

أهمية تطبيقات التكنولوجيا الزراعية في تعزيز الأمن الغذائي

– تجارب دولية رائدة –

The importance of agricultural technology applications in enhancing food security
- pioneering international experiences -مصطفى نادية¹، براهيم بن حراث حياة²، حورية قبائلي³¹ مخبر dinamex، جامعة مستغانم (الجزائر)، nadia.mostefaoui.etu@univ-mosta.dz² مخبر poindex، جامعة مستغانم (الجزائر)، hayat.benharrat@univ-mosta.dz³ مخبر dinamex، جامعة مستغانم (الجزائر)، Houria.kebaili@univ-mosta.dz

تاريخ النشر: 2025/05/25

تاريخ القبول: 2025/04/18

تاريخ الاستلام: 2025/03/10

ملخص:

تهدف هذه الورقة البحثية إلى إبراز دور تطبيقات التكنولوجيا في دعم الممارسات الزراعية المستدامة، وذلك من خلال استعراض مجموعة من التقنيات الحديثة المستندة إلى تجارب دولية رائدة، وتأثيراتها الملموسة على رفع كفاءة القطاع الزراعي واستدامته على المستوى الدولي.

وتوصلت الدراسة إلى عدة نتائج منها أن الممارسات الدولية أثبتت الدور المحوري للتقدم التكنولوجي خاصة في مجال تعزيز الأساليب الزراعية المستدامة، بالإضافة إلى المساهمة بشكل فعال في التنمية المستدامة.

الكلمات المفتاحية: تكنولوجيا الزراعة؛ التطبيقات الزراعية؛ الأمن الغذائي؛ الممارسات المبتكرة

تصنيف JEL: Q16 ، Q18.

Abstract:

This research paper aims to highlight the role of technology applications in supporting sustainable agricultural practices, by reviewing a set of modern technologies based on pioneering international experiences, and their tangible impacts on raising the efficiency and sustainability of the agricultural sector at the global level.

The study reached several conclusions, including that international practices have demonstrated the pivotal role of technological advancement, particularly in enhancing sustainable agricultural methods, in addition to effectively contributing to sustainable development.

Keywords: agricultural technology; agricultural applications; Food security and innovative practices

JEL Classification: Q16 ، Q18.

1. مقدمة:

أصبحت تحديات تحقيق الأمن الغذائي أكثر تعقيداً مع الارتفاع المستمر في عدد السكان والتغيرات المناخية المتزايدة. وعليه، برزت التكنولوجيا الزراعية كأداة محورية توفر حلولاً مبتكرة لمواجهة هذه التحديات الملحة. حيث سيتم التطرق إلى مختلف جوانب التكنولوجيا الزراعية، وإمكاناتها الواعدة، إلى جانب الإنجازات بعض الدول الرائدة التي تمثل نماذج ملهمة للزراعة المستدامة. ومع ذلك، لا تزال هناك حاجة إلى فهم أعمق يساعد في توظيف هذه التجارب الرائدة على نطاق عالمي أكثر شمولاً.

1.1 إشكالية البحث:

نظراً لأهمية الزراعة المستدامة وإمكانية تحقيقها من خلال التكنولوجيا، فقد تم طرح الإشكالية التالية:

كيف يمكن لتطبيقات التكنولوجيا الزراعية المستدامة، المستندة إلى التجارب الدولية الرائدة، أن تساهم في تعزيز الأمن الغذائي العالمي وتلبية تحديات الزراعة المستدامة؟

2.1. فرضيات البحث:

وبغرض التعمق في الموضوع أكثر ومحاولة الإجابة على الإشكالية المطروحة تمت صياغة الفرضية الرئيسية التالية:

- تُحدث تطبيقات التكنولوجيا الزراعية، المبنية على تجارب دولية رائدة، تحولاً جذرياً في تحقيق الأمن الغذائي العالمي.

3.1. أهمية البحث:

تتبع أهمية هذه الدراسة من الدور المتنامي للتكنولوجيا الزراعية في مواجهة التحديات المتصاعدة لتحقيق الأمن الغذائي العالمي، بينما يبحث القطاع الزراعي عن حلول مستدامة لتلبية الطلب المتزايد على الغذاء، ومن خلال تسليط الضوء على التجارب الدولية الرائدة في هذا المجال، تسعى الدراسة إلى تقديم رؤية عملية تساهم في تعميم وتطوير الممارسات الزراعية المستدامة على نطاق أوسع، مما يدعم السياسات والاستراتيجيات الرامية إلى تحقيق الأمن الغذائي العالمي.

4.1. أهداف البحث:

- من أبرز الأهداف الرئيسية التي تسعى الدراسة لتحقيقها:
- إبراز دور التكنولوجيا الزراعية في نشر التقنيات المختلفة في المجال الزراعي لتعزيز إنتاجية الغذاء وكفاءته واستدامته.
- تحليل التجارب الدولية الرائدة، وتحديد العوامل الرئيسية التي تساهم في نجاحها.
- تحديد أهم مكاسب هذه الدول والتحديات التي تواجهها وقدرتها على التكيف مع العناصر البيئية المختلفة.
- تقديم توصيات للتطبيق المستقبلي، لاستخلاص رؤى واستراتيجيات قابلة للتنفيذ من التجارب التي تم تحليلها.

5.1. منهجية البحث:

من أجل الإحاطة بجميع جوانب الموضوع، والإجابة على الإشكالية المطروحة، تم الاعتماد على المنهج الوصفي من خلال التحليل والاستعانة بالدراسات والإحصائيات. حيث تم تقسيم هذه الورقة البحثية إلى العناصر الرئيسية التالية:

أولاً: مفاهيم عامة حول تطبيقات التكنولوجيا الزراعية والأمن الغذائي

ثانياً: استخدامات تقنيات التكنولوجيا في الزراعة

ثالثاً: تجارب دولية رائدة في التقنيات المتقدمة في المجال الزراعي

رابعاً: مخاطر وتحديات الاستخدام العملي للتكنولوجيا في الزراعة

6.1. الدراسات السابقة:

➤ دراسة **Kehdinga George Fomunyan (2019)** بعنوان: **The Role Of Agricultural Engineering In Ensuring Food Security In Nigeria**

هدفت هذه الدراسة إلى توضيح دور الهندسة الزراعية في ضمان الأمن الغذائي في نيجيريا من خلال تحليل تقنيات الهندسة الزراعية المختلفة وتطبيق التكنولوجيا الحيوية. سلطت النتائج الضوء على الأهمية الحاسمة للهندسة الزراعية في مواجهة تحديات إنتاج الغذاء، وتقليل النفايات، وتحسين الاستدامة. وخلصت الدراسة على أن إمكانيات التكنولوجيا الحيوية تسعى إلى تعزيز إنتاج المحاصيل والجودة الغذائية والأمن الغذائي في نيجيريا، مما يؤكد الحاجة إلى قدرات بحثية قوية وآليات نقل التكنولوجيا لدعم التنمية الزراعية في مواجهة تحديات انعدام الأمن الغذائي المتزايد وتغير المناخ¹.

➤ دراسة **Karolina Pawlak (2020)** بعنوان: **The Role of Agriculture in Ensuring Food Security in Developing Countries: Considerations in the Context of the Problem of Sustainable Food Production**

هدفت الدراسة إلى تحديد العلاقات بين مقياس نقص التغذية وخصائص مختارة تصف القطاع الزراعي ضمن مجموعات محددة من البلدان النامية. وتوصلت الدراسة إلى أن أكبر المشاكل المتعلقة بالحفاظ على الأمن الغذائي لوحظت في البلدان النامية التي لديها حصة كبيرة من الزراعة في ناتجها المحلي الإجمالي، وظروف معاكسة تعيق الإنتاج الزراعي، وبنية تحتية ناقصة. ووضعت الدراسة استراتيجيات مرغوبة ومصممة خصيصا لتحسين الأمن الغذائي في المجموعات الفردية، مع التركيز على أهمية تشجيع الاستثمارات في البنية التحتية الزراعية والخدمات الإرشادية، واعتماد تدابير تهدف إلى زيادة القوة الشرائية للأسر، وخاصة تلك الموجودة في المناطق الريفية، والاعتراف بأكثر الاستراتيجيات فعالية. سبل حل مشكلة الجوع في ظل الظروف الفريدة التي يعيشها كل بلد².

➤ دراسة **Siva K. Balasundram (2023)** بعنوان: **The Role Of Digital Agriculture In Mitigating Climate Change And Ensuring Food Security: An Overview**

الغرض من الدراسة هو مراجعة التأثير المحتمل لتقنيات وممارسات الزراعة الرقمية على الحد من انبعاثات الغازات الدفيئة وتعزيز الإنتاجية مع ضمان الأمن الغذائي. ووجدت الدراسة أن تغير المناخ أثر سلبا على الأمن الغذائي من خلال انخفاض المحاصيل الزراعية، وتباطؤ معدلات النمو الحيواني، وانخفاض إنتاجية الماشية. ومع ذلك، فإن استخدام التكنولوجيا الرقمية في الزراعة ضروري للتخفيف من تأثير تغير المناخ وانعدام الأمن الغذائي. يمكن للزراعة الرقمية أن تعزز الإنتاجية، وتقلل من التلوث البيئي، وتضمن التوزيع العادل والمنصف للأغذية، وتقلل من سوء التغذية مما يؤدي إلى الأمن الغذائي. وتخلص الدراسة إلى أنه على الرغم من أن الزراعة الرقمية لها دور حاسم في التخفيف من تغير المناخ وضمان الأمن الغذائي، إلا أنها تتطلب جهدا متضافرا من صناع السياسات والباحثين والمزارعين لضمان تحقيق فوائد الرقمنة بطريقة مستدامة وعادلة³.

2. مفاهيم عامة حول تطبيقات التكنولوجيا الزراعية والأمن الغذائي

للإحاطة بالموضوع تم التطرق للمفاهيم الأساسية، والتي تتمثل أساساً في العناصر التالية:

1.2. سبل الاستفادة من التكنولوجيا الزراعية:

تشير التكنولوجيا الزراعية إلى تطبيق التقنيات والآلات في الممارسات الزراعية للتحكم في نمو وحصاد المنتجات الحيوانية والنباتية. وتشمل مجموعة واسعة من الأدوات والعمليات المصممة لتعزيز الإنتاجية الزراعية، بدءاً من إعداد التربة وحرثها وحتى الزراعة والتسميد ومكافحة الآفات والحصاد. أحدثت التكنولوجيا الزراعية ثورة في القطاع الزراعي من خلال إدخال الآلات التي تعمل بالطاقة والتي حلت محل العمل اليدوي التقليدي، مما أدى إلى زيادة كبيرة في إنتاج المزرعة وكفاءتها. لقد أدى هذا التقدم التكنولوجي إلى تغيير طريقة إنتاج الغذاء، مما أدى إلى تقليل عدد الأشخاص اللازمين للزراعة مع زيادة إنتاج الغذاء بشكل كبير لتلبية متطلبات العدد المتزايد من السكان⁴.

ويمكن الاستفادة من استخدام التكنولوجيا الزراعية بشكل واسع ومؤثر، مما قد يحدث ثورة في الممارسات الزراعية ويعزز الإنتاجية الزراعية. ومن بين فوائد استخدام التكنولوجيا الزراعية⁵:

- زيادة إنتاجية المحاصيل وزيادة أرباح المزارعين وتقليل تكاليف التشغيل.
- تتيح التكنولوجيا في الزراعة تقليل استخدام المياه والأسمدة والمبيدات الحشرية، مما يؤدي إلى ممارسات زراعية أكثر استدامة وانخفاض أسعار المواد الغذائية بأكثر كفاءة.
- تساعد الممارسات الزراعية المستدامة التي تيسرها التكنولوجيا في المحافظة على البيئة من خلال تقليل التأثير على النظم البيئية الطبيعية، وتعزيز الإدارة الفعالة للموارد، وتقليل البصمة البيئية للأنشطة الزراعية.
- تعمل التكنولوجيا الزراعية على تعزيز النمو الاقتصادي من خلال تعزيز كفاءة وإنتاجية القطاع الزراعي، وخلق فرص العمل، وتحفيز التنمية الاقتصادية في المناطق الريفية.
- يؤدي دمج التكنولوجيا في الزراعة إلى تعزيز الابتكار وريادة الأعمال، مما يؤدي إلى إنشاء نظام بيئي ديناميكي يدفع الإبداع والنمو الاقتصادي.

2.2. دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة:

تشمل تطبيقات الذكاء الاصطناعي (AI) في الزراعة المستدامة استخدام الخوارزميات المتقدمة وتقنيات تحليل البيانات لتحسين العمليات الزراعية، واتخاذ قرارات مستنيرة، ومعالجة قضايا أكبر مثل الاستهلاك المفرط لموارد المياه العذبة، والإفراط في استخدام المبيدات الحشرية، وفقدان التنوع البيولوجي، وسلاسل التوريد المجزأة خطأ! الإشارة المرجعية غير معروفة.. وتستطيع تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة تسهيل الممارسات الزراعية المستدامة، وذلك من خلال تمكين استشعار الصور لرسم خرائط المحاصيل وتحسين محاصيل الغلات، واكتشاف حدود الحقول والمساحات المائية، فضلاً عن دعم جهود الحفاظ على البيئة. بالإضافة إلى ذلك، يُمكن الاستفادة من تقنيات الذكاء الاصطناعي مثل الروبوتات والرؤية الحاسوبية والتعلم الآلي لإطلاق العنان للزراعة الأكثر ذكاءً والمساعدة في الكشف المبكر عن أمراض المحاصيل، مما يسهم في ممارسات زراعية أكثر استدامة وكفاءة⁶.

وتعد هذه التطورات التي يقودها الذكاء الاصطناعي أمراً بالغ الأهمية لمستقبل الاستدامة الغذائية ويتم الاعتراف بها كأدوات قوية لإحداث ثورة في تقنيات الزراعة التقليدية، وتحسين الكفاءة، وتقليل النفايات، واتخاذ قرارات أكثر استنارة تساهم في الزراعة المستدامة.

3.2. أهمية تحقيق الأمن الغذائي:

الأمن الغذائي هو الوضع الذي يضمن للسكان في جميع الأوقات الحصول على الغذاء الكافي من حيث الكمية والنوعية، فضلاً عن إمكانية الحصول على هذا الغذاء بطريقة مادية واجتماعية واقتصادية. ويعني ذلك أن جميع البشر لديهم، في جميع الأوقات، الإمكانية المادية والاجتماعية والاقتصادية للحصول على ما يكفي من الغذاء الصحي والمغذي، مما يسمح لهم بإشباع احتياجاتهم وتفضيلاتهم الغذائية ليعيشوا حياة صحية ونشطة. يتحقق الأمن الغذائي عندما يتمكن جميع سكان إقليم ما من الحصول على الغذاء، بغض النظر عن الزراعة وطريقة إنتاج الغذاء. كما أنها تتضمن أيضاً سلامة الأغذية، والتي تتعلق بنظافة الأغذية⁷.

3. استخدامات تقنيات تكنولوجيا الزراعة:

تلعب تقنيات التكنولوجيا الزراعية دوراً فعالاً في تعزيز الإنتاجية الزراعية والاستدامة والكفاءة. وتشمل هذه التقنيات مجموعة واسعة من الأدوات والممارسات التي أحدثت ثورة في الزراعة الحديثة.

1.3. المجالات الرئيسية للزراعة:

تشمل المجالات الرئيسية للزراعة التي يتم فيها تطبيق تكنولوجيا الزراعة ما يلي:⁸

الجدول 01: مجالات استخدام التكنولوجيا في الزراعة

المجالات	الوصف
إدارة المحاصيل	يتم فيها استخدام أدوات مختلفة كالطائرات بدون طيار وأجهزة الاستشعار وتحليل البيانات لمراقبة نمو المحاصيل وتحسينه.
إدارة المياه	تكون من خلال توفير الأدوات اللازمة لأنظمة الري الفعالة، وأجهزة استشعار الرطوبة، وتحليل البيانات لتحسين استخدام المياه.
إدارة التربة	تتم من خلال أجهزة استشعار التربة وأدوات رسم الخرائط وتقنيات الزراعة الدقيقة. وتحليل مؤشرات صحة التربة.
التطبيقات الكيميائية	تكون باستخدام الدقيق والمستهدف للأسمدة والمبيدات الحشرية ومبيدات الأعشاب من خلال أنظمة آلية وأساليب تعتمد على البيانات.
التنبؤ بالمحاصيل	يكون باستخدام صور الأقمار الصناعية وبيانات الطقس وخوارزميات التعلم الآلي. وتحليل البيانات التاريخية والمعلومات في الوقت الحقيقي.
تصنيف المحاصيل	وذلك باستخدام الاستشعار عن بعد وتحليل الصور وخوارزميات التعلم الآلي لتحديد وتصنيف أنواع مختلفة من المحاصيل.
إدارة الأمراض والآفات	تكون بتوفير أنظمة الكشف المبكر عن الأمراض والآفات وأدوات المراقبة والنماذج التنبؤية. واستخدام الطائرات بدون طيار وأجهزة الاستشعار وتحليلات البيانات.

المصدر: من إعداد الباحثات بالاعتماد على المرجع Sydoruk, A.. *Modern Farming Technologies in Agriculture: 8 Great Examples*. Consulté le 04 01, 2024, sur smarttek: <https://smarttek.solutions/blog/the-role-of-iot-technology-in-modern-farming/>

2.3. تقنيات التكنولوجيا في المجال الزراعي:

تعمل التكنولوجيا على إحداث تحول في الصناعة الزراعية من خلال تقنيات مختلفة، مما يعزز جودة الحصاد الشاملة ودقته وكفاءته، حيث تلعب هذه التقنيات دوراً حيوياً في تحسين الإنتاج الزراعي وكفاءة العمليات الزراعية⁹. والجدول 02 يوضح ذلك:

الجدول 02: أهم تقنيات التكنولوجيا في مجال الزراعة

الوصف	التقنية
تكون باستخدام التكنولوجيا المتقدمة مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) وصور الأقمار الصناعية وأجهزة الاستشعار لمراقبة صحة المحاصيل وظروف التربة ودرجة الحرارة والرطوبة وعوامل أخرى.	الزراعة الدقيقة Precision Agriculture
وهي زراعة المحاصيل في بيئة خاضعة للرقابة، ومكدسة عمودياً، باستخدام أنظمة الزراعة المائية أو الهوائية. يمكن لهذه الطريقة زيادة إنتاجية المحاصيل، وتقليل استخدام المياه، وتقليل التأثير على البيئة عن طريق تقليل المسافة المقطوعة في سلسلة التوريد.	الزراعة العمودية الداخلية Indoor Vertical Farming
وتكون باستخدام الآلات الآلية وأنظمة الكمبيوتر والإلكترونيات وأجهزة الاستشعار الكيميائية وإدارة البيانات لتحسين تشغيل المعدات واتخاذ القرار، وتقليل المدخلات البشرية والأخطاء. يمكن أن تساعد الأتمتة الموظفين على توفير الوقت، مما يسمح لهم بالتركيز على وظائف أكثر أهمية.	أتمتة المزرعة Farm Automation
تم باستخدام تقنية GPS ذات الدقة على مستوى السنتيمتر لرسم خريطة دقيقة للحقول وتقييد المركبات بشكل دائم على نفس المسار. ويعزز هذا الابتكار صحة التربة وإنتاجيتها، مما يزيد الإنتاج بمدخلات أقل.	التقنية الحركية في الوقت الحقيقي Real-Time Kinematic
تكون باستخدام المحاصيل المعدلة وراثياً لزيادة إنتاج المحاصيل وتحسين مراقبة صحة المحاصيل. يمكن لهذه التكنولوجيا أن تساعد المزارعين على زيادة إنتاج المحاصيل بنسبة 23 % على الأقل مع نمو سكان العالم، مما يقلل من تأثير الآفات والأمراض على المحاصيل.	تقنية الكروموسوم الصغير Minichromosome Technology
يتم باستخدام خوارزميات الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي لتحليل البيانات من أجهزة الاستشعار، وصور الأقمار الصناعية، وغيرها من المصادر لتزويد المزارعين بمعلومات دقيقة وفي الوقت المناسب عن النباتات والأرض والمناخ والحشرات ومواضيع أخرى. يمكن أن يساعد الذكاء الاصطناعي والتعلم الآلي المزارعين على زيادة الإنتاج الزراعي بمخاطر أقل، مما يؤدي إلى فوائد أخرى.	الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي (ML)
تكون باستخدام التكنولوجيا الرقمية لإحداث ثورة في كيفية تحديث الدول الريفية الآسيوية وتنفيذ عملياتها الزراعية، مما يؤدي إلى زيادة المكاسب المالية للمزارعين. يمكن للتكنولوجيا الرقمية أن تساعد المزارعين على بناء وعي لا مثيل له بالوضع، مما يعرضهم لوضعهم أكثر مما يمكنهم رؤيته.	رقمنة الزراعة Digitalization of Agriculture
تم باستخدام التكنولوجيا المتقدمة في الزراعة لرسم خريطة للقرارات الزراعية ومراقبتها وإدارتها بدقة. تعتبر تكنولوجيا الزراعة أو التكنولوجيا الزراعية فعالة في استبدال تقنيات وتنبؤات الزراعة التقليدية بالتكنولوجيا الحديثة في الزراعة والمراقبة المحددة للأنشطة الزراعية.	تكنولوجيا الزراعة والزراعة الذكية Agriculture Technology and Smart Farming
ظهرت الطائرات بدون طيار بدءاً بالصور وحتى المعالجة المتقدمة للعمق واللمس وتحليل جودة التربة ثم تطورت إلى تقنيات الكشف عن المحاصيل، رسم خريطة للمحصول وكذلك المحاصيل الفردية لاكتشاف أعداء المحاصيل في وقت مبكر. وهذا يسمح للمزارعين باستخدام مواد كيميائية دقيقة وإزالة الآفات في المراحل المبكرة، وتجنب الاستخدام غير الضروري للمواد الكيميائية على المحاصيل.	الطائرات بدون طيار (مركبات جوية بدون طيار) Cloud computing
وهذا من أجل رقمنة دورة الزراعة من البداية إلى النهاية وتعزيز عمليات المزرعة باستخدام ذكاء	المنصة السحابية الذكية من

الأعمال. يعد Cropin نظاماً ذكياً وذاتي التطور يقدم حلولاً زراعية أكثر ذكاءً لقطاع الزراعة بأكمله.	Cropin's Intelligent Cloud Platform
باستخدام منصة شاملة تعالج بيانات التصوير عبر الأقمار الصناعية وتجعلها متاحة بسهولة إلى جانب تكنولوجيا الهاتف المحمول لمساعدة المنتجين الزراعيين وملاك الأراضي على اتخاذ قرارات مدروسة	مراقبة المحاصيل EOSDA Crop Monitoring

المصدر: من إعداد الباحثات، بالاعتماد على المراجع

Linly Ku, I. S. *New Agriculture Technology in Modern Farming*. Consulté le 04 02, 2024, sur plugandplaytechcenter: <https://www.plugandplaytechcenter.com/resources/new-agriculture-technology-modern-farming/>

Fruitgrowers .5 *Unique Technological Advancements in Agriculture*. Consulté le 04 02, 2024, sur fruitgrowers: <https://fruitgrowers.com/5-unique-technological-advancements-in-agriculture/>

كما سبق، يمكن أن يوفر استخدام تطبيقات التكنولوجيا في الزراعة العديد من الفوائد، منها:

- تساعد التكنولوجيا على زيادة كفاءتهم من خلال أتمتة المهام المختلفة، مثل الزراعة والحصاد ومراقبة صحة المحاصيل. وهذا يمكن أن يقلل من الوقت والعمل اللازمين لهذه المهام، مما يسمح للمزارعين بالتركيز على جوانب أخرى من عملياتهم؛
- تساعد على تقليل تكاليف إنتاجهم من خلال تحسين استخدام الموارد، مثل المياه والأسمدة والمبيدات الحشرية. وهذا يمكن أن يؤدي إلى توفير التكاليف للمزارعين وانخفاض الأسعار بالنسبة للمستهلكين.
- تحسين جودة المحاصيل من خلال توفير تحكم أكثر دقة في ظروف النمو، مثل درجة الحرارة والرطوبة والضوء. يمكن أن يؤدي ذلك إلى إنتاجية أعلى وجودة منتج أكثر كفاءة.
- تساعد على ضمان استدامة العمليات الزراعية من خلال الحد من تأثيرها على النظم البيئية الطبيعية وتعزيز الحفاظ على الموارد. وفي الحفاظ على صلاحية الأراضي الزراعية على المدى الطويل وحماية التنوع البيولوجي.
- إدارة الموارد بشكل أكثر فعالية من خلال توفير بيانات في الوقت الفعلي عن صحة المحاصيل وظروف التربة وأنماط الطقس. وهذا ما يمكن المزارعين من اتخاذ قرارات أكثر استنارة بشأن تخصيص الموارد وإدارة المحاصيل.
- يمكن للتكنولوجيا الحيوية، وهي شكل من أشكال التكنولوجيا، أن تعزز إنتاجية المحاصيل والوقاية من الأمراض ومقاومة الجفاف والفيضانات، مما يؤدي إلى زيادة الإنتاج الزراعي والنجاح المالي للمزارعين.
- يمكن لأجهزة الاستشعار الزراعية والتقنيات الأخرى مساعدة المزارعين على تقليل هدر المياه من خلال تحسين الري وإدارة المياه. ويمكن أن يساعد ذلك في تقليل تأثير الزراعة على النظم البيئية الطبيعية وتعزيز الاستخدام المستدام للمياه.

4. تجارب دولية رائدة للتكنولوجيات المتقدمة في الزراعة:

تم تسليط الضوء على بعض التجارب الدولية الناجحة التي تستخدم تقنيات متقدمة في مجال الزراعة. محاولين توضيح مساهمة هذه التقنيات المتقدمة في تعزيز الإنتاجية والاستدامة في القطاع الزراعي على المستوى العالمي. ومن بين أهم المجالات التي شهدت رواجاً ونجاحاً في العالم ما يلي:

1.4. مجال الزراعة الدقيقة:

تعتبر John Deere هي شركة مشهورة كانت في طليعة الزراعة الدقيقة، حيث استفادت من التقنيات المتقدمة مثل الذكاء الاصطناعي لإحداث ثورة في الممارسات الزراعية. ومن خلال حلولها المبتكرة، لعبت شركة John Deere دوراً محورياً في تعظيم إنتاجية المحاصيل، وتعزيز الكفاءة، وتعزيز الاستدامة، وتعزيز المرونة في الزراعة على مستوى العالم. والتزامهم بدمج التكنولوجيا المتطورة وصنع القرار المبني على البيانات قد وضعهم كشركة رائدة في الصناعة، مما يجعلهم مثلاً مهماً للتجربة الدولية الناجحة في الزراعة الدقيقة¹⁰.

2.4. مجال الزراعة العمودية الداخلية:

تعتبر وكالة ناسا من أهم التجارب العالمية الناجحة في مجال الزراعة العمودية الداخلية، حيث ساهمت بأبحاث حول الزراعة البيئية الخاضعة للرقابة (CEA) والزراعة العمودية بشكل كبير في تطوير هذه الصناعة. لا تزال وكالة ناسا رائدة في هذه التقنيات على الأرض من خلال بناء أول مزرعة عمودية في البلاد داخل غرفة تحت الضغط تم إيقاف تشغيلها، حيث قاموا باختبار مدى جودة نمو المحاصيل المختلفة في الماء وبدون الاستفادة من ضوء الشمس. أنشأ هذا النهج المبتكر للزراعة أساساً لصناعة CEA، التي تجمع بين علوم النبات والتحكم البيئي لتحسين نمو النبات وزيادة الكفاءة، وغالباً ما تتضمن هياكل النمو الرأسية.

كما أدت أبحاث ناسا إلى تطوير تقنيات جديدة لزراعة المحاصيل في بيئة خاضعة للرقابة، مثل تقنية الغشاء المغذي، والتي ثبت أنها تزيد من إنتاجية البطاطس في البيوت الزجاجية. وتستخدم هذه التقنية الآن على نطاق واسع في صناعة زراعة البطاطا. بالإضافة على ذلك، ألهمت أبحاث ناسا شركات مثل شركة بلنتي غير المحدودة، التي تستخدم أقل من 1% من المياه المستخدمة في الزراعة التقليدية وتنتج عوائد ماثلة لمزرعة خارجية تبلغ مساحتها 720 فداناً على فدانين فقط من الأرض. يعتمد نهج شركة Plenty Unlimited في الزراعة العمودية على أبحاث نمو النباتات التي أجرتها وكالة ناسا، والتي لعبت دوراً أساسياً في نمو صناعة CEA.¹¹

3.4. مجال أتمتة المزرعة:

إحدى التجارب الدولية الرائدة في هذا مجال أتمتة المزرعة هي أعمال شركات مختلفة مثل أعمال شركة AGCO. هي شركة تصنيع آلات زراعية بارزة في الولايات المتحدة تخصص في تصميم وإنتاج وتوزيع مختلف المعدات الزراعية، بما في ذلك الجرارات والحصادات والعلاقات وأدوات التبن والرشاشات ذاتية الدفع وتقنيات الزراعة الذكية وآلات البذر والحراث المئات. والتزام الشركة بالابتكار والنهج المرتكز على العملاء جعلها مهمة جداً في سوق الزراعة الذكية، حيث تقدم مجموعة واسعة من حلول الزراعة الدقيقة والغابات الدقيقة ومراقبة الماشية.¹²

4.4. مجال التقنية الحركية في الوقت الحقيقي (RTK):

إحدى التجارب الدولية الرائدة في مجال التكنولوجيا الحركية في الوقت الحقيقي (RTK) هي أعمال شركة Trimble Inc.، هي شركة عالمية رائدة في مجال توفير الحلول التي تعمل على زيادة الإنتاجية إلى أقصى حد وتعزيز الربحية لمجموعة متنوعة من الصناعات، بما في ذلك الزراعة. وفي مجال تكنولوجيا RTK، تقدم Trimble مجموعة من المنتجات والخدمات التي تساعد المزارعين وغيرهم من المهنيين على تحقيق تحديد المواقع بدقة عالية لعملياتهم.

وتعتمد تقنية RTK من Trimble على استخدام شبكة من المحطات المرجعية التي توفر تصحيحات في الوقت الفعلي لمستقبلات RTK، مما يسمح بدقة تحديد المواقع على مستوى السنتيمتر. تعتبر هذه التقنية مفيدة بشكل خاص في تطبيقات مثل الزراعة الدقيقة، حيث يعد تحديد المواقع بدقة عالية أمراً ضرورياً لتحسين إنتاجية المحاصيل وتقليل تكاليف المدخلات. يستخدم المزارعون حول العالم حلول Trimble's RTK لتحسين عملياتهم وزيادة كفاءتهم. على سبيل المثال، يتم استخدام تقنية RTK من شركة Trimble في الزراعة الدقيقة لمساعدة المزارعين على تحسين ممارسات الري والتسميد، مما يقلل من استخدام المياه والمواد الكيميائية مع زيادة إنتاجية المحاصيل¹³.

5.4. مجال الذكاء الاصطناعي (AI) والتعلم الآلي (ML):

تشمل التجارب الدولية الناجحة في مجال استخدام الذكاء الاصطناعي في الزراعة مبادرة AI4 و AI في الهند، والتي تهدف إلى مساعدة المزارعين أصحاب الحيازات الصغيرة من خلال تسخير قوة التقنيات الجديدة بما في ذلك الطائرات بدون طيار وتقنية blockchain. وأحدثت هذه المبادرة تحولاً جذرياً في زراعة الفلفل الحار في منطقة خامام باستخدام الخدمات الاستشارية للروبوتات، وتكنولوجيا اختبار التربة، واختبار الجودة القائم على الذكاء الاصطناعي، ومنصة رقمية لربط المشترين والبائعين. استغرق المشروع التجريبي 18 شهراً وثلاث دورات محاصيل، حيث أبلغ المزارعون عن زيادة ملحوظة في صافي الدخل: 800 دولار لكل فدان في دورة محصول واحدة (6 أشهر)، وهو ما يضاعف متوسط الدخل بشكل فعال¹⁴.

6.4. مجال طائرات بدون طيار: من أهم التجارب الرائدة:

- أول طائرة بدون طيار في بوروندي: استخدم مبتكر شاب في بوروندي مهاراته التكنولوجية المكتشفة حديثاً لإنشاء حل رائد للمزارعين. قام بتطوير طائرة بدون طيار يمكنها تكرار وظائف الطائرة التجارية بدون طيار، والتي يمكن استخدامها في الزراعة لتعزيز إنتاجية المحاصيل وتوفير الوقت وتجربة النماذج التنبؤية للمساعدة في التخطيط. يمكن للطائرة بدون طيار أيضاً تتبع عملية الري ورش المبيدات الحشرية والأسمدة والإشراف على الماشية ومراقبة صحة النبات والتربة¹⁵.
- دورة التعلم الإلكتروني Drone4HER: احتفلت دورة التعلم الإلكتروني الرائدة Drone4HER باختتامها في نوفمبر 2023، حيث اشركت الأطفال في تجربة عملية تدمج التعليم البيئي مع أحدث التقنيات.
- تكنولوجيا الطائرات بدون طيار الرائدة في العراق: يستخدم مشروع جيسو، الذي يبدأ في خريف عام 2021، تكنولوجيا الطائرات بدون طيار الرائدة لتطوير عمليات حفر جديدة ودورات تدريبية في الموقع في جنوب العراق. يركز المشروع على التقنيات والتقنيات الحديثة لتعزيز وصف النظم البيئية الطبيعية والزراعة¹⁶.

7.4. مجال المنصة السحابية الذكية:

الشركة الرائدة في مجال التجارة الدولية في هذا المجال هي شركة IBM. لقد كانت شركة IBM لاعباً بارزاً في صناعة التكنولوجيا لعقود من الزمن وقدمت مساهمات كبيرة في الحوسبة السحابية والذكاء الاصطناعي وتحليل البيانات. وفي قطاع الزراعة، تقدم شركة IBM حلولاً تستفيد من التقنيات المتقدمة لتحسين الممارسات الزراعية وزيادة الإنتاجية وتعزيز الاستدامة. إن خبرة IBM في الحوسبة السحابية وتحليلات البيانات تضعها كلاعب رئيسي في التجارة الدولية للمنصات السحابية الزراعية الذكية مثل Cropin Cloud¹⁷.

8.4. مجال مراقبة المحاصيل:

إحدى الشركات العالمية الرائدة في مجال مراقبة المحاصيل هي شركة Deere & Company. تعد الشركة لاعباً رئيسياً في تكنولوجيا مراقبة المحاصيل في سوق الزراعة الدقيقة، حيث تقدم حلولاً زراعية دقيقة تغطي دورة حياة المحاصيل بأكملها، من الزراعة إلى الحصاد. تُعرف شركة Deere & Company بأنها واحدة من اللاعبين الرئيسيين في الصناعة، إلى جانب الشركات الكبرى الأخرى مثل شركة AGCO، وشركة AG Junction Inc، وشركة Topcon Precision Agriculture، وشركة Monsanto.

5: مخاطر وتحديات الاستخدام العملي للتكنولوجيا في الزراعة:

تشهد تطبيقات التكنولوجيا تحديات واعدة ومستقبل مليء بالفرص في تطوير الممارسات الزراعية المستدامة. ومن جهة أخرى يوجد عدة مخاطر تواجه مستخدمي التطبيقات في الزراعة سواء بالنسبة للمزارعين والمستثمرين أو من جانب الدولة، وعندما نناقش الاستخدام المحتمل لتطبيقات التكنولوجيا في الزراعة، يكون النظر في المخاطر والتحديات المحتملة. حيث يتم تسليط الضوء على العديد من العواقب غير المقصودة لهذه التطبيقات وتأثيرات التطورات في مجالات أخرى على الزراعة، ويمكن وصف بعض هذه التأثيرات بأنها "مخاطر"، لأنه ليس من المؤكد أن كل منها سيحدث، ولأن بعضها قد لا تكون سلبية بالنسبة لجميع الأطراف المعنية، خاصة تلك التي تنطوي على تغييرات في التحولات والعلاقات الاجتماعية¹⁸.

1.5. مخاطر التكنولوجيا في الزراعة:

مخاطر التكنولوجيا في الزراعة هي العواقب السلبية المحتملة التي يمكن أن تنشأ عن استخدام تكنولوجيا الزراعة الحديثة. ويمكن تصنيف هذه المخاطر على نطاق واسع إلى ثلاثة أنواع: المخاطر التشغيلية، والمخاطر الاستراتيجية، والمخاطر الأخلاقية¹⁹.

— **المخاطر التشغيلية:** تشير إلى المخاطر المرتبطة بالعمليات اليومية للمزرعة. ويمكن إدارة هذه المخاطر من خلال استخدام استراتيجيات قوية لإدارة المخاطر، كالصيانة الدورية للمعدات، والنسخ الاحتياطي للبيانات، وتدابير الأمن السيبراني، وتشمل هذه المخاطر التشغيلية ما يلي:

- خطر فشل المعدات؛
- خطر اختراق البيانات؛
- خطر الهجمات السيبرانية.

— **المخاطر الاستراتيجية:** تشير إلى المخاطر المرتبطة بالتخطيط طويل المدى وصنع القرار للمزرعة. ويمكن إدارة المخاطر الاستراتيجية من خلال استخدام استراتيجيات إدارة المخاطر التطلعية، مثل التنويع والتحوط وتخطيط السيناريوهات. وتشمل هذه المخاطر كلا من:

- مخاطر تقلبات السوق؛
- مخاطر تغير المناخ؛
- مخاطر الاختلال التكنولوجي.

– **المخاطر الأخلاقية:** تشير إلى المخاطر المرتبطة بالآثار الاجتماعية والبيئية لتكنولوجيا الزراعة الحديثة. يمكن إدارة المخاطر الأخلاقية من خلال استخدام التصميم التكنولوجي الشامل، الذي يأخذ في الاعتبار احتياجات ووجهات نظر جميع أصحاب المصلحة، بما في ذلك المزارعين والمستهلكين والبيئة.

وتشمل هذه المخاطر كلا من:

- خطر تشريد الوظائف؛
- خطر التدهور البيئي؛
- خطر اتساع الفوارق الاجتماعية.

2.5. تحديات التكنولوجيا في الزراعة:

ي طرح الاستخدام العملي للتكنولوجيا في الزراعة المستدامة العديد من التحديات التي يجب معالجتها من أجل التنفيذ الناجح. وتشمل هذه التحديات ما يلي:²⁰

- تواجه التكنولوجيا الزراعية تحديات في التكيف مع الظروف البيئية القاسية للزراعة، بما في ذلك درجات الحرارة القصوى والرطوبة والتعرض لأشعة الشمس لفترات طويلة، مما يتطلب تصميم المعدات بعناية لتحمل هذه العوامل؛
- يفرض دمج التكنولوجيا الجديدة في تطبيقات الزراعة التقليدية تحديات، خاصة عند ربط التكنولوجيا الجديدة بالمنصات القديمة، حيث تختلف المركبات الزراعية الحديثة بشكل كبير عن المعدات القديمة، مما يتطلب دمج معدات حاسوبية معقدة في تطبيقات السيارات؛
- تمثل التكلفة العالية والتعقيد الذي تتسم به تقنيات الزراعة الدقيقة، مثل نظام تحديد المواقع العالمي (GPS) والطائرات بدون طيار وبرامج تحليل البيانات، تحديات للمزارعين، وخاصة أصحاب الحيازات الصغيرة وأولئك الذين يعيشون في البلدان النامية، والذين قد يكافحون من أجل تحمل تكاليف هذه التكنولوجيات، المعدات، البرامج والتدريب اللازمة.
- الافتقار إلى التوحيد القياسي وقابلية التشغيل البيئي بين الأجهزة والمنصات المختلفة في الزراعة الدقيقة الذي قد يؤدي إلى مشكلات التوافق ومخاوف بشأن جودة البيانات، مما يعيق التكامل السلس والفعالية للتقنيات الزراعية.
- العوائق القانونية والأخلاقية والاجتماعية المتعلقة بملكية البيانات والخصوصية والأمان التي تؤدي إلى تردد المزارعين في اعتماد تقنيات الزراعة الدقيقة، مما يسلط الضوء على الحاجة إلى إرشادات ولوائح واضحة في إدارة البيانات.

6. خلاصة:

إن دمج التكنولوجيا في الزراعة يزود المزارعين بأدوات متقدمة لتحليل البيانات والمراقبة في الوقت الفعلي، مما يتيح إدارة المحاصيل بدقة، والري الأمثل، والاستخدام الفعال للموارد، مما يؤدي في نهاية المطاف إلى تعزيز الإنتاجية. كما يوفر حلولاً مبتكرة لمكافحة الآفات والأمراض، وتقليل الخسائر وتحسين الكفاءة التشغيلية. وثبتت الممارسات الدولية أن التقدم التكنولوجي يلعب دوراً محورياً في تعزيز الأساليب الزراعية المستدامة، وتقديم فوائد مثل تقليل التأثير البيئي، وزيادة غلة المحاصيل، وتعزيز سلامة الغذاء. وعلاوة على ذلك، تساعد التكنولوجيا في توليد تنبؤات دقيقة بالطقس وتحليل المخاطر، وهو أمر بالغ الأهمية للتخطيط الزراعي الفعال. كما أنها تدعم الاستخدام الفعال للمدخلات الأساسية مثل الأسمدة والمياه، والحد من الهدر والمساهمة في التنمية المستدامة.

- واستناداً على التجارب الدولية الرائدة في مجال تطبيقات التكنولوجيا في الممارسات الزراعية، يمكن تقديم بعض المقترحات، للاستفادة من هذه التجارب، وخاصة أن الجزائر في طور رقمنة القطاع الفلاحي وتشجيع الاستثمار في المجال التكنولوجي والشركات الناشئة الهادفة إلى تطوير الاقتصاد الوطني، وهي كما يلي:
- التعاون مع المعرفة الهولندية المتقدمة في مجال الزراعة الذكية مناخياً لتحسين استخدام الموارد، وزيادة الإنتاجية، والتخفيف من آثار تغير المناخ على الزراعة في الجزائر؛
 - تنفيذ مشاريع المساعدة الإنمائية الرسمية (ODA) التي تهدف إلى تحسين الإنتاجية الزراعية والأمن الغذائي والزراعة المستدامة، مثل "خطة الجزائر الخضراء" ومشاريع إدارة المياه؛
 - الاستفادة من تقنيات الاستشعار عن بعد لفينولوجيا المحاصيل والمشاريع الزراعية، مثل رسم خرائط مناطق الحبوب، وكشف المناطق المخصصة لزراعة البطاطس، وإحصاء أشجار الزيتون والنخيل؛
 - تحويل الأراضي القاحلة إلى مشاريع زراعية مربحة، مع التأكيد على الاكتفاء الذاتي ومواجهة التحديات المتعلقة بالتغير المناخي وكفاءة استخدام الموارد وإنتاجية المحاصيل؛
 - تشجيع الاستثمار في المجال التكنولوجي والشركات الناشئة التي تركز على الابتكار الزراعي، مثل اتحاد البحوث المتصلة للابتكار الزراعي (كوكوراي). ويمكن لهذه المنظمات تقديم الخبرة والموارد لدعم تطوير الممارسات الزراعية المستدامة والزراعة الرقمية في الجزائر.

7. الهوامش والإحالات:

- ¹ Kehdinga George Fomunyam (2019) **THE ROLE OF AGRICULTURAL ENGINEERING IN ENSURING FOOD SECURITY IN NIGERIA**, (2019) International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET), Mangosuthu University of Technology, Volume 10, Issue 11, November 2019, pp. 22-27.
 - ² Karolina Pawlak (2020) **The Role of Agriculture in Ensuring Food Security in Developing Countries: Considerations in the Context of the Problem of Sustainable Food Production**, (2020) Department of Economics and Economic Policy in Agribusiness, Faculty of Economics and Social Sciences, Poznan University of Life Sciences, Wojska Polskiego 28, 60-637 Poznan, Poland *Sustainability* 2020, 12(13), 5488.
 - ³ Siva K. Balasundram (2023) **The Role of Digital Agriculture in Mitigating Climate Change and Ensuring Food Security: An Overview**, (2023) Department of Agriculture Technology, Faculty of Agriculture, Universiti Putra Malaysia, Serdang 43400, Malaysia, *Sustainability* 2023, 15(6), 5325.
 - ⁴ Stewart, R. E. agricultural technology (2022), Consulté le 03 22, 2024, sur britannica: <https://www.britannica.com/technology/agricultural-technology>.
 - ⁵ GROUP, R. (2019) 10 SIGNIFICANT BENEFITS OF TECHNOLOGY IN AGRICULTURE, Consulté le 03 22, 2024, sur linkedin: <https://www.linkedin.com/pulse/10-significant-benefits-technology-agriculture-riella-group>.
 - ⁶ BOWERY (2022), AI in Agriculture: The Future of Sustainable Farming, Récupéré sur BOWERY: <https://bowery.co/artificial-intelligence>.
 - ⁷ Toupictionnaire (2022) ; Sécurité alimentaire, Consulté le 03 23, 2024, sur Toupictionnaire: https://www.toupie.org/Dictionnaire/Securite_alimentaire.htm
 - ⁸ Sydoruk, A (2023) Modern Farming Technologies in Agriculture: 8 Great Examples, Consulté le 04 01, 2024, sur smarttek: <https://smarttek.solutions/blog/the-role-of-iot-technology-in-modern-farming/>.
 - ⁹ Linly Ku, I. S. (2023) New Agriculture Technology in Modern Farming, Consulté le 04 02, 2024, sur plugandplaytechcenter: <https://www.plugandplaytechcenter.com/resources/new-agriculture-technology-modern-farming/>.
 - ¹⁰ Weizenblut, J. (2023) Precision Agriculture Is Shaping the Future of Farming, Consulté le 04 04, 2024, sur agrilinks: <https://agrilinks.org/post/precision-agriculture-shaping-future-fa>.
 - ¹¹ Hall, L. (2021) NASA Research Launches a New Generation of Indoor Farming, Consulté le 04 05, 2024, sur nasa: <https://www.nasa.gov/technology/tech-transfer-spinoffs/nasa-research-launches-a-new-generation-of-indoor-farming/>.
 - ¹² Mushtaque, A. (2023) Top 20 AI and Robotics Companies Transforming the Agriculture Sector, Consulté le 04 04, 2024, sur finance.yahoo: <https://finance.yahoo.com/news/top-20-ai-robotics-companies-100837458.html?guccounter=1>.
 - ¹³ EUSPA (2023) **The file in reference is the "PPP-RTK Market and Technology Report**, Consulté le 04 04, 2024, sur euspa: https://www.euspa.europa.eu/sites/default/files/calls_for_proposals/rd.03_-_ppp-rtk_market_and_technology_report.pdf.
 - ¹⁴ Jurgens, J. Farmers in India are using AI for agriculture – here's how they could inspire the world, Consulté le 04 05, 2024, sur ARTIFICIAL INTELLIGENCE: <https://www.weforum.org/agenda/2024/01/how-indias-ai-agriculture-boom-could-inspire-the-world/>.
 - ¹⁵ Takona, L. (2023) How we created Burundi's first drone, Consulté le 04 06, 2024, sur africarenawal: <https://www.un.org/africarenawal/magazine/august-2023/how-we-created-burundi%E2%80%99s-first-drone>.
 - ¹⁶ Europeanhistoricgardens (2023) The pioneering Drone4HER e-learning course celebrated its successful conclusion on November 30, 2023, Consulté le 04 06, 2024, sur europeanhistoricgardens: <https://www.europeanhistoricgardens.eu/en/drone4her-online-course-conclusion-november-2023>
 - ¹⁷ IBM (2024) Consulté le 04 06, 2024, sur <https://www.ibm.com/fr-fr>.
 - ¹⁸ Mordorintelligence (2024) Crop Monitoring Technology in Precision Farming Market Size & Share Analysis - Growth Trends & Forecasts (2024 - 2029), Consulté le 04 10, 2024, sur <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/global-crop-monitoring-technology-in-precision-farming-market-industry>.
 - ¹⁹ Tzachor, A. (2022) Risks of using AI to grow our food are substantial and must not be ignored, warn researchers, Consulté le 04 08, 2024, sur <https://www.cam.ac.uk/research/news/risks-of-using-ai-to-grow-our-food-are-substantial-and-must-not-be-ignored-warn-researchers>.
 - ²⁰ Kauffman, R. (2022) the Challenges of Integrating Smart Technology into Agricultural Machinery, Consulté le 03 22, 2024, sur moxex: <https://www.moxex.com/en-us/blog/the-challenges-of-integrating-smart-technology-into-agricultural-machinery>.
- Godara, R. (2024) Quels sont les principaux défis de l'adoption des technologies d'agriculture de précision. Consulté le 04 01, 2024, sur linkedin: <https://www.linkedin.com/advice/3/what-main-challenges-adopting-precision-agriculture>.