

## الذكاء الاصطناعي كرافعة للتنمية الفلاحية المستدامة في الجزائر:

### من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الذكية

## Artificial Intelligence as a Lever for Sustainable Agricultural Development in Algeria: From Traditional Farming to Smart Agriculture

نحاسية رتيبة\*

مخبر العولمة والسياسات الاقتصادية) جامعة الجزائر 3

Nahassia.ratiba@gmail.com

تاريخ القبول: 2026/05/28

تاريخ الاستلام: 2026/05/13

مستخلص:

تناول هذه الدراسة دور الذكاء الاصطناعي كرافعة للتنمية الفلاحية المستدامة في الجزائر، من خلال تحليل إمكانات الانتقال التدريجي من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الذكية في بيئة تتسم بالجفاف والضغط المائي والهشاشة المناخية. واعتمدت الدراسة المنهج الوصفي-التحليلي عبر مراجعة الأدبيات المحكمة والتقارير المؤسسية الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة والبنك الدولي والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ. وتخلص إلى أن الذكاء الاصطناعي يتيح تحسين كفاءة استخدام المياه والتنبؤ بالمردودية والكشف المبكر عن الأمراض وترشيد المدخلات، غير أن أثره التنموي يظل مشروطا بتوفر بنية تحتية رقمية وبيانية متينة، ومنظومة إرشاد وتكوين فعالة، وتمويل موجه، وحوكمة واضحة للبيانات. وتؤكد الدراسة أن التحول نحو الزراعة الذكية في الجزائر ينبغي أن يُفهم تحولا مؤسسيا ومعرفيا لا تقنيا فحسب، وتقترح خارطة طريق مرحلية، تنتقل من الرقمنة الأساسية إلى التجريب الموجه فالتوسع المؤسسي.

الكلمات المفتاحية: الذكاء الاصطناعي، الزراعة الذكية، التنمية الفلاحية المستدامة، التحول الرقمي الزراعي، الجزائر.

تصنيف JEL: Q16، Q01، O33

### Abstract:

This study examines the role of artificial intelligence as a catalyst for sustainable agricultural development in Algeria, analyzing the potential for a gradual transition from traditional to precision agriculture in an arid, water-stressed, and climate-vulnerable environment. Adopting a descriptive-

\* المؤلف المراسل: نحاسية رتيبة.

analytical approach based on peer-reviewed literature and institutional reports from the FAO, the World Bank, and the IPCC, the study concludes that artificial intelligence can enhance water-use efficiency, improve yield forecasting, enable early disease detection, and optimize input use. However, its developmental impact remains contingent upon robust digital and data infrastructures, effective advisory and training systems, targeted financing, and clear data governance. The study argues that this transition should be understood as an institutional and knowledge-based transformation, not merely a technological one, and proposes a phased roadmap from basic digitization to targeted experimentation and institutional scaling.

**Keywords:**

Artificial Intelligence, Smart Agriculture, Sustainable Agricultural Development, Agricultural Digital Transformation, Algeria.

**Jel Classification Codes : Q16, Q01, O33**

**مقدمة**

يشهد القطاع الزراعي العالمي تحولا هيكليا عميقا نتيجة تداخل ثلاثة ضغوط كبرى: تغير المناخ، وتزايد الضغط على الموارد الطبيعية، والحاجة المتنامية إلى ضمان الأمن الغذائي. وتؤكد منظمة الأغذية والزراعة أن الرقمنة والأتمتة والابتكارات المعتمدة على البيانات أصبحت من أبرز محركات إعادة تشكيل النظم الغذائية الزراعية، غير أن أثرها الإيجابي ليس آليا، بل يعتمد على عدالة النفاذ، وطبيعة الحوكمة، ودرجة الجاهزية التقنية والمؤسسية لدى البلدان والفاعلين الزراعيين (FAO, 2025). وفي الاتجاه نفسه، تبين الأدبيات العلمية أن الزراعة الرقمية والزراعة الذكية لم تعودا مجرد خيار تقني اختياري، بل أصبحتا مدخلا رئيسا لتحسين الكفاءة الإنتاجية والبيئية عبر توجيه القرار الزراعي اعتمادا على البيانات والتحليل الذكي بدل الاعتماد الحصري على الخبرة الحسية والتقدير العام (Wolfert et al., 2017; Klerkx et al., 2019).

وعلى المستوى العربي، تُصنّف الزراعة الذكية كضرورة حتمية لاستدامة الأمن الغذائي في البيئات ذات الهشاشة المناخية والمائية؛ فهي تمثل مدخلا أساسيا لتحقيق الاستدامة الغذائية (حضري

وبن شاعة، 2023)، ورهانا مستقبليا لمواكبة استحقاقات الثورة الصناعية الرابعة (سياري وجبلي، 2023). حيث يُعدّ تبني الحلول الرقمية خيارا إستراتيجيا لرفع الكفاءة الإنتاجية (بوعبدلي وغربي، 2023)، ومعالجة التحديات الإستراتيجية المرتبطة بالسيادة الغذائية (صولي، 2025). وتؤكد الدراسات أن التقنيات الحديثة المدعومة بالذكاء الاصطناعي باتت حافزا جوهريا لدفع عجلة الابتكار في مواجهة تحديات الإنتاج الزراعي (دراج وطهار، 2025)، وأن فعالية هذه الحلول تتوقف على دمجها في منظومات مؤسسية متكاملة لا على استخدامها بمعزل عن السياقات المحلية (مصطفاوي وبن حراث، 2025).

ضمن هذا التحول، يحتل الذكاء الاصطناعي موقعا مركزيا، لأنه يمثل المستوى التحليلي الذي يحوّل تدفقات البيانات الزراعية -من الحساسات، والأقمار الصناعية، والطائرات دون طيار، وسجلات الحقول، وبيانات الطقس- إلى نماذج تنبؤية وإنذارات مبكرة وتوصيات تشغيلية قابلة للتنفيذ. وتشير مراجعات علمية متخصصة إلى أنّ تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة تشمل التنبؤ بالمردودية، والكشف المبكر عن الأمراض والآفات، وتحسين الري، وضبط التسميد، وإدارة الآلات، وتحسين سلاسل القيمة، وهي تطبيقات ترتبط مباشرة بمفاهيم الكفاءة والاستدامة والمرونة الزراعية (Liakos et al., 2018; Jha et al., 2019).

