- **Réglementation croissante** du marché des importations
- **Croissance de la population** et de la classe moyenne
- **Mondialisation** et concurrence accrues
- Augmentation des risques en matière **de biosécurité et de sécurité alimentaire**
- **Nouvelles technologies**

## Technologie de traçabilité

- Codes-barres
- Dispositif d'identification par radiofréquence (RFID)
- La technologie blockchain
- Réseaux de capteurs sans fil (WSN)
- Codage à barres de l'ADN

<https://intracen.org/media/file/12127>

<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1750-3841.15477>

<https://sciendo.com/pdf/10.2478/cqpi-2019-0076>

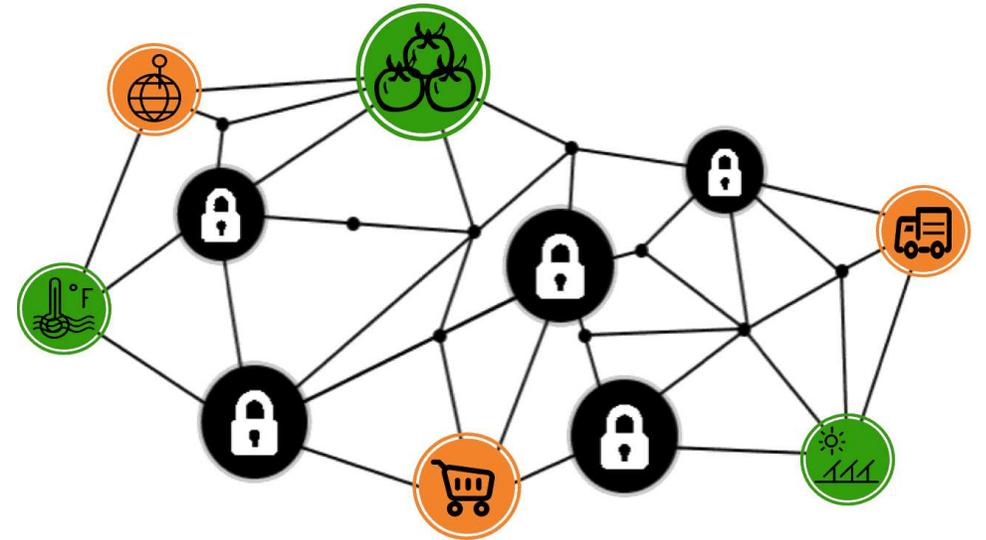
<https://agriculture.vic.gov.au/export/traceability/what-is-traceability#h2-1>



Certified  
Corporation

# Quelques applications de la traçabilité en horticulture

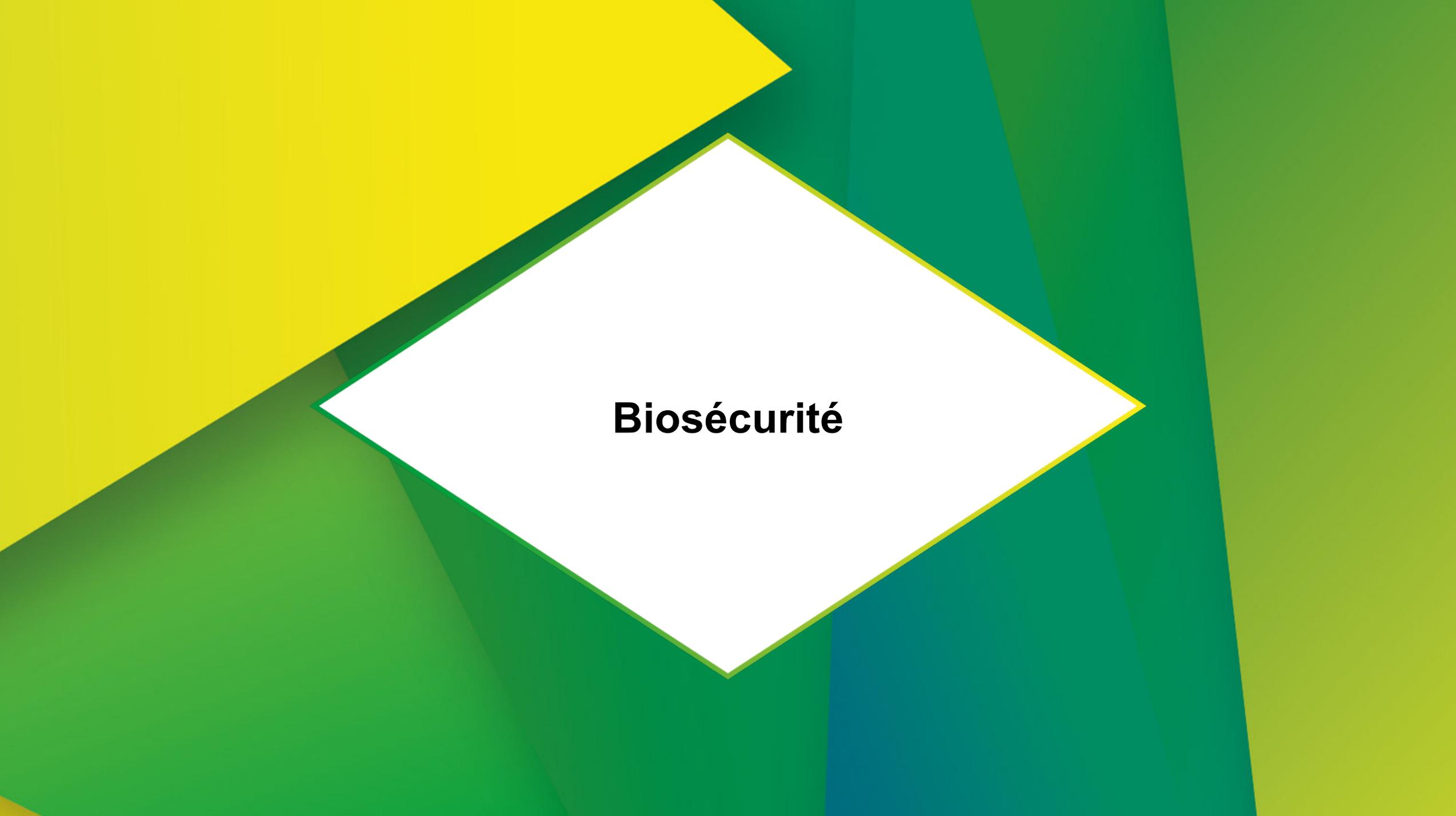
- La traçabilité permet de suivre les produits de la ferme à la table sur les marchés d'exportation nationaux et internationaux.
- Les producteurs peuvent suivre un lot de plantes et savoir où les lots ont été expédiés, ainsi que connaître tous les intrants, matériaux et ressources utilisés pour la croissance de ce lot de plantes.
- Les producteurs de fruits et légumes peuvent gérer leurs procédures opérationnelles standard et tenir un journal des activités pour la traçabilité.
- Permet d'authentifier la provenance des produits



# Quelques applications de la traçabilité en production animale

- Les propriétaires veulent protéger leurs biens contre le vol ou de la perte en identifiant clairement les animaux qui leur appartiennent
- Contrôler la propagation des maladies animales. L'efficacité du contrôle ou de l'éradication des maladies dépendent de la capacité des propriétaires à identifier et suivre les animaux sains.
- De nombreux attributs précieux de l'animal ne sont pas évidents à l'œil nu, ni même pour les équipements de test spécialisés. Des attributs de valeur tels que des vaccinations à jour, des soins médicaux appropriés, des dispositions relatives au bien-être des animaux ou des régimes alimentaires peuvent augmenter la valeur d'un animal. Les agriculteurs qui peuvent prouver, par le biais de documents de traçabilité, que leurs animaux possèdent de tels attributs de valeur sont plus susceptibles d'être en mesure de vendre leurs produits.
- Permet d'authentifier la provenance des produits





**Biosécurité**

# Biosécurité

L'ensemble des **outils**, des **mesures** et des **procédures** pour prévenir et contrer les dangers liés à la transmission d'agents pathogènes par diverses voies de contamination.

## Quelque exemple:

- des maladies animales
- des ravageurs
- des infections causées par des contaminants provenant de l'extérieur.

## De plus en plus de fermes instaurent des mesures de prévention touchant :

- La lutte contre les maladies
- La prévention des maladies
- L'arrivée et le déplacement des animaux
- Le contrôle de la circulation des personnes et de l'équipement
- La gestion de l'exploitation (nettoyage et désinfection des lieux)

# Biosécurité

La biosécurité à la ferme est un ensemble de pratiques de gestion conçu pour réduire l'introduction de maladies et de ravageurs sur une ferme (bioexclusion) et minimiser leur propagation à l'intérieur et au-delà de celle-ci (bioconfinement).

Les maladies et les ravageurs peuvent réduire la productivité, affecter les revenus agricoles et le bien-être animal, augmenter les frais vétérinaires et les coûts de main-d'œuvre, réduire la valeur des terres agricoles, entraîner la fermeture des marchés d'exportation, avoir des répercussions sur la consommation intérieure et réduire les prix que reçoivent les producteurs pour leurs produits et leurs animaux. En plus des impacts négatifs sur l'économie agricole, ils peuvent avoir des effets néfastes sur l'environnement et la santé humaine.

An aerial photograph of a dense forest with a mix of green and yellow trees, suggesting autumn. A large white diamond shape is superimposed over the center of the image, containing the text 'Les technologies numériques'.

# **Les technologies numériques**

The background consists of several overlapping geometric shapes in shades of yellow and green. A prominent white diamond shape is centered on the page, containing the text. The diamond has a thin yellow border. The overall composition is modern and abstract.

**Internet des objets**

# Internet des objets (IDO)

- **La surveillance du champ de culture dans l'agriculture conventionnelle nécessite une main-d'œuvre intensive**, des équipements physiques, du temps et des efforts.
- L'IDO offre une alternative aux méthodes traditionnelles. Un dispositif IDO contient un ou plusieurs capteurs qui **collectent des données et fournissent des informations précises via des applications mobiles ou d'autres moyens en temps réel**.
- Ces capteurs effectuent d'innombrables activités telles que la détection de la température et de l'humidité du sol, le suivi des plantes et du bétail, et plus encore. **L'IDO facilite également la surveillance à distance des exploitations agricoles**, offrant ainsi une plus grande commodité aux agriculteurs. De plus, les nouveaux systèmes d'irrigation utilisent des capteurs IDO pour automatiser la distribution d'eau aux cultures.

L'IdO est transversal à chacune des technologies présentées dans la vigie.

<https://sperotec.com/2021/04/13/best-iot-sensors-for-smart-greenhouse-monitoring/>  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1724/1/012047/pdf>  
<https://www.iotsworldcongress.com/iot-transforming-the-future-of-agriculture/>  
<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/agriculture-trends-innovation/>

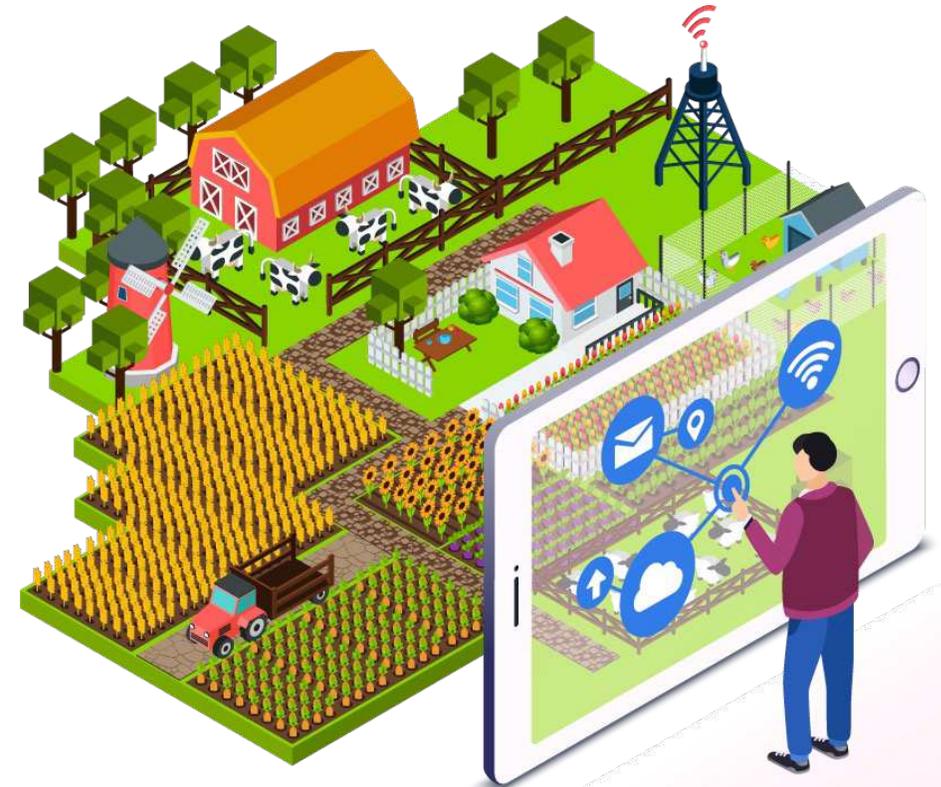


# Quelques applications de l'IDO en horticulture

Les capteurs Ido sont utilisés pour **améliorer la performance, l'efficacité et le rendement de la production horticole.**

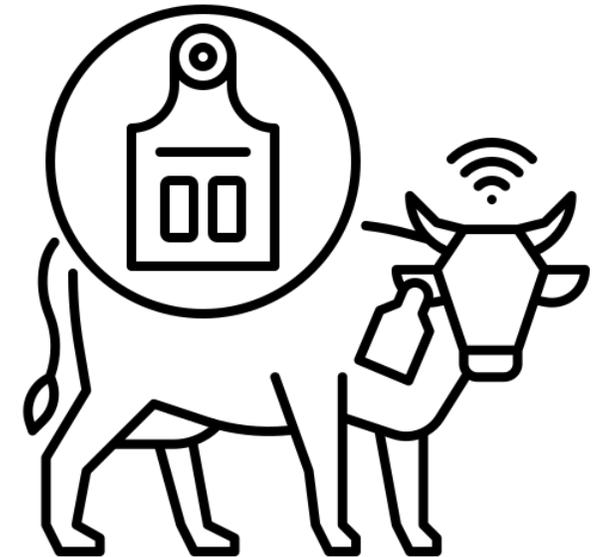
## Les différents capteurs utilisés:

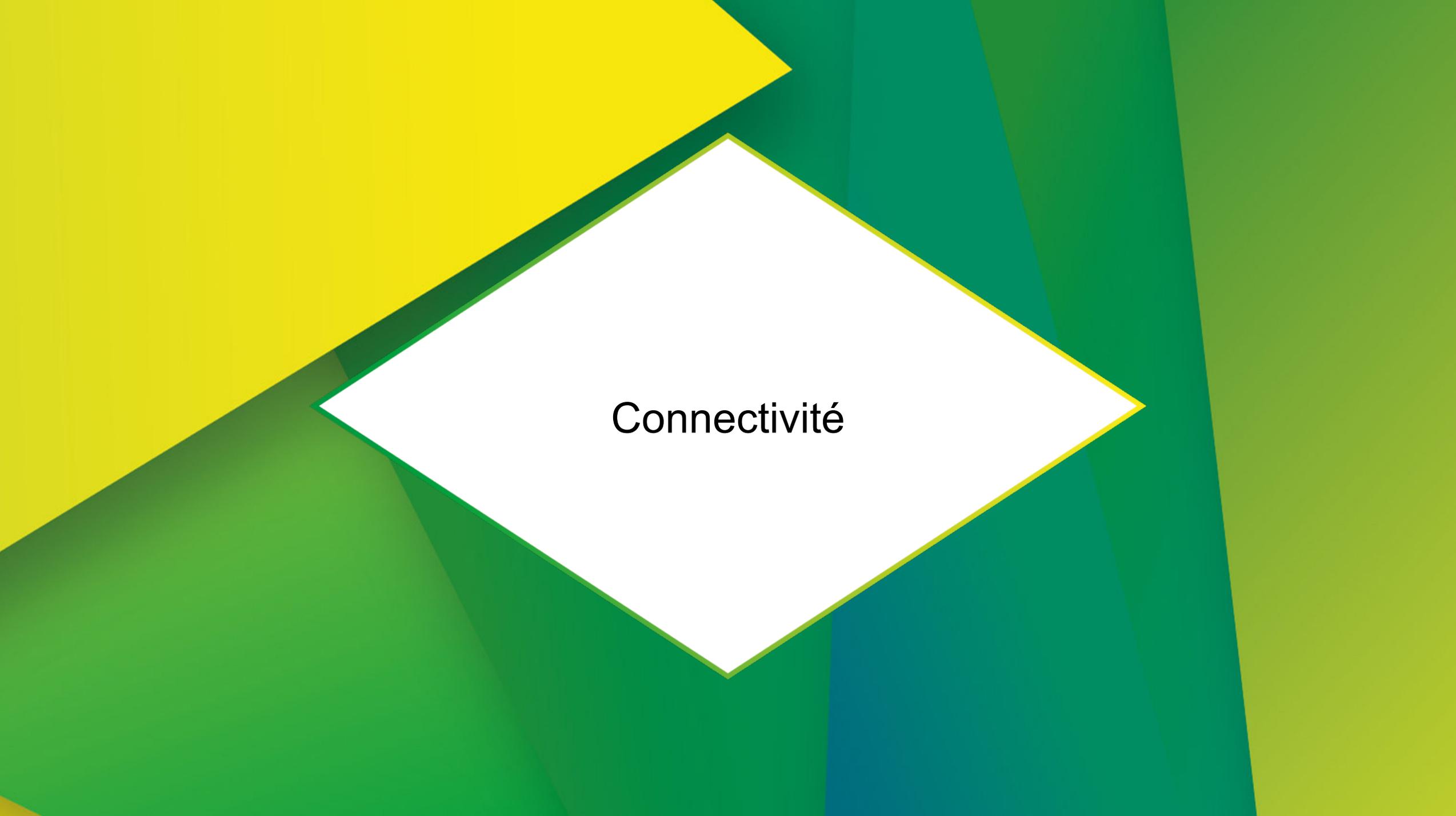
- Système de captage de la température
- Système de surveillance de l'humidité
- Système de sécurité incendie
- Système de détection du CO2
- Système de surveillance de l'humidité du sol
- Système de surveillance des ravageurs et des maladies des cultures
- Système de gestion de la ressource en eau



# Quelques applications de l'IDO en production animale

- **Suivre de la santé et la vitalité** du bétail en temps réel, ce qui permet aux agriculteurs de traiter rapidement les animaux et de prévenir la propagation des maladies.
- **Suivre le positionnement** des animaux dans le pâturage pour prévenir les pertes
- **Identifier et analyser les habitudes** des animaux
- **Rassembler et analyser les données historiques** pour identifier les tendances en matière de santé du bétail ou pour suivre la propagation des maladies.
- **Optimiser les pratiques de reproduction**
- Suivre l'état de **préparation à l'accouplement ou à l'accouchement**, afin de prévenir la perte de nouveaux veaux





Connectivité

# Connectivité

**L'agriculture intelligente n'est pas possible sans les technologies de connectivité comme la 5g, le LPWAN, le haut débit rural ou la communication par satellite.**

La 5G facilite l'adoption de dispositifs IDO, de robots et de capteurs et leur permet de communiquer à grande vitesse.

Les agriculteurs peuvent ainsi **surveiller les données avec plus de précision en temps réel** et prendre les mesures nécessaires.

L'internet à haut débit utilisant des câbles à fibre optique aide à **l'échange de données de terrain en temps réel, ce qui est crucial lorsqu'il s'agit d'améliorer la précision.**

Les **technologies de connectivité soutiennent d'autres technologies comme l'IdO**, qui fonctionnent finalement en coordination pour former des fermes connectées.

The background consists of several overlapping geometric shapes in shades of yellow and green. A prominent white diamond shape is centered on the page, containing the text. The diamond has a thin yellow border. The overall composition is modern and abstract.

Big Data/  
analyse de données

# Big Data / analyse de données

Les techniques de big data et d'analyse transforment les données agricoles quotidiennes en informations exploitables pour les agriculteurs.

Les outils analytiques utilisent les données sur les événements météorologiques, les équipements agricoles, les cycles de l'eau, la qualité et la quantité des cultures pour **extraire des informations pertinentes pour les opérations agricoles**.

Ils permettent aux agriculteurs **d'identifier des modèles et des relations qui pourraient autrement rester cachées**.

Par exemple, les données analytiques favorisent la compréhension des niveaux de nutriments, d'acidité et d'alcalinité du sol ainsi que des besoins en engrais, ce qui permet une prise de décision basée sur les données.



Intelligence artificielle

# Intelligence artificielle

<https://krishijagran.com/featured/application-of-artificial-intelligence-in-horticulture/>  
<https://www.greenhousecanada.com/artificial-intelligence-in-the-greenhouse/>  
<https://www.greenhousegrower.com/technology/why-its-time-to-start-using-artificial-intelligence-in-your-greenhouse/>

L'intelligence artificielle (IA), également appelée intelligence des machines, est un **domaine de l'informatique qui apprend aux machines à reproduire les actions physiques des humains et à réagir comme eux**. Ses applications dans le secteur de l'horticulture sont diverses.

L'intégration de l'IA dans l'agriculture **donne aux agriculteurs un aperçu en temps réel de l'état de leurs champs**, ce qui leur permet d'être proactifs.

L'IA offre des perspectives prédictives pour prévoir les données météorologiques, le rendement des cultures et les prix, **aidant ainsi les agriculteurs à prendre des décisions éclairées**.

L'IA et les algorithmes d'apprentissage automatique automatisent la reconnaissance des anomalies et des maladies dans les plantes et le bétail. Cela permet une détection rapide et une réponse corrective si nécessaire.

La biotechnologie déploie également des algorithmes ML pour les recommandations de sélection de gènes.



# Quelques applications de l'intelligence artificielle en horticulture

- **Diagnostiquer les maladies:** Le prétraitement de l'image garantit que les images de feuilles sont segmentées en zones telles que le fond, la partie non malade et la partie malade.
- **Identifier la maturité des produits :** Des images de différentes cultures sous lumière blanche/UV-A sont capturées pour déterminer le stade de maturité approprié des fruits.
- **Gérer les champs :** Grâce aux images haute définition fournies par les systèmes aéroportés (drones ou hélicoptères), il est possible d'effectuer des estimations en temps réel pendant la période de culture en créant une carte des champs et en identifiant les endroits où les cultures ont besoin d'eau, d'engrais ou de pesticides.
- **Automatiser l'irrigation :** L'irrigation est l'un des processus les plus laborieux de l'agriculture qui peut être évitée par l'intelligence artificielle, car elle est consciente des schémas météorologiques historiques, de la qualité du sol et du type de cultures à faire pousser.
- **Classer les fruits :** L'utilisation du traitement d'images pour le calibrage des fruits a augmenté ces dernières années. Le calibrage est une étape importante du processus post-récolte et implique la catégorisation des fruits, en tenant compte de la gravité de la maladie, des défauts et de la contamination des fruits.



# Quelques applications de l'intelligence artificielle en production animale

- **Suivre la quantité des aliments** fournis à la vache et contribuer à augmenter le niveau de production.
- Suivre et identifier les bêtes **basé sur leur comportement**
- Surveiller les porcelets vulnérables pour **détecter les cris de détresse**.
- **Reconnaître les expressions faciales** afin de détecter si un mouton souffre. La gravité de la douleur peut également être déterminée par le système.
- **Identifier la baisse de croissance d'un poulet**. Les machines peuvent être entraînées à différencier les poulets sains des poulets infectés.
- **Surveiller** l'environnement d'une étable **et ajuster** les conditions en conséquence.
- **Déterminer l'exactitude de la fertilité** au stade précoce de l'incubation.
- **Identifier les œufs fertiles** et ceux qui ne le sont pas en les scannant, puis des algorithmes peuvent être créés pour déterminer la précision de la fertilité.



The background consists of several overlapping geometric shapes in shades of yellow and green. A prominent white diamond shape is centered on the page, containing the text. The diamond has a thin yellow border. The overall composition is modern and abstract.

# Drones et imagerie aérienne

# Drones

**Les drones collectent des données brutes qui se traduisent par des informations utiles pour le suivi des exploitations agricoles.**

Les drones équipés de caméras **facilitent l'imagerie aérienne et la surveillance des champs proches et éloignés.**

Ces données permettent d'optimiser l'application d'engrais, d'eau, de semences et de pesticides, ce qui favorise l'agriculture de précision.

En outre, les drones facilitent le suivi du bétail, le géofencing et la surveillance des pâturages. **Ils survolent les champs pour capturer des images allant de la simple photographie en lumière visible à l'imagerie multispectrale, ce qui facilite l'analyse des cultures, des sols et des champs.** Même si les drones ne sont pas adaptés à la surveillance de la volaille, car leur mouvement effraie les oiseaux, ils sont efficaces pour la surveillance du bétail, des pâturages et des cultures.

# Application des drones en horticulture

1. Analyser les sols et les champs
2. Pulvériser les cultures
3. Surveiller les cultures
4. Évaluer la santé
5. Effectuer la plantation
6. Effectuer l'irrigation



# Application des drones en horticulture

- 1. Analyser les sols et les champs :** Ils produisent des cartes tridimensionnelles précises pour une analyse précoce des sols, utile pour planifier les schémas de plantation des semences.
- 2. Effectuer la plantation :** Des startups ont créé des systèmes de plantation par drone qui atteignent un taux d'absorption de 75 % et réduisent les coûts de plantation de 85 %. Ces systèmes projettent des gousses contenant des graines et des nutriments végétaux dans le sol, fournissant à la plante tous les nutriments nécessaires à sa survie.
- 3. Pulvériser les cultures :** Les drones peuvent scanner le sol et pulvériser la bonne quantité de liquide, en modulant la distance par rapport au sol et en pulvérisant en temps réel pour une couverture uniforme. Le résultat : une efficacité accrue et une réduction de la quantité de produits chimiques pénétrant dans les eaux souterraines. En fait, les experts estiment que la pulvérisation aérienne peut être effectuée jusqu'à cinq fois plus rapidement avec des drones qu'avec des machines traditionnelles.



# Application des drones en horticulture

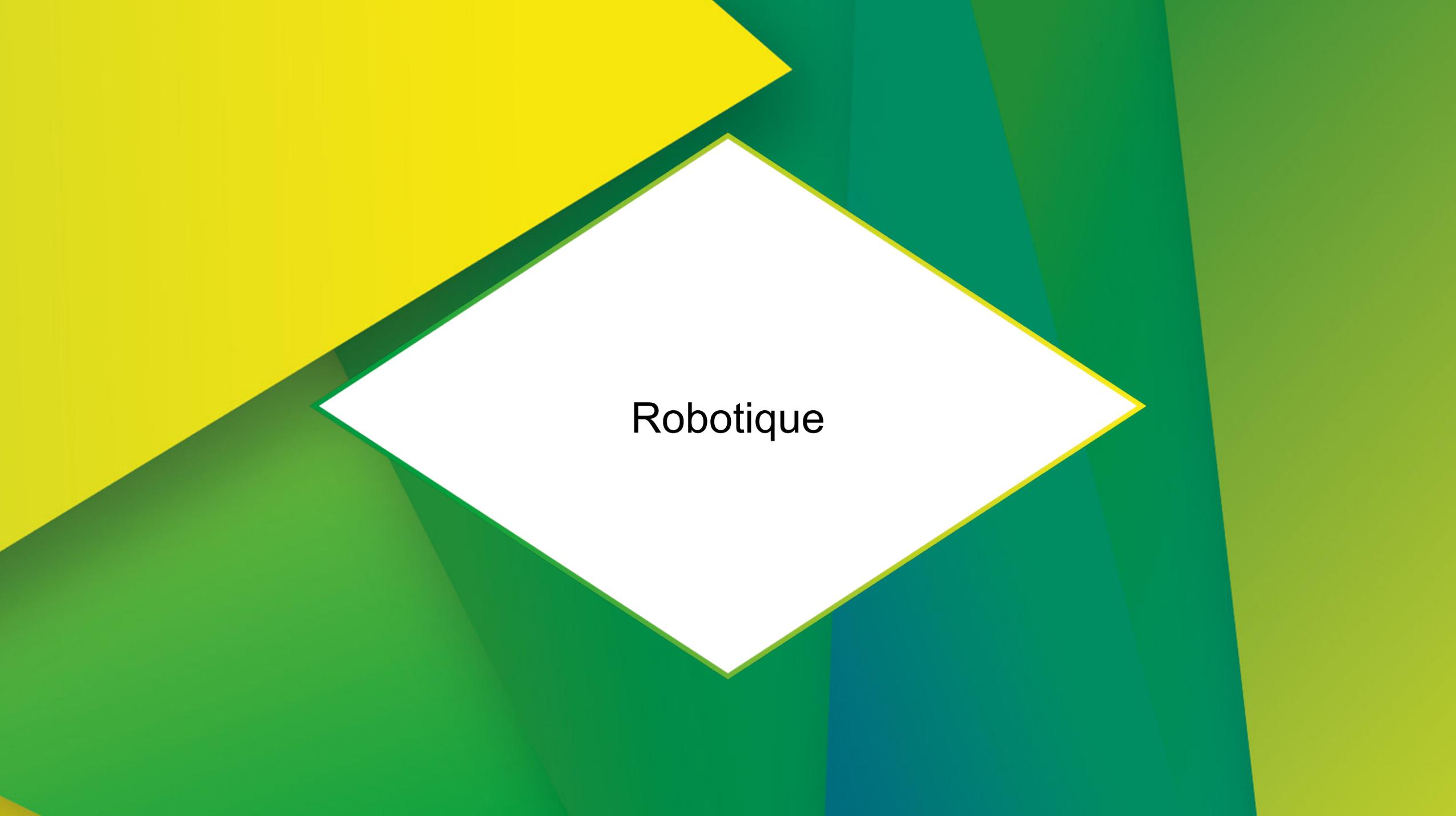
- 4. Surveiller les cultures :** L'immensité des champs et la faible efficacité de la surveillance des cultures constituent le principal obstacle à l'agriculture. Les problèmes de surveillance sont exacerbés par des conditions météorologiques de plus en plus imprévisibles, qui augmentent les risques et les coûts d'entretien des champs. Aujourd'hui, les animations de séries temporelles peuvent montrer le développement précis d'une culture et révéler les inefficacités de production, permettant ainsi une meilleure gestion des cultures.
- 5. Effectuer l'irrigation :** Les drones équipés de capteurs hyperspectraux, multispectraux ou thermiques peuvent identifier les parties d'un champ qui sont sèches ou qui nécessitent des améliorations. De plus, une fois que la culture est en train de pousser, les drones permettent de calculer l'indice de végétation, qui décrit la densité relative et la santé de la culture, et de montrer la signature thermique, c'est-à-dire la quantité d'énergie ou de chaleur que la culture émet.
- 6. Évaluer la santé :** En scannant une culture à l'aide de la lumière visible et du proche infrarouge, les appareils transportés par drone peuvent identifier les plantes qui reflètent différentes quantités de lumière verte et de lumière proche infrarouge. Ces informations permettent de produire des images multispectrales qui suivent les changements survenus dans les plantes et indiquent leur état de santé. Une réponse rapide peut sauver un verger entier.



# Application des drones en production animale

1. Suivre le bétail
2. Compter les animaux
3. Gérer la santé animale
4. Assurer la sécurité de la ferme
5. Surveiller les pâturages
6. Gérer les troupeaux





Robotique

# Robotique

[https://mdpi-res.com/d\\_attachment/sustainability/sustainability-14-06436/article\\_deploy/sustainability-14-06436.pdf?version=1653459073](https://mdpi-res.com/d_attachment/sustainability/sustainability-14-06436/article_deploy/sustainability-14-06436.pdf?version=1653459073)

<https://builtin.com/robotics/farming-agricultural-robots>

<https://www.postscapes.com/smart-greenhouse-robotics-material-handling-and-harvesting/#products>

**La pénurie de main-d'œuvre** est un problème crucial auquel les agriculteurs sont confrontés, et ce problème est amplifié dans le cas de grandes exploitations agricoles.

Les agriculteurs font de plus en plus appel aux robots pour automatiser les tâches répétitives dans les champs. **Ils déploient des machines agricoles intelligentes, telles que des tracteurs autonomes et semi-autonomes pour la récolte.**

Les tracteurs sont également dotés de la technologie de guidage automatique pour faciliter la navigation dans les champs. **En outre, les robots sont également utilisés dans des systèmes automatisés pour la gestion du bétail. Il s'agit notamment de balances automatisées, de couveuses, de machines à traire et de distributeurs automatiques de nourriture.**

Les robots permettent aux agriculteurs de **se concentrer davantage sur l'amélioration de la productivité globale, sans avoir à se soucier de la lenteur des processus agricoles.** Ils permettent également d'éviter les erreurs humaines et offrent une certaine commodité grâce à l'automatisation.



# Application de la robotique en horticulture

## 3 catégorisations majeures de robotisation

### 1. Systèmes de manutention de matériaux tels que les bandes roulantes et les lignes de transport

L'utilisation de bancs roulants peut améliorer l'efficacité de l'espace jusqu'à 30 % par rapport aux bancs fixes et/ou à la culture directement sur le sol. Ils génèrent également une meilleure circulation d'air sous les bancs, ce qui permet aux travailleurs d'être à hauteur de la taille au lieu de travailler à même le sol et de réduire le risque que les plantes contractent des maladies liées à l'humidité grâce à une meilleure circulation d'air.

### 2. Récolter et contrôler les plantes

Grâce aux outils de vision artificielle et à la robotique, de nouveaux systèmes de récolte commencent à voir le jour pour les cultures de grande valeur.

Les robots de récolte sont capables de parcourir les allées des serres, d'identifier avec précision les plantes mûres et non mûres, de les récolter et de les placer dans des systèmes de conditionnement embarqués.

### 3. Robots d'espacement

En travaillant en toute sécurité aux côtés de l'homme, les robots peuvent effectuer les tâches manuelles redoutées, comme l'espacement des plantes. Les robots peuvent également améliorer la qualité des plantes en optimisant leur placement et en réduisant les coûts de production hors main-d'œuvre, notamment en réduisant la quantité d'eau, de pesticides, d'herbicides et d'engrais utilisés grâce à un espacement plus régulier.

# Application de la robotique en horticulture

## Les tâches qui seront automatisées à l'aide de robot:

- Récolter
- Stocker
- Protéger la plante et lutter contre les mauvaises herbes
- Greffer
- Fertiliser
- Polliniser
- Arroser les plantes
- Ensemencer
- Surveiller et inspecter
- Tailler
- Tondre
- Travailler le sol
- Trier
- Déplacer des objets ou personnes
- Désherber
- Échantillonner
- Éclaircir



# Application de la robotique en production animale

## Les tâches de la production animale automatisées par la robotique

- Traire
- Gérer les aliments pour animaux
- Nettoyer
- Pailer
- Repousser les refus alimentaires
- Suivre la santé et bien être animal
- Tondre
- Désosser un animal afin d'optimiser la quantité de viande produite.
- Effectuer des tâches répétitives comme nourrir les oiseaux, ramasser les œufs et enlever le fumier.



The image features a vibrant, abstract background composed of overlapping geometric shapes in various shades of yellow and green. A prominent white diamond shape is centered on the page, containing the text "logiciels de gestion agricole" in a black, sans-serif font. The diamond is outlined with a thin yellow border. The overall composition is modern and clean, with a focus on the central text.

logiciels de gestion agricole

# Logiciels de gestion agricole

Les logiciels de gestion agricole **centralisent, gèrent et optimisent les activités de production et les opérations des exploitations agricoles.** Grâce aux logiciels de gestion agricole, les agriculteurs peuvent devenir stratégiques et efficaces dans leurs tâches et responsabilités quotidiennes liées à l'exploitation. **Les logiciels de gestion agricole automatisent l'enregistrement et le stockage des données de l'exploitation, surveillent et analysent les activités et la consommation de l'exploitation, et suivent les dépenses et les budgets de l'exploitation.** En outre, le logiciel peut soutenir la gestion financière de l'exploitation grâce à des programmes de comptabilité, des fonctionnalités de planification et d'approvisionnement de l'exploitation, ainsi que des outils de marketing et de budgétisation.

Grâce à l'avènement de la technologie dans l'agriculture, de nombreux outils, techniques, équipements, modèles et logiciels innovants sont disponibles sur le marché.

**Par exemple, un logiciel ERP peut intégrer tous ces éléments et les gérer efficacement.** Un ERP basé sur l'infonuagique **centralise les informations de toute l'entreprise, garantissant que tous les employés sont sur la même longueur d'onde.**

# Avantages de l'ERP pour l'agriculture

- Gérer les cultures
- Gérer efficacement la production
- Gérer des parcelles de terre
- Permettre une traçabilité
- Gérer les machines
- Intégrer le SGRH
- Suivre le bétail
- Cartographier les champs



# Quelques applications d'un ERP sur les fermes

## Automatiser les processus suivants :

- L'achat de semences par le biais d'appels d'offres en ligne sur des plateformes d'enchères numériques.
- Suivi des types et des quantités d'engrais et de pesticides
- Rationalisation de la collecte des données, de l'arrosage, etc.
- Contrôle de la récolte et du stockage

## Permettre de mieux voir :

- Les cultures plantées
- Les informations sur les dépenses
- Informations sur les plantations et les semis
- Mesure des résultats réels par rapport aux prévisions de rendement
- Informations sur les tâches et les employés

## Configurer des tableaux de bord pour afficher :

- Les données sur les bords des parcelles
- Géolocalisation
- Emplacement du bétail et informations sur les pâturages
- Informations relatives à la location, au bail ou à l'achat de terres
- Données sur l'utilisation des engrais
- Données sur la fréquence et les horaires d'arrosage
- Données sur les cultures, y compris quelles cultures sont plantées à quel endroit, etc.



An aerial photograph of a dense forest with a mix of green and yellow foliage. A large white diamond shape is superimposed over the center of the image, containing the text 'Autres technologies' in a bold, black, sans-serif font. The diamond has a thin green border on its left and bottom edges and a thin yellow border on its right and top edges.

# **Autres technologies**

# Agriculture en environnement contrôlé

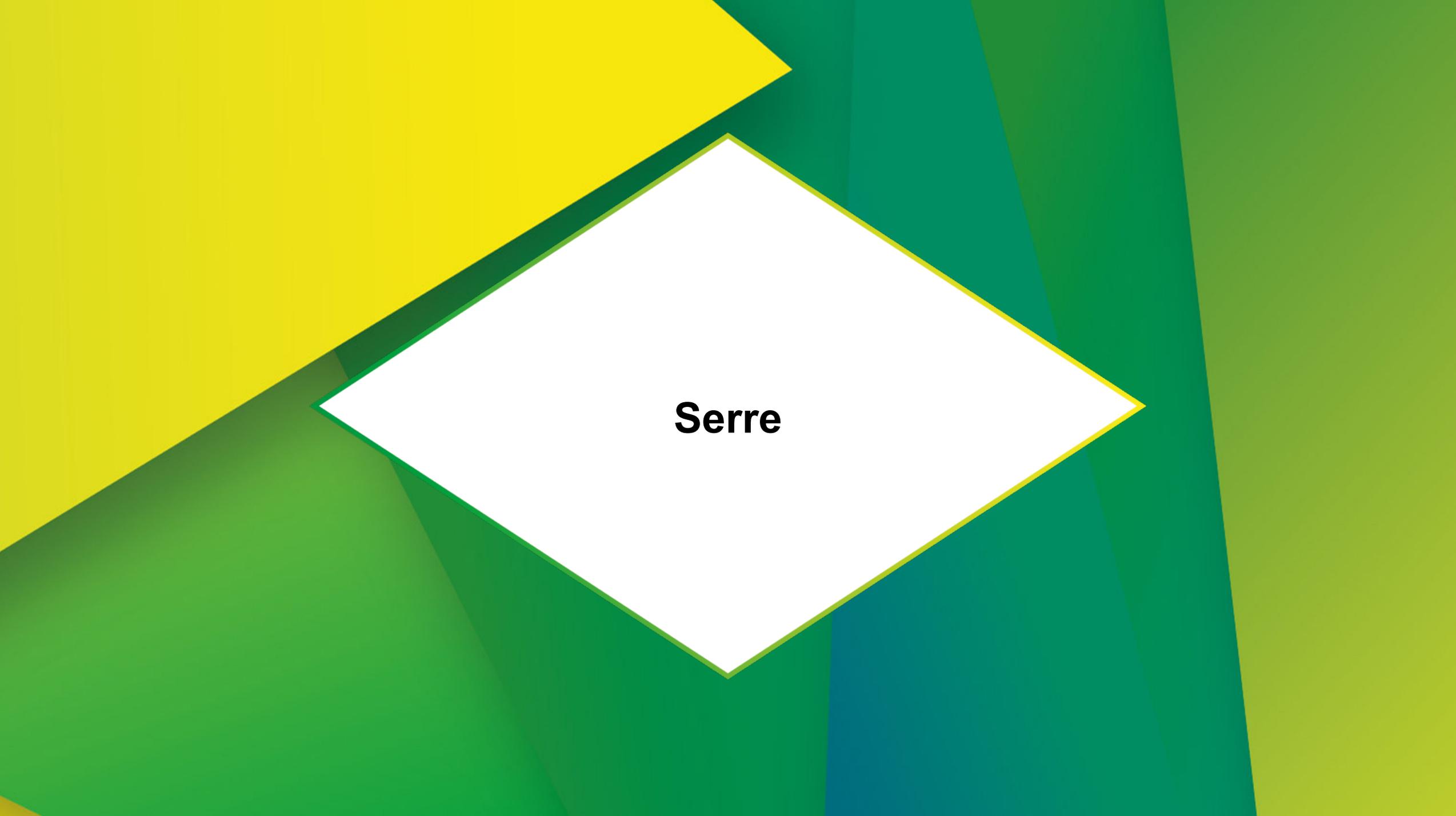
Les phénomènes météorologiques fluctuants et extrêmes entravent constamment les méthodes agricoles conventionnelles.

**De plus, la culture dans des villes peuplées, des déserts ou d'autres conditions défavorables pose des défis importants.** L'agriculture en environnement contrôlé (AEC) permet de surmonter ces difficultés.

Dans ce type d'agriculture, les plantes sont **soumises à une proportion contrôlée de lumière, de température, d'humidité et de nutriments.** Il existe différents environnements de culture, à savoir l'agriculture en intérieur, l'agriculture verticale et les serres, entre autres.

On assiste à un déploiement accru de techniques telles que l'hydroponie et l'aéroponie, qui consistent à cultiver des plantes sans terre dans un milieu nutritif liquide ou à la vapeur.

Une autre technique de ce type est l'aquaponie, qui consiste à cultiver simultanément des plantes et des poissons.



**Serre**

# Serre

Une seule couche de cultures, **plantées à l'intérieur d'un espace clos dont les murs et le plafond sont en verre ou en plastique pour laisser entrer la lumière naturelle**. Ce sont des environnements semi-contrôlés.

Dans les zones où **l'espace est illimité**, où la **lumière naturelle du soleil est abondante**, les serres peuvent être la meilleure option et les **dépenses supplémentaires liées à l'agriculture verticale** peuvent ne pas avoir de sens.

# Serre

**Diminution des risques de production** - Avec l'agriculture sous serre, les cultures peuvent être protégées des dommages dus à une hausse ou une baisse soudaine de la température. De plus, les cultures peuvent également être protégées des oiseaux et autres animaux.

**Augmentation du taux de production** - D'après les recherches et les études, il a été prouvé qu'avec l'horticulture en serre, le nombre de plantes qui poussent par pied carré est supérieur à celui des cultures en plein champ. Cela est dû aux conditions climatiques optimales qui peuvent être créées dans l'horticulture en serre.

**Meilleur contrôle des parasites, des mauvaises herbes et des maladies** - Comme dans ce type d'agriculture, les cultures peuvent être cultivées dans des conditions climatiques favorables, cela permet de prévenir les mauvaises herbes, les parasites et d'autres maladies qui sont généralement causées par la fluctuation soudaine de la température atmosphérique.

**Permettre de réaliser des profits maximums** - Selon les études et les recherches sur l'agriculture, il a été remarqué que le taux de production des cultures par pied carré dans l'horticulture en serre est deux à trois fois supérieur à celui de l'agriculture en plein champ.

**Cultiver tout au long de l'année** - L'horticulture en serre permet également de produire des cultures hors saison tout au long de l'année en fournissant les conditions climatiques spécifiques nécessaires à la production de cultures de qualité en grandes quantités.

The background consists of several overlapping geometric shapes in shades of yellow and green. A prominent white diamond shape is centered on the page, containing the text. The diamond has a thin yellow border. The overall composition is modern and abstract.

**Fermes verticales**

# Fermes verticales

<https://www.hydrotekhydroponics.com/fr/blog/qu-est-ce-que-l-agriculture-verticale>  
<https://www.agritecture.com/blog/2021/3/4/vertical-farms-vs-greenhouses-the-first-consideration-location>

En utilisant des plateaux de plantes généralement hydroponiques, empilés dans des tours allant du sol au plafond, avec des lumières D.E.L. éclairant chaque couche, et un contrôle du climat

Les endroits où **l'espace est limité**, comme les zones urbaines denses où l'accès à l'eau douce est restreint, sont idéaux pour les fermes verticales. Ils le sont d'autant plus s'ils ont accès à une énergie renouvelable à faible coût et s'ils sont situés à proximité d'un marché où la demande est forte pour les cultures que les fermes verticales excellent à produire : Des légumes à feuilles, des microverts, des herbes et des baies cultivées localement, sans pesticides.



# Fermes verticales

<https://www.hydrotekhydroponics.com/fr/blog/qu-est-ce-que-l-agriculture-verticale>  
<https://www.agritecture.com/blog/2021/3/4/vertical-farms-vs-greenhouses-the-first-consideration-location>

Le principal avantage de l'agriculture verticale est probablement **qu'elle peut être pratiquée littéralement partout dans le monde où il existe un espace dédié à sa fonction.**

Un autre avantage de l'agriculture verticale est lié à la **proximité entre la production des cultures et l'emplacement de l'utilisateur final.** Souvent, les produits cultivés dans les fermes verticales n'auront que quelques kilomètres à parcourir pour atteindre le marché, le restaurant ou le client où ils seront vendus.

**Une ferme plus compacte avec plus de production par mètre carré**

**Les besoins d'énergie sont généralement très importants**



The background consists of several overlapping geometric shapes in shades of yellow and green. A prominent white diamond shape is centered on the page, containing the text. The diamond has a thin yellow border. The overall composition is modern and abstract.

**Hydroponie / aéroponie**

# Hydroponie / aéroponie

<https://foodrevolution.org/blog/hydroponics/>

La culture **hydroponique** est un type d'agriculture ou de jardinage qui n'utilise pas de terre.

Les plantes cultivées dans un système **aéroponique** sont suspendues dans l'air, leurs racines exposées recevant les nutriments essentiels d'une brume riche en nutriments.

## Avantage:

- Rendement élevé
- Peuvent être presque entièrement contrôlés
- À grande échelle, l'hydroponie consomme moins d'eau.
- Permet aux agriculteurs de cultiver des aliments à peu près partout
- Production en continu
- Moins de toxines

## Désavantage

- Requièrent une infrastructure importante puisqu'elles sont généralement réalisées en intérieur
- Les systèmes peuvent devenir très sophistiqués
- La valeur nutritionnelle des aliments cultivés en hydroponie peut varier.





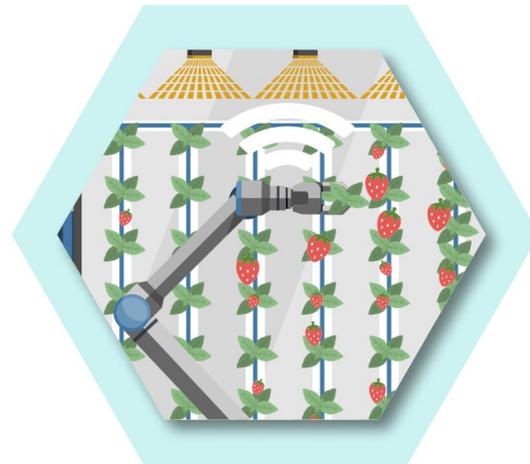
**Comparaison à l'internationale**

# Exemples d'adoption

**Les Pays-Bas :  
Numérisation de la serre**



**La Californie : Où les  
robots s'occupent des  
fraises**



**Australie : Crypto dans  
les élevages de bétail**



**Israël : Nourrir une nation  
avec des gouttes d'eau**



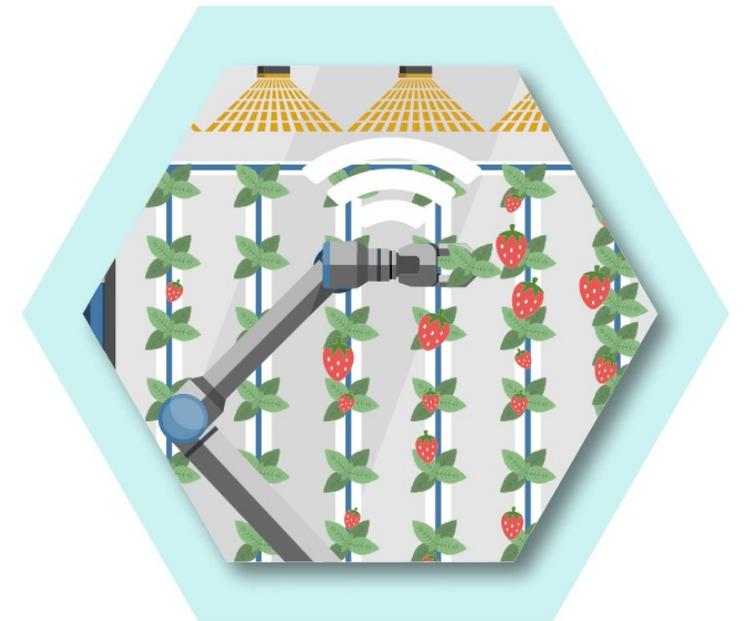
# Les Pays-Bas : Numérisation de la serre

Le berceau de la serre est le deuxième exportateur mondial de produits alimentaires (en valeur monétaire) derrière les États-Unis, avec 101 milliards de dollars de produits exportés. Et ce, bien que les Pays-Bas occupent la 135e place mondiale en termes de superficie. Les Néerlandais restent les leaders de l'horticulture sous serre, mais ils exploitent désormais des serres entièrement numérisées où le contrôle du climat n'est qu'un début : l'arrosage, l'application d'engrais et la surveillance des niveaux de CO2 sont également entièrement automatisés. Les serres néerlandaises fournissent 50 % des exportations mondiales de floriculture, un tiers des semences de légumes et 20 % des tomates. Le pays possède un institut agricole de classe mondiale, l'université de Wageningen, qui continue d'améliorer la technologie des serres et dirige la réponse de l'agriculture à l'Internet des objets : l'Internet de l'alimentation et de l'agriculture. Cette initiative européenne veut faire de l'agriculture de précision une réalité en utilisant des capteurs et des données pour créer un système alimentaire plus durable. L'agriculture est une activité académique en Hollande : les trois quarts de ses jeunes agriculteurs sont titulaires d'un baccalauréat ou d'un diplôme supérieur, contre 21 % des exploitants agricoles canadiens de moins de 40 ans.



# La Californie : Où les robots s'occupent des fraises

À une heure à peine de la Silicon Valley se trouve la vallée de Salinas, qui produit plus d'un tiers des légumes et deux tiers des fruits qui se retrouvent sur les étagères des épiceries américaines. La vallée de Salinas a longtemps été la corbeille à fruits de l'Amérique ; c'est maintenant aussi un centre de technologie agricole. Le besoin insatiable de cueilleurs et d'emballeurs dans la région est à l'origine d'une grande partie de ce développement. En effet, pour chaque candidat à un emploi dans l'industrie agricole californienne, il y a quatre postes disponibles, et les pénuries de main-d'œuvre dans le secteur sont deux fois supérieures à la moyenne nationale. En raison de ces pénuries et des incertitudes liées aux travailleurs agricoles sans papiers, l'industrie californienne s'est fortement orientée vers l'automatisation, qu'elle utilise pour effectuer des tâches allant de l'élimination des mauvaises herbes dans les champs à la récolte des laitues en passant par l'inspection des fraises. Les chercheurs de l'université de Californie à Davis s'efforcent de trouver des solutions au problème persistant de la main-d'œuvre dans cet État. Le « College of Agriculture and Environmental Sciences » a mis au point un programme innovant de sélection de fraises qui a permis de breveter deux variétés de fraises, dont l'entretien et la récolte nécessitent moins de travail et qui sont plus résistantes aux maladies.



# Australie : Crypto dans les élevages de bétail

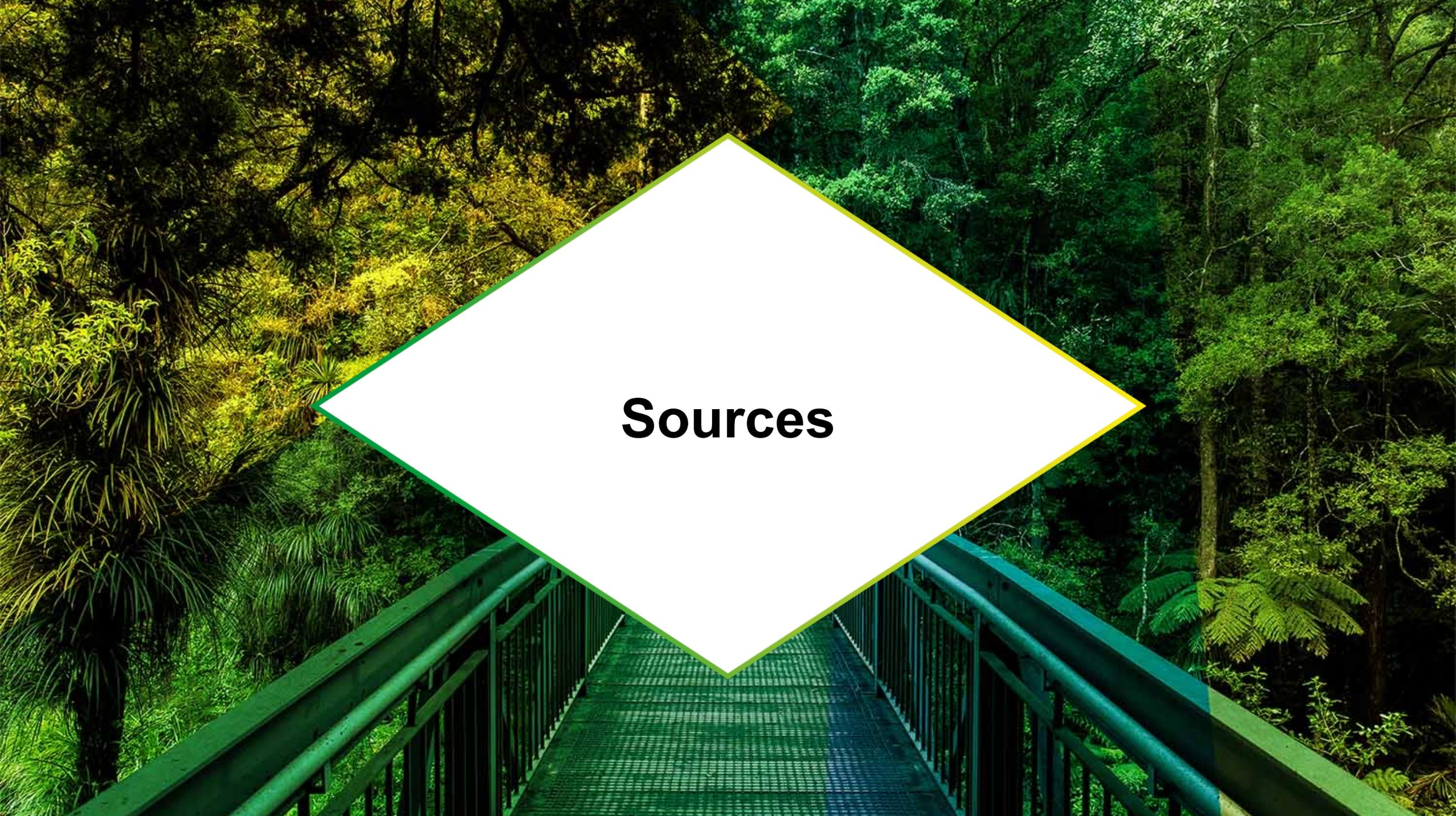
Le bœuf est une industrie importante en Australie, générant 2,5 milliards de dollars US de ventes à l'exportation l'année dernière. L'Australie produit 10,3 % des exportations mondiales de viande bovine et est le troisième producteur mondial derrière les États-Unis et les Pays-Bas. La gestion de ces troupeaux lucratifs a donné lieu à de nombreuses innovations. L'agence scientifique nationale du pays, la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), a travaillé avec des partenaires pour développer des systèmes de clôtures virtuelles, des étiquettes d'oreille intelligentes pour le bétail et un outil numérique appelé eGrazor, qui mesure la consommation alimentaire d'une vache. Le CSIRO finance également des bourses d'études supérieures en agriculture numérique dans quatre universités australiennes. L'une d'entre elles, l'Université de technologie du Queensland, a développé une technologie appelée BeefLedger qui utilise la blockchain pour suivre le bœuf australien à toutes les étapes du processus de production. L'objectif : atténuer la fraude au bœuf et préserver la réputation de l'Australie en tant que fournisseur de confiance de viande saine. L'université a également créé une cryptomonnaie numérique correspondante appelée BEEF Token pour servir de base à BeefLedger.



# Israël : Nourrir une nation avec des gouttes d'eau

Il y a plusieurs dizaines d'années, l'Israël a trouvé une nouvelle façon d'exploiter l'eau rare pour l'agriculture afin de résoudre deux problèmes majeurs : seulement un cinquième des terres du pays sont cultivables et, pour des raisons politiques, le pays commerce peu avec les pays voisins. Sa solution, l'irrigation au goutte-à-goutte, a transformé l'agriculture israélienne et a été exportée dans le monde entier. Le pays est depuis devenu le leader mondial de la fertirrigation numérique, qui utilise des capteurs et des analyses en nuage pour déterminer la libération ciblée d'eau et d'engrais directement sur les racines d'une plante. Les agrumes sont l'une des réussites d'Israël, même si le pays ne représente que 1,3 % des exportations mondiales d'agrumes. La force d'Israël est son autosuffisance. Il importe seulement 9 % de ses produits alimentaires et agricoles, principalement des céréales provenant de la région de la mer Noire. La situation géopolitique quelque peu unique de l'Israël et sa structure sociale - fermes collectives et service militaire obligatoire - se sont combinées pour produire des générations d'innovateurs. Certains des dirigeants d'entreprises agroalimentaires israéliennes ont servi dans la direction du renseignement militaire du pays, où ils ont acquis des compétences essentielles en matière de développement de logiciels dans le cadre de leur formation. Le ministère de l'Agriculture du pays a également fait appel à des fonds privés pour créer 22 centres régionaux de R&D agricole afin de stimuler l'innovation ; près de la moitié des dépenses totales de R&D du pays ont été consacrées à ces centres.





# Sources

# Sources

## Liens vers les sources

<https://coalitionavenirquebec.org/fr/blog/2022/09/03/encore-plus-dautonomie-alimentaire-pour-le-quebec/#:~:text=EN%20BREF%20%3A,produits%20frais%2C%20de%20bonne%20qualit%C3%A9>

<https://www.fao.org/publications/sofa/sofa-2021/en/>

<https://www.laterre.ca/actualites/vie-rurale/des-donnees-tres-convoitees-souvent-mal->

<protegees#:~:text=%C2%AB%20Les%20donn%C3%A9es%20vont%20devenir%20le,agro%C3%A9conomie%20de%20l'Universit%C3%A9%20Laval>

<https://www.fao.org/3/cb2186fr/cb2186fr.pdf>

<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/agriculture-trends-innovation/>

<https://croplife.ca/field-notes-precision-agriculture-canada/#:~:text=Precision%20agriculture%20is%20a%20method,to%20grow%20crops%20more%20efficiently>

[https://www.pubhort.org/ejhs/81/2/2/81\\_2\\_2.pdf](https://www.pubhort.org/ejhs/81/2/2/81_2_2.pdf)

<https://intracen.org/media/file/12127>

<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/1750-3841.15477>

<https://sciendo.com/pdf/10.2478/cqpi-2019-0076>

<https://agriculture.vic.gov.au/export/traceability/what-is-traceability#h2-1>

[https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/41623/28673\\_aer830\\_1\\_.pdf?v=0](https://www.ers.usda.gov/webdocs/publications/41623/28673_aer830_1_.pdf?v=0)

<https://sperotec.com/2021/04/13/best-iot-sensors-for-smart-greenhouse-monitoring/>

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1724/1/012047/pdf>

<https://www.iotworldcongress.com/iot-transforming-the-future-of-agriculture/>

<https://www.iotforall.com/use-case/livestock-management>

<https://sateliot.space/en/iot-applications->

<livestock/#:~:text=IoT%20application%20in%20livestock%20management&text=This%20technology%20enables%20early%20detection,past%2C%20making%20farming%20more%20profitable>

<https://krishijagran.com/featured/application-of-artificial-intelligence-in-horticulture/>

<https://www.greenhousecanada.com/artificial-intelligence-in-the-greenhouse/>

<https://www.greenhousegrower.com/technology/why-its-time-to-start-using-artificial-intelligence-in-your-greenhouse/>

<https://www.forbes.com/sites/cognitiveworld/2019/12/18/moo-ving-the-animal-husbandry-industry-forward-with-ai/?sh=51d783397f41>



# Sources (suite)

## Liens vers les sources

<https://www.technologyreview.com/2016/07/20/158748/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture/>  
<https://www.zenadrone.com/5-best-drone-features-for-tracking-cattle/>  
<https://dairynow.ca/monitoring-and-moving-livestock-on-the-farm-using-drones/>  
<https://coptrz.com/blog/drones-for-livestock-management/>  
[https://mdpi-res.com/d\\_attachment/sustainability/sustainability-14-06436/article\\_deploy/sustainability-14-06436.pdf?version=1653459073](https://mdpi-res.com/d_attachment/sustainability/sustainability-14-06436/article_deploy/sustainability-14-06436.pdf?version=1653459073)  
<https://builtin.com/robotics/farming-agricultural-robots>  
<https://www.postscapes.com/smart-greenhouse-robotics-material-handling-and-harvesting/#products>  
<https://www.mondomacchina.it/en/high-tech-stabling-robots-in-animal-husbandry-c895>  
<https://www.aspexit.com/panorama-de-la-robotique-agricole/>  
<https://www.tranquilbs.com/erp-agriculture-industry/>  
[https://researchmgt.monash.edu/ws/portalfiles/portal/342553024/324307954\\_oa.pdf](https://researchmgt.monash.edu/ws/portalfiles/portal/342553024/324307954_oa.pdf)  
<https://www.researchdive.com/blog/greenhouse-horticulture-the-brightest-hope-for-the-future-of-agricultural-growth>  
<https://www.hydrotekhydroponics.com/fr/blog/qu-est-ce-que-l-agriculture-verticale>  
<https://www.agritecture.com/blog/2021/3/4/vertical-farms-vs-greenhouses-the-first-consideration-location>  
<https://foodrevolution.org/blog/hydroponics/>  
[https://www.rbcroyalbank.com/business/advice/industry-expertise/agriculture/\\_assets-custom/pdf/Farmer4\\_aug2019.pdf](https://www.rbcroyalbank.com/business/advice/industry-expertise/agriculture/_assets-custom/pdf/Farmer4_aug2019.pdf)  
<https://www.nifa.usda.gov/grants/programs/precision-geospatial-sensor-technologies-programs/precision-agriculture-animal-production>  
<https://www.fancom.com/blog/precision-livestock-farming>  
<https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1751731120001391?token=5CAE761A6D6BEEE4B9AB16140AC8A5CB7E5748872C3DCBECA2D9620CAEE8528BD8C9EC0F9AC5F43AC6BF881C9E24D799&originRegion=us-east-1&originCreation=20221103153617>  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1751731120001391>  
<https://www.ictc-ctic.ca/wp-content/uploads/2021/11/Les-technologies-agricoles-canadiennes.pdf>  
<https://www.culterracapital.com/post/farm-tech-market-map-why-it-s-time-to-distinguish-farm-tech-from-the-messy-supply-chain>  
<https://www.bcg.com/publications/2018/growing-on-data-new-go-to-market-reality-agriculture>  
<https://www.g2.com/categories/farm-management>  
Food and beverage industry outlook BDC  
<https://www.futura-sciences.com/planete/definitions/developpement-durable-hydroponie-7409/>