في الحالة الجزائرية، تكتسب هذه التحولات أهمية خاصة بالنظر إلى الطبيعة الجافة وشبه الجافة لجزء معتبر من المجال الحيوي الزراعي، وإلى حساسية البلد للضغوط المائية والتغيرات المناخية. وتُظهر قواعد بيانات البنك الدولي أن الزراعة لا تزال مكوّنا ذا أهمية في الاقتصاد الوطني وفي التشغيل (World Bank, 2025)، بينما تشير قاعدة بيانات AQUASTAT التابعة لمنظمة الأغذية والزراعة إلى أن الجزائر تقع ضمن البلدان التي تواجه ضغوطا مائية بنيوية (FAO, 2025). كما يؤكد تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ أن منطقة البحر المتوسط وشمال أفريقيا تُعدّ من المناطق المعرضة بدرجة مرتفعة لمخاطر الاحترار العالمي وازدياد موجات الحر والجفاف والتذبذب المطري (IPCC, 2022). وتُضاف إلى ذلك حقيقة أن الأمن الغذائي الجزائري يتقاطع مع رهانات متعددة تشمل السياسة الفلاحية والرقمنة والتمويل

(عصماني وبوجلal، 2025)، وأن شعبة القمح تحديدا تمثل محورا إستراتيجيا يحتاج إلى مقاربات استشرافية قائمة على الذكاء الاصطناعي (بوزناد وعيدودي، 2024).

وتبرز المعطيات الماكرو-اقتصادية الحديثة الأهمية البنيوية للقطاع الزراعي في الجزائر؛ فقد نما الناتج الزراعي بنسبة 5.1% سنة 2024، في سياق موسم حبوب أفضل من المتوقع، ما ساعد على تخفيف ضغوط الأسعار الغذائية، وبالتوازي، انخفض معدل البطالة الإجمالي إلى 9.7% مقارنة بـ 11.4% سنة 2019 (World Bank, 2025, p. 1). غير أن رصيد الحساب الجاري تحوّل مجددا إلى عجز قدره 1.7% من الناتج المحلي الإجمالي بعد سنتين من الفائض، على خلفية تراجع الصادرات بنسبة 10.2% وارتفاع الواردات بنسبة 9.7% سنة 2024، ولا سيما الواردات الغذائية (World Bank, 2025, p. ix). وتكشف هذه المؤشرات عن مفارقة بنيوية: تحسن ظرفي في الأداء الزراعي يقابله استمرار هشاشة خارجية مرتبطة بالواردات الغذائية، بما يجعل رفع الكفاءة الإنتاجية الزراعية أولوية استراتيجية.

انطلاقا من ذلك، لم يعد السؤال الأساسي بالنسبة إلى الجزائر هو ما إذا كانت التكنولوجيا الرقمية مهمة للزراعة، بل كيف يمكن توظيفها بطريقة متدرجة وعادلة وفعالة لخدمة التنمية الفلاحية المستدامة. وهنا يبرز الذكاء الاصطناعي باعتباره أحد أكثر الأدوات الواعدة، لكن أيضا أحد أكثرها تعقيدا من حيث متطلبات البيانات، والبنية التحتية، والتكوين، والتمويل، والحوكمة. فالأدبيات الحديثة تحذر بوضوح من النزعة التقنية الاختزالية التي تتوهم أن اقتناء أدوات رقمية أو تشغيل تطبيقات ذكية يكفي بمفرده لتحقيق التحول الزراعي؛ إذ أنّ القيمة الحقيقية للتكنولوجيا تتحدد داخل منظومة أوسع من المؤسسات والسياسات والمهارات والعلاقات بين الفاعلين (Klerkx et al., 2019). وقد أظهرت تجارب دولية متعددة أن نجاح الذكاء الاصطناعي في الزراعة يرتبط بمستوى الجاهزية المؤسسية والرقمية أكثر من ارتباطه بمستوى التطور التقني المحض (مصطفاوي وبن حراث، 2025)، كما أن الجنوب الجزائري يمثل فضاء واعدا لريادة الأعمال الزراعية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، لا سيما في ظل نقص اليد العاملة (سلطان، 2022).

من هذا المنطلق، يسعى هذا المقال إلى تقديم معالجة أكاديمية لموضوع الذكاء الاصطناعي كرافعة للتنمية الفلاحية المستدامة في الجزائر، عبر الانتقال من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الذكية، وذلك من خلال ثلاثة محاور متكاملة: أولاً، التأطير المفاهيمي الذي يربط بين الذكاء الاصطناعي والزراعة الذكية والتنمية الفلاحية المستدامة؛ ثانياً، تحليل الحاجة الموضوعية للجزائر إلى هذا التحول والتطبيقات ذات الأولوية في سياقها المناخي والمائي والاقتصادي؛ ثالثاً، تحديد شروط النجاح واقتراح خارطة طريق مرحلية تنتقل من الرقمنة الأساسية إلى التجريب الموجه فالتوسع المؤسسي. وتعتمد الدراسة المنهج الوصفي-التحليلي من خلال مراجعة الأدبيات العلمية المحكمة والتقارير المؤسسية المرجعية الصادرة عن منظمة الأغذية والزراعة، والبنك الدولي، والهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ، إضافة إلى دراسات أكاديمية متخصصة في الزراعة الرقمية والتعلم الآلي في الزراعة.

## 1. إشكالية الدراسة وتساؤلاتها وأهدافها

### 1.1. إشكالية الدراسة

تتمثل الإشكالية المركزية لهذا المقال في السؤال الآتي:

إلى أي مدى يمكن للذكاء الاصطناعي أن يشكل رافعة فعلية للتنمية الفلاحية المستدامة في الجزائر، وأن يدعم الانتقال من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الذكية، في ظل القيود المناخية والمائية والتقنية والمؤسسية التي تواجه القطاع؟

### 2.1. التساؤلات الفرعية

ينبثق عن هذه الإشكالية عدد من الأسئلة الفرعية:

- ما المقصود بالزراعة الذكية، وما موقع الذكاء الاصطناعي ضمنها؟
- لماذا يُعد هذا التحول مهما بالنسبة إلى الجزائر تحديداً؟
- ما التطبيقات الأكثر أولوية للذكاء الاصطناعي في السياق الزراعي الجزائري؟
- ما العوائق البنيوية والتنظيمية التي قد تحد من الأثر التنموي لهذه التقنيات؟
- ما معالم خارطة الطريق المناسبة لتحويل الذكاء الاصطناعي من إمكانية تقنية إلى أداة تنموية عملية في الفلاحة الجزائرية؟

### 3.1. أهداف الدراسة

تهدف هذه الدراسة إلى:

- تأصيل مفاهيم التنمية الفلاحية المستدامة والزراعة الذكية والذكاء الاصطناعي في إطار واحد.
- تحليل الحاجة إلى هذا التحول في الجزائر من منظور الاستدامة والأمن الغذائي والمرونة المناخية.
- تحديد أبرز تطبيقات الذكاء الاصطناعي ذات الجدوى العملية في الزراعة الجزائرية.
- إبراز الشروط اللازمة لنجاح هذا التحول، وخاصة في مجالات البيانات والتكوين والحوكمة والتمويل.
- اقتراح خارطة طريق مرحلية قابلة للتكيف مع الواقع الجزائري.

### 2. المنهجية وحدود الدراسة

اعتمد هذا المقال المنهج الوصفي-التحليلي القائم على مراجعة أدبية منظمة لعدد من المراجع المحكمة والتقارير المؤسسية ذات الحجية العلمية العالية. وقد شملت المادة المرجعية:

- مقالات علمية منشورة في مجالات محكمة حول الذكاء الاصطناعي في الزراعة، والزراعة الذكية، والزراعة الرقمية؛
- تقارير صادرة عن منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة (FAO).
- مؤشرات وملفات دولة من البنك الدولي وقاعدة AQUASTAT.
- تقرير الهيئة الحكومية الدولية المعنية بتغير المناخ (IPCC) حول التأثيرات والتكيف والهشاشة المناخية.

وقد اتبعت الدراسة ثلاث خطوات تحليلية:

- التأطير المفاهيمي للذكاء الاصطناعي والزراعة الذكية والتنمية الفلاحية المستدامة.
- ربط الأدبيات العالمية بالسياق الجزائري من خلال محددات المناخ والمياه وبنية القطاع.
- اشتقاق دلالات تطبيقية وسياساتية تتلاءم مع واقع الانتقال الزراعي في الجزائر.

أما حدود الدراسة فتتمثل في الآتي:

- لا تقدم الدراسة بيانات ميدانية أصلية أو نتائج استطلاع أو نموذجاً اقتصادياً قياسياً خاصاً بالجزائر.
- لا تدعي الدراسة وجود تعميم وطني واسع النطاق للذكاء الاصطناعي في الفلاحة الجزائرية، لأن هذا الادعاء يحتاج إلى معطيات ميدانية وقواعد بيانات تنفيذية موثقة.
- بناء على ذلك، فإن طبيعة النتائج تفسيرية واستشرافية ومدعمة بالأدبيات، وليست نتائج اختبار ميداني مباشر.

### 3. الإطار المفاهيمي: الذكاء الاصطناعي، الزراعة الذكية، والتنمية الفلاحية المستدامة

#### 1.3. التنمية الفلاحية المستدامة

تُعرّف التنمية الفلاحية المستدامة بوصفها نمطاً من التطوير الزراعي يحقق في آن واحد:

- الاستدامة الاقتصادية من خلال رفع الإنتاجية والكفاءة والربحية؛
- الاستدامة البيئية عبر الاستخدام الرشيد للمياه والتربة والمدخلات وتقليل الأثر البيئي؛
- الاستدامة الاجتماعية عبر دعم سبل عيش الفلاحين، وتوسيع الوصول العادل إلى المعارف والتقنيات، وتحسين القدرة على الصمود أمام الصدمات (FAO, 2025 ; IPCC, 2022).

وعليه، فإن أي تحول تكنولوجي في الزراعة لا يُعد تنموياً بالمعنى الكامل ما لم يخدم هذه الأبعاد الثلاثة معاً.

#### 2.3. الزراعة التقليدية والزراعة الذكية

تعتمد الزراعة التقليدية على أساليب إدارة موحدة نسبياً داخل المزرعة أو الحقل، حيث تُتخذ قرارات الري أو التسميد أو مكافحة غالياً بشكل عام لا يلتقط بدقة التباينات المكانية والزمانية داخل الحقول. أما الزراعة الذكية فتقوم على إدارة هذا التباين من خلال جمع البيانات من مصادر متعددة وتحليلها لاتخاذ قرارات أكثر تخصيصاً من حيث المكان والوقت والجرعة (Balafoutis et al., 2017).

ولا يعني هذا أن الزراعة الذكية تلغي دور الخبرة البشرية؛ بل على العكس، هي تعيد تشكيل هذه الخبرة عبر إسنادها ببيانات أكثر ثراءً ودقة.

### الجدول رقم (1): مقارنة مختصرة بين الزراعة التقليدية والزراعة الذكية

| البعد            | الزراعة التقليدية                                     | الزراعة الذكية                                                    |
|------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| منطق القرار      | يعتمد على التقدير العام والخبرة المباشرة للمزارع.     | قرار مبني على البيانات (Data-driven) والتحليل المكاني-الزماني.    |
| إدارة الحقل      | إدارة موحدة نسبيا (Uniform Management) لكامل المساحة. | إدارة تفاضلية (Site-specific) تراعي التباين داخل الحقل الواحد.    |
| استخدام المدخلات | جرعات موحدة غالبا من الأسمدة والمبيدات.               | جرعات متغيرة وموجهة (Variable Rate Application).                  |
| إدارة المياه     | جداول ري ثابتة أو مبنية على تقديرات بصرية.            | ري ذكي (Smart Irrigation) وفق الحاجة الفعلية وتحليل رطوبة التربة. |
| الرصد والمتابعة  | ملاحظات دورية بشرية ميدانية.                          | استخدام الحساسات (Sensors)، الصور الجوية، والتحليلات الاستباقية.  |
| الأثر المتوقع    | احتمال أعلى للهدر في الموارد وعدم دقة النتائج.        | كفاءة تشغيلية أعلى واستدامة بيئية واقتصادية مثلى.                 |

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على:

Balafoutis et al. (2017), Wolfert et al. (2017), FAO (2025)

### 3.3. الذكاء الاصطناعي داخل منظومة الزراعة الذكية

الذكاء الاصطناعي ليس مرادفاً للزراعة الدقيقة، لكنه يمثل العقل التحليلي الذي يجعل البيانات ذات قيمة تشغيلية. فالحساسات وأجهزة القياس والاستشعار عن بعد والطائرات دون طيار وإنترنت الأشياء تنتج البيانات، بينما تتولى خوارزميات التعلم الآلي والرؤية الحاسوبية والتعلم العميق، تحليل الأنماط، واكتشاف الحالات غير الطبيعية، والتنبؤ، وإصدار التوصيات (Liakos et al., 2018).

وتوضح الأدبيات أن أهم أدوار الذكاء الاصطناعي في الزراعة تتمثل فيما يلي:

- التنبؤ بالمردودية؛
- الكشف المبكر عن الأمراض والآفات؛
- تحسين إدارة الري؛

- تقدير الاحتياجات السمادية؛
- دعم القرارات التشغيلية والاستراتيجية؛
- تحسين التخطيط عبر سلاسل القيمة (Jha et al., 2019, Liakos et al., 2018).

### 4.3. الآلية السببية: كيف يسهم الذكاء الاصطناعي في الاستدامة الزراعية؟

يمكن استيعاب منطق التأثير من خلال سلسلة سببية متدرجة ومتراطة الحلقات، تبدأ بتجميع البيانات الزراعية من مصادر متعددة، لنتقل إلى مرحلة التحليل الذكي القائم على خوارزميات التعلم الآلي، فتفضي إلى توصيات تشغيلية عالية الدقة، ومنها إلى استخدام أكثر كفاءة للموارد الطبيعية والمداخلات الزراعية، وصولاً في المحصلة إلى إنتاجية مرتفعة واستدامة بيئية واقتصادية راسخة.

غير أن هذا المنطق مشروط في الأدبيات العلمية بضابط جوهري، مفاده أن جودة المخرجات لا تنفصل عن جودة المدخلات البيانية والبنية التنظيمية المصاحبة لها. ذلك أن منظومة ذكاء اصطناعي تعاني شخّ البيانات أو ضعف جودتها قد تُفضي إلى توصيات مضللة بدلا من أن تكون رافعة للقرار الزراعي الرشيد. وبالمثل، فإن التقنية المتطورة لا تُحقق أثرها التنموي المأمول في غياب القدرة على الترجمة الميدانية والتبني الفعلي من قبل الفاعلين الزراعيين. (Wolfert et al., 2017; Klerkx et al., 2019).

### 4. لماذا تحتاج الجزائر إلى هذا التحول؟

#### 1.4. الضغوط المناخية والمائية

تمثل ندرة المياه واحدة من أهم التحديات البيئية في الجزائر. وتشير قاعدة AQUASTAT إلى أن الجزائر مصنفة ضمن البلدان التي تواجه ضغوطا مائيا مرتفعا، وهو ما يجعل قطاع الزراعة - بوصفه مستهلكا رئيسا للمياه عالميا - في قلب معادلة الاستدامة الوطنية (FAO, 2025). كما يبين Climate Change Knowledge Portal التابع للبنك الدولي أن الجزائر معرضة لتصاعد المخاطر المرتبطة بارتفاع درجات الحرارة وتغير الأنماط المطرية وزيادة وتيرة الظواهر المتطرفة، بما يؤثر على الموارد المائية والإنتاج الزراعي (World Bank Group, 2026) ويتسق ذلك مع

خلاصات IPCC التي تؤكد هشاشة شمال أفريقيا والبحر المتوسط أمام التغير المناخي (IPCC, 2022).

في هذا السياق، لا يمكن الاستمرار طويلا في أنماط زراعية تقوم على الاستخدام الواسع غير الموجه للمياه والمدخلات، لأن كلفة ذلك بيئيا واقتصاديا ستزداد.

#### 2.4. الأمن الغذائي وكفاءة الإنتاج

تُظهر مؤشرات البنك الدولي أن الزراعة في الجزائر لا تزال ذات أهمية اقتصادية وتشغيلية، وهو ما يعني أن أي تحسين في كفاءتها وإنتاجيتها له أثر مباشر على الدخل، والتشغيل، والأمن الغذائي، والتوازنات الإقليمية (World Bank, 2025). وفي البلدان التي يواجه فيها القطاع الزراعي ضغوطا مائية ومناخية، يصبح الانتقال نحو أنماط إنتاج أكثر دقة وترشيذا ضرورة استراتيجية لا مجرد تحديث تقني (FAO, 2025).

وتعكس الأرقام الرسمية هذه الأولوية بجلاء؛ إذ تُقدر إنتاج الحبوب لسنة 2025 بحوالي 4 مليون طن، يفوق المتوسط الخماسي بحوالي 12% (FAO, 2025, p. 1)، قبل أن يُراجع التقدير النهائي ليلبلغ 4.2 مليون طن (FAO, 2026, p. 1). وفي إطار الحد من التبعية الغذائية، أعلنت وزارة الفلاحة عن استهداف زراعة 3.069 مليون هكتار خلال حملة 2024-2025، منها 1.6 مليون هكتار للقمح الصلب وأكثر من مليون هكتار للشعير، مع توفير 4.2 مليون قنطار من البذور (وزارة الفلاحة والتنمية الريفية، 2024، الفقرة 4-5).

وتدعم هذه الأهمية الاستراتيجية نتائج مؤشر مرونة الأنظمة الغذائية الصادر عن Economist Impact لعام 2026، الذي صنّف الجزائر في المرتبة الأولى أفريقيا والثانية والثلاثين عالميا، مما يعكس مرونة هيكلية لافتة في نظامها الغذائي (Economist Impact, 2026). غير أن هذا التصنيف لا يحجب وجود هوامش واسعة لتحسين كفاءة الإنتاج، في ظل فجوة حادة بين توافر الحلول التقنية -ولا سيما تقنيات الزراعة الذكية المدعومة على نطاق واسع - وضعف ترجمتها إلى التزامات سياسية فعلية في مجال التخفيف والتكيف المناخي، وهو ما يجعل الاستثمار في البنية التحتية الرقمية شرطا جوهريا لتحويل هذه التقنيات إلى أثر تنموي حقيقي (Economist Impact, 2026).

وتؤكد الأدبيات الجزائرية هذا الاستنتاج حيث يمحور الأمن الغذائي في الأدبيات الجزائرية حول اعتبار الزراعة الذكية خيارا إستراتيجيا لرفع الكفاءة الإنتاجية (بوعبدلي وغربي، 2023)، وربط تحقيق هذا الأمن بمدى التداخل مع رهانات الرقمنة والسياسة الفلاحية والتمويل (عصماني وبوجلal، 2025)، ليصبح التحول الرقمي بذلك جزءا جوهريا من معادلة الأمن الغذائي الوطني.

### 3.4. حدود الزراعة التقليدية في البيئات المتقلبة

تؤكد الأدبيات أن الزراعة التقليدية تكون أقل قدرة على التقاط التغيرات الدقيقة داخل الحقل، وأضعف من حيث الاستجابة السريعة لإشارات الإجهاد المائي أو المرضي أو المناخي. وفي البيئات الجافة وشبه الجافة، حيث يكون هامش الخطأ أقل، تزداد تكلفة القرارات غير الدقيقة سواء في الري أو التسميد أو مكافحة. ومن ثم، فإن الزراعة الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي تطرح نفسها كخيار أكثر ملاءمة حين يكون الهدف هو تعظيم الكفاءة تحت قيود الموارد (Balafoutis et al., 2017; Liakos et al., 2018).

### 4.4. الانتقال إلى الزراعة الذكية في الجزائر: بين الحاجة الملحة ومتطلبات تفعيل

لا توجد في الأدبيات المعتمدة هنا أدلة كافية تسمح بالقول إن الجزائر قد انتقلت فعليا وعلى نطاق واسع إلى الزراعة الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي. ما تسمح به الأدبيات هو القول أن:

- الحاجة إلى هذا الانتقال مرتفعة؛

- الإمكانيات التقنية واعدة؛

- النجاح يتوقف على الشروط المؤسسية والبيانية والتمويلية والتنظيمية.

تخلص الأدبيات الوطنية إلى أن تفعيل إمكانيات التحول الرقمي الواعدة يظل رهين استكمال المتطلبات المؤسسية والبيانية والتمويلية والتنظيمية (بوعبدلي وغربي، 2023؛ عصماني وبوجلal، 2025؛ صولي، 2025).

### 5. تطبيقات الذكاء الاصطناعي ذات الأولوية في الزراعة الجزائرية

#### 1.5. الري الذكي وإدارة المياه

من أكثر التطبيقات إلحاحا في السياق الجزائري إدارة المياه بالاعتماد على الذكاء الاصطناعي. فمن خلال دمج بيانات رطوبة التربة، ومعلومات الطقس، ومؤشرات النبات المستخرجة من صور الأقمار الصناعية أو الطائرات دون طيار، يمكن للنماذج الذكية أن توصي بموعد الري وكميته

على نحو أدق من الجداول الثابتة أو التقديرات العامة. وتؤكد الأدبيات أن هذا المسار يرفع إنتاجية المياه، ويقلص الهدر، ويخفض الكلفة التشغيلية، ويزيد من قدرة المزرعة على التكيف مع الندرة المائية.

وتؤكد الأدبيات التطبيقية فاعلية الذكاء الاصطناعي في رفع كفاءة استخدام المياه عبر تحسين جدولة الري والتنبؤ بالاحتياجات (خيرالدين وزروقي، 2025)، وتربط إدارة المياه المرقمنة بالكفاءة الاقتصادية والبيئية (بلاسكة والوناس، 2025)، مما يجعل الري الذكي من أكثر التطبيقات اتساقا مع القيود البيئية للزراعة الجزائرية.

### 2.5. التنبؤ بالمردودية واتخاذ القرار

يمكن لخوارزميات التعلم الآلي أن تستخدم بيانات الطقس، وخصائص التربة، والمؤشرات النباتية، والسجلات التاريخية لتقدير النمو المتوقع والمردودية النهائية أو احتمالات التراجع الإنتاجي. وهذه الوظيفة مهمة على مستويين: (Liakos et al., 2018)

- على مستوى المزرعة: لتحسين التخطيط واختيار مواعيد التدخل؛
- على مستوى السياسات: لتقدير الإنتاج، وتوجيه الدعم، وتوقع الاختلالات في العرض.

تتضاعف أهمية الوظائف التنبؤية في الشُعَب الإستراتيجية، كالقمح، لدورها في دعم التخطيط القطاعي وصنع القرار الغذائي على المستوى الوطني (بوزناد وعيدودي، 2024)، مما يرسخ تطبيقات الذكاء الاصطناعي كأولوية تقنية وإستراتيجية لتحقيق الأمن الغذائي في الجزائر (Guettaf, 2024)

### 3.5. الكشف المبكر عن الأمراض والآفات

تُظهر مراجعات علمية أن الرؤية الحاسوبية والتعلم العميق أصبحا قادرين بدرجة متزايدة على تشخيص أمراض النبات والآفات من الصور الملتقطة ميدانيا أو عبر الطائرات دون طيار، ما يسمح بالتدخل المبكر والموجه وتقليل الاستخدام غير الضروري للمبيدات (Zhang & Kovacs, 2012). هذا مهم بيئيا واقتصاديا، لأن المكافحة المبكرة والموضعية تقلل الكلفة والتلوث وتحد من الخسائر.

وتتقاطع تطبيقات الروبوتات والأقمار الصناعية والطائرات دون طيار وإنترنت الأشياء في الزراعة مع دور الذكاء الاصطناعي في تحسين إدارة المحاصيل ومواجهة تحديات الإنتاج (دراج وطهار، 2025)، مما يجعل الكشف المبكر عن الأمراض والآفات تطبيقا ذا عائد سريع في البيئات المقيدة بالموارد.

#### 4.5. التسميد الموجه وتحسين استخدام المدخلات

يساعد الذكاء الاصطناعي في الانتقال من التسميد أو الرش الموحد إلى التطبيق المتغير وفق خصائص التربة والنمو والإجهاد، وهو ما يرفع كفاءة استخدام الأسمدة والمواد الكيماوية ويقلل الخسائر البيئية المرتبطة بالإفراط في استعمالها (Balafoutis et al., 2017). وفي السياقات المقيدة بالموارد، يمثل هذا التحول قيمة تنموية مهمة لأنه يجمع بين تقليص الهدر وتحسين المردودية.

#### 5.5. الاستشعار عن بعد والمراقبة الواسعة

تُعد صور الأقمار الصناعية والطائرات دون طيار مصدرا حاسما للبيانات في الزراعة الذكية. وعند دمجها مع خوارزميات الذكاء الاصطناعي، يصبح بالإمكان رصد الغطاء النباتي، والكشف عن الإجهاد، ومتابعة التغيرات المكانية داخل الحقول، وتحديد مناطق التدخل ذات الأولوية. (Zhang & Kovacs, 2012; Wolfert et al., 2017) وهذه الوظيفة ذات قيمة خاصة في البلدان ذات المساحات الزراعية المتباينة والموارد المحدودة للإشراف الميداني المكثف.

وفي السياق الجزائري، تُرى التطبيقات التقنية بيئة خصبة للمؤسسات الناشئة والحلول المحلية عبر توظيف الذكاء الاصطناعي في التشخيص والمتابعة واتخاذ القرار (عروف، 2025)، كما تُسهم هذه الأنظمة في تطوير ريادة الأعمال الزراعية في الجنوب الجزائري، مما يجعل التحول نحو الزراعة الذكية رافعة أساسية للمقاولة والابتكار المحلي (سلطان، 2022).

#### الجدول رقم (2): تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الزراعة و أثرها التنموي المتوقع

| التطبيق           | نوع البيانات                                                                                       | الأثر المتوقع                                                   | صلته بالاستدامة                                                                    |
|-------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| الري الذكي        | بيانات رطوبة التربة، الحالة الجوية، والمؤشرات النباتية كمؤشر الفرق المعياري للغطاء النباتي (NDVI). | تقليل الهدر المائي بشكل كبير وتحسين توقيت الري بناء على الحاجة. | استدامة مائية: الحفاظ على الموارد المائية ورفع كفاءة استخدام الموارد الطبيعية.     |
| التنبؤ بالمردودية | بيانات مناخية تاريخية، صور فضائية، ومعطيات الإنتاج السابقة.                                        | تحسين التخطيط اللوجستي والمالي وتقليل مخاطر عدم اليقين.         | استدامة اقتصادية: تعزيز القدرة التنافسية والإدارة المالية الرشيدة للمشروع الزراعي. |
| كشف الأمراض       | صور عالية الدقة للأوراق                                                                            | التدخل المبكر والدقيق                                           | استدامة بيئية: تقليص                                                               |

الذكاء الاصطناعي كرافعة للتنمية الفلاحية المستدامة في الجزائر: من الزراعة التقليدية إلى الزراعة الذكية  
نحاسية رتيبة /

|                                    |                                                            |                                                                      |                                                                               |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| وآفات                              | والمحاصيل، بيانات الاستشعار القريب.                        | مما يقلل من حجم الخسائر في المحصول.                                  | الاعتماد على المبيدات الكيميائية وحماية التنوع البيولوجي.                     |
| تقنية التسميد بمعدلات متغيرة (VRT) | خرائط خصوبة التربة، بيانات النمو، ومؤشرات الإجهاد النباتي. | توظيف المدخلات بجرعات أدق وتقليل الفاقد الكيميائي في التربة.         | كفاءة الموارد: تقليل الأثر البيئي السلبي الناتج عن الإفراط في التسميد.        |
| المراقبة عبر الاستشعار             | صور الأقمار الصناعية والطائرات بدون طيار.                  | متابعة لحظية ومستمرة للمساحات الشاسعة واكتشاف الانحرافات فور حدوثها. | دعم القرار: توفير بنية بيانات ضخمة (Big Data) لاتخاذ قرارات استراتيجية دقيقة. |

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على:

Liakos et al. (2018), Balafoutis et al. (2017), Zhang and Kovacs (2012), FAO (2025).

## 6. شروط نجاح التحول في الجزائر: من الإمكان التقني إلى الجدوى التنموية

### 1.6. البيانات الزراعية

تتفق الأدبيات على أن فاعلية الذكاء الاصطناعي مرهونة بجودة البيانات ووفرته وتكاملها، لا بالتقنية وحدها. ومن ثم، فإن نجاح الزراعة الذكية في الجزائر يستلزم توفر قواعد بيانات محدثة وشاملة تغطي التربة والمياه والمناخ والمحاصيل والمدخلات، وفق صيغ معيارية تتيح التكامل بين المنصات والجهات (Wolfert et al., 2017; FAO, 2025). إذ أن غياب هذه البنية البياناتية أو ضعفها يحول الذكاء الاصطناعي إلى واجهة تقنية لقرارات هشة الأساس، مما يجعل الاستثمار في منظومة البيانات الزراعية شرطا سابقا لأي توظيف تنموي فعال لهذه التقنيات.

### 2.6. البنية التحتية الرقمية

لا يمكن توظيف الذكاء الاصطناعي ميدانيا دون اتصال مناسب، وأجهزة جمع بيانات، وحساسات، والوصول إلى خدمات معالجة وتحليل. وتبين أدبيات الزراعة الرقمية أن التفاوت في البنية التحتية بين المناطق والفاعلين من أهم مسببات فجوة التبني التكنولوجي (Klerkx et al.,

(FAO, 2019; 2025). ولذلك، فإن التحول في الجزائر يجب أن يبدأ بمناطق ومحاصيل ذات أولوية، مع تصميم بنى تحتية تدريبية بدل الرهان على تعميم فوري غير واقعي.

### 3.6. رأس المال البشري والإرشاد الزراعي

من أكثر الأخطاء شيوعاً في خطاب التحول الرقمي الزراعي اختزال المسألة في التكنولوجيا وحدها. بينما تؤكد الأدبيات أن التبنى الفعلي يتوقف على المهارات والثقة والقدرة على تفسير التوصيات ووجود وساطة إرشادية فعالة بين الخوارزمية والممارسة الميدانية (Klerkx et al., 2019). ويُعزز هذه الأهمية تركز نحو 55% إلى 62% من اليد العاملة في أفريقيا جنوب الصحراء ضمن القطاع الزراعي، واعتماد ما بين 90-95% من الأراضي الزراعية هناك كلياً على مياه الأمطار (IPCC, 2022, 1388). هذه المعطيات تجعل من التأهيل الرقمي للعامل الزراعي شرطاً بنوياً، وهو استنتاج ينطبق بالضرورة على السياقات الشمال أفريقية نظراً لتشابه القيود الهيكلية. ومن ثم، فإن تحديث الإرشاد الزراعي في الجزائر، وإدماج المهارات الرقمية والبيانية في التكوين الفلاحي والجامعي والمهني، ليس عنصراً مساعداً فقط، بل شرطاً بنوياً للنجاح.

### 4.6. التمويل والحوافز

تشير منظمة الأغذية والزراعة إلى أن تبني الأتمتة والزراعة الرقمية قد يواجه قيوداً مالية، خاصة بالنسبة إلى صغار المنتجين، وأن الأثر التنموي الإيجابي يتطلب تصميم حوافز تمويلية ذكية تراعي العدالة والجدوى الاقتصادية (FAO, 2025). لذلك، فإن التمويل في الحالة الجزائرية ينبغي أن يتجه نحو التطبيقات ذات الأثر المباشر والواضح، مثل الري الذكي، والمراقبة المرضية، والتنبؤ، بدل التوسع العشوائي في تجهيزات باهظة وغير متكيفة مع الحاجة الميدانية.

### 5.6. الحوكمة والملكية والأمن السيبراني

مع اتساع استخدام المنصات الرقمية الزراعية، تتصاعد أسئلة حاسمة:

- من يملك البيانات الزراعية؟
- من يحق له الوصول إليها؟
- كيف تُحى خصوصية الفاعلين؟
- كيف يُتجنب احتكار المنصات أو انحياز الخوارزميات؟

تؤكد الأدبيات أن هذه القضايا ليست ثانوية، بل تتصل مباشرة بعدالة التحول الرقمي وشرعيته الاجتماعية (Wolfert et al., 2017; Klerkx et al., 2019). كما أن الرقمنة الزراعية تفتح مسائل مرتبطة بالأمن السيبراني وسلامة المنظومات المتصلة، خاصة عندما يتعلق الأمر بأنظمة ري أو مراقبة رقمية أو منصات دعم قرار. لهذا، فإن أي تصور وطني للذكاء الاصطناعي الزراعي في الجزائر يجب أن يتضمن أطرا واضحة للحوكمة وحماية البيانات.

## 6.6. خطر اللامساواة الرقمية

من الضروري التنبيه إلى أن الذكاء الاصطناعي قد يُحسن الكفاءة، لكنه قد يُفاقم التفاوتات إذا استفادت منه أساسا الوحدات الزراعية الأكبر حجما والأفضل تمويلا، بينما بقي صغار المزارعين خارج المنظومة بسبب الكلفة أو نقص المهارات أو ضعف الاتصال. وتحذر FAO من أن أثر الأتمتة والرقمنة ليس إيجابيا تلقائيا، بل يعتمد على السياسات المصاحبة وطريقة تصميم التبني والدعم (FAO, 2025). وعليه، فإن الذكاء الاصطناعي لا يتحول إلى رافعة تنمية حقيقية إلا حين يُدمج في إطار سياساتي عادل، ويضع صغار المزارعين في صلب منظومة التبني لا على هامشها، وإلا غدا أداة لتعميق التفاوت لا لردمه.

## 7. خارطة طريق مقترحة للجزائر: من الرقمنة الأساسية إلى الزراعة الذكية

بناء على الأدبيات المعتمدة، يمكن اقتراح خارطة طريق ثلاثية المراحل للانتقال في الجزائر، والمتمثلة فيما يلي:

### 1.7. المرحلة الأولى: بناء الجاهزية الرقمية والبيانية

تمثل هذه المرحلة الأرضية التأسيسية التي لا تستقيم الزراعة الذكية بدونها، وإن كانت في حد ذاتها لا ترقى بعد إلى مستوى الزراعة الدقيقة الكاملة؛ وتشتمل على جملة من المتطلبات البنيوية المتمثلة فيما يلي:

- رقمنة المعلومات الزراعية الأساسية والخرائط الزراعية؛
- توسيع تجميع البيانات المناخية والتربوية والمائية؛
- إتاحة الوصول المنظم إلى صور الاستشعار عن بعد؛
- تطوير قواعد بيانات معيارية قابلة للتحليل والربط.

## 2.7. المرحلة الثانية: مشاريع تجريبية موجّهة

ينبغي أن تنطلق مشاريع تجريبية محددة جغرافيا وقطاعيا في:

- المناطق ذات الإجهاد المائي المرتفع؛
  - المحاصيل ذات الأهمية الاستراتيجية؛
  - التطبيقات ذات العائد السريع نسبيا مثل الري الذكي والكشف المبكر عن الأمراض.
- وتفيد الدراسات أن المشروعات التجريبية المحلية أكثر فاعلية من التعميم الشامل المبكر، لأنها تسمح بإثبات الجدوى وتكييف التكنولوجيا مع الواقع المحلي (FAO, 2025; Klerkx et al., 2019).

وتدعم الأدبيات الجزائرية هذا المسار المرحلي؛ إذ تبرز أهمية التركيز على الشعب الزراعية الإستراتيجية، وخاصة شعبة القمح، ضمن مشاريع التحول الذكي (بوزناد وعيدودي، 2024)، كما يُعد الجنوب الجزائري فضاء مهما للتجريب الميداني المنضبط لتقنيات الذكاء الاصطناعي قصد الحد من التبعية الغذائية (حباس وبلعوز والمحي، 2025). ويمكن إضافة بعد عملي لهذا المسار من خلال ربط الجامعات، ومخابر البحث، والمؤسسات الناشئة الزراعية في مشاريع إثبات مفهوم قابلة للتقييم قبل التوسيع (عروف، 2025).

## 3.7. المرحلة الثالثة: التوسع المؤسسي والاقتصادي

بعد تقييم المشروعات التجريبية، يمكن الانتقال إلى:

- تعميم أدوات الإرشاد الرقمي؛
- ربط الدعم العمومي والتسهيلات التمويلية بالتطبيقات المجدية؛
- تشجيع الشراكات بين الجامعات ومراكز البحث والفاعلين الاقتصاديين والمؤسسات الناشئة؛
- تطوير أطر معيارية للملكية البيانات والتشغيل البيئي والأمن السيبراني.

### الجدول رقم (3): خارطة طريق مختصرة للانتقال في الجزائر

| المرحلة                       | الأولوية                                             | الأدوات الرئيسة                                                                      | المخرجات المتوقعة                                                                     |
|-------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| الجاهزية<br>الرقمية والبيانية | بناء البنية التحتية (البيانات<br>والخرائط والمنصات). | قواعد البيانات المكانية،<br>أنظمة الرصد المناخي،<br>تقنيات الاستشعار عن بعد.         | أساس معلوماتي متين:<br>توفير "المادة الخام" لاتخاذ<br>القرار الأوتوماتيكي.            |
| التجريب الموجّه               | التركيز على التطبيقات ذات<br>الأولوية القصوى.        | أنظمة الري الذكي،<br>التشخيص الآلي للأمراض،<br>نماذج التنبؤ الإنتاجي.                | إثبات الجدوى (PoC):<br>تقديم نماذج نجاح محلية<br>قابلة للقياس والتقييم.               |
| التوسّع المؤسسي               | مأسسة التحول عبر الإرشاد،<br>التمويل، والحوكمة.      | برامج الدعم الموجه،<br>التدريب التقني، الشراكات<br>الاستراتيجية، وتنظيم<br>البيانات. | الأثر المستدام: تحقيق<br>تنمية زراعية واسعة<br>النطاق وضمان استدامة<br>النظام البيئي. |

المصدر: إعداد الباحثة اعتمادا على:

FAO (2025), Klerkx et al. (2019), Wolfert et al. (2017), IPCC (2022).

### 8. مناقشة: من الوعود التقنية إلى الواقعية التنموية

تتيح الأدبيات العلمية الدفاع عن أطروحة قوية مفادها أن الذكاء الاصطناعي يمكن أن يحسن أداء الزراعة من حيث الكفاءة والمرونة والدقة. لكن الأدبيات نفسها تحذر من القراءة المبالغ فيها التي تختزل التحول الزراعي في تبني أدوات تقنية منفصلة عن السياق المؤسسي والاجتماعي. فالخوارزميات قد تكون دقيقة في المختبر أو في بيئات بيانات غنية، لكنها قد تفقد الكثير من فعاليتها في بيئات تعاني نقصا في البيانات أو ضعفا في البنية التحتية أو محدودية في قدرات المستخدمين (Klerkx et al., 2019; FAO, 2025).

وفي الحالة الجزائرية، تشير المعطيات المؤسسية الدولية إلى أن الضرورة الموضوعية للتحول مرتفعة بسبب المناخ والماء، لكن هذا لا يبرر القفز مباشرة إلى وعود تكنولوجية قصوى دون بناء قاعدة بيانات وأطر تنظيمية وتكوينية. كما أن من الخطأ علميا النظر إلى الذكاء الاصطناعي على أنه بديل للسياسة الزراعية أو للإرشاد الزراعي أو للبحث الزراعي؛ فهو أداة مضاعفة للقادرة على اتخاذ القرار، لا بديل عن المؤسسات.

من زاوية أخرى، يطرح إدماج الذكاء الاصطناعي في الفلاحة الجزائرية فرصة استراتيجية لتقوية الروابط بين الجامعة، والبحث العلمي، والسياسات العمومية، والمقاولة التكنولوجية. فالأدبيات الحديثة حول الزراعة الرقمية تؤكد أن القيمة تُخلق في النظم البيئية التعاونية التي تجمع البيانات، والمهارات، والبحث التطبيقي، والتجريب المحلي، والتمويل (Wolfert et al., 2017; Klerkx et al., 2019). وهنا يكمن أحد رهانات الجزائر: ليس فقط استيراد التكنولوجيا، بل بناء قدرات محلية على تكييفها وتطويرها وتقييمها. إضافة إلى ذلك، فإن أي تحول جاد يجب أن يحدد مؤشرات نجاح واضحة، مثل:

- إنتاجية المياه؛
- نسبة خفض استخدام المدخلات؛
- دقة التنبؤ بالمردودية؛
- سرعة الكشف عن الأمراض؛
- أثر التطبيقات على الدخل الصافي للفلاح؛
- درجة شمول صغار المنتجين في المنظومة.

هذه المؤشرات تتفق مع منطق الأدبيات التي تربط نجاح الزراعة الرقمية بالقيمة المتحققة لا بمجرد اقتناء المعدات (FAO, 2025). ويتوقف نجاح الذكاء الاصطناعي في الزراعة المستدامة على دمجها في منظومات متكاملة لإدارة الموارد واتخاذ القرار بدلا من الوسائل الرقمية المعزولة (مصطفى وبني حراث، 2025)، ويرتبط أثره في التجارب العربية بمستوى الجاهزية المؤسسية والرقمية (حسان، 2025)، مما يجعل القيمة التنموية للتقنية رهينة قدرتها على تجويد القرار الزراعي ضمن بيئة مؤسسية وتمويلية وبياناتية ملائمة (بلاسكة والوناس، 2025).

## 9. النتائج الرئيسية للدراسة

تفضي هذه الدراسة إلى جملة من النتائج الرئيسية:

- الذكاء الاصطناعي يمثل أداة مركزية داخل الزراعة الذكية، لكنه لا يساومها ولا يغني عن باقي مكوناتها التقنية والمؤسسية.

- تحتاج الجزائر موضوعيا إلى هذا التحول، بسبب الضغط المائي والهشاشة المناخية والأهمية الاقتصادية والاجتماعية للقطاع الزراعي.
- تطبيقات الأولوية في السياق الجزائري هي: الري الذكي، التنبؤ بالمردودية، الكشف المبكر عن الأمراض والآفات، وتحسين استخدام المدخلات.
- العائد التنموي للذكاء الاصطناعي ليس تلقائيا، بل يتوقف على جودة البيانات، والبنية التحتية الرقمية، والتكوين، والإرشاد، والحوافز التمويلية، والحوكمة.
- التعميم السريع غير المرحلي، قد يؤدي إلى نتائج محدودة أو إلى تعميق الفجوات بين الفاعلين، بينما يظهر المسار التجريبي المرحلي أكثر وجاهة في البيئات التي ما تزال في طور بناء الجاهزية الرقمية.
- التحول نحو الزراعة الذكية في الجزائر يجب أن يكون مؤسسيا ومعرفيا بقدر ما هو تقني، أي أنه يتطلب تحديث طرق إنتاج البيانات، وتداولها، واستعمالها في القرار الزراعي.

## 10. الاقتراحات

- في ضوء النتائج السابقة، تتقدم هذه الدراسة بجملة من الاقتراحات على النحو الآتي:
- إنشاء بنية وطنية متكاملة للبيانات الزراعية تجمع معطيات الطقس، والتربة، والمياه، والمحاصيل، والإنتاج، في صيغ معيارية قابلة للتحليل.
  - إطلاق مشاريع تجريبية محلية في الري الذكي، والكشف المبكر عن الأمراض، والتنبؤ بالمردودية، بدل محاولة التعميم الشامل من البداية.
  - إعادة تصميم منظومة الإرشاد الزراعي بإدماج التكوين الرقمي وتحليل البيانات واستخدام أدوات الدعم الذكي للقرار.
  - توجيه التمويل العمومي وشبه العمومي نحو التطبيقات ذات المردود المباشر على كفاءة المياه وتقليص الهدر وتحسين المردودية.
  - دعم الشراكات بين الجامعات، ومخابر البحث، والمؤسسات الناشئة، والهيئات الزراعية لتطوير حلول متكيفة مع الواقع الجزائري، لا مجرد استيراد حلول جاهزة.

- وضع إطار وطني لحوكمة البيانات الزراعية يحدد الملكية، وحقوق الاستخدام، وقواعد التشغيل البيئي، ومعايير الحماية والأمن السيبراني.
- إدراج بُعد العدالة الرقمية في سياسات التبني، بما يضمن عدم إقصاء صغار الفلاحين من التحول الرقمي الزراعي.
- اعتماد مؤشرات تقييم واضحة تقيس الأثر الفعلي للتطبيقات على إنتاجية المياه، وكفاءة المدخلات، والدخل، والاستدامة البيئية.
- ربط التحول الرقمي الزراعي بالسياسة المناخية، لأن جزءا معتبرا من جدوى الزراعة الذكية في الجزائر يرتبط بالتكيف مع الندرة المائية والتذبذب المناخي.
- الانتقال من منطق اقتناء التكنولوجيا إلى منطق بناء المنظومة، وهذه هي النقطة المفصلية التي تحدد نجاح التحول من فشله.

#### خاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن الذكاء الاصطناعي يمتلك إمكانات حقيقية لتحسين الأداء الزراعي في الجزائر، وذلك عبر سلسلة من التطبيقات ذات الصلة المباشرة بالسياق الوطني. فالري الذكي يرفع كفاءة استخدام المياه في بلد يواجه ضغطا مائيا بنيويا، والتنبؤ بالمردودية يدعم التخطيط القطاعي في شُعب إستراتيجية كالقمح، والكشف المبكر عن الأمراض والآفات يقلص الخسائر ويحد من الاستخدام غير الضروري للمبيدات، والتسميد الموجه يرشد استخدام المدخلات ويحسن المردودية، والاستشعار عن بعد يتيح مراقبة واسعة للمساحات الزراعية المتباينة. غير أن الأثر التنموي لهذه التقنيات ليس تلقائيا ولا مضمونا، إذ يعتمد على شروط مؤسسية وبنوية حاسمة تشمل جودة البيانات الزراعية ووفرته وقابليتها للربط البيئي، وبنية تحتية رقمية تضمن الاتصال وجمع البيانات في المناطق ذات الأولوية، ورأس مال بشري مؤهل ومنظومة إرشاد زراعي محدثة تضطلع بدور الوساطة بين الخوارزمية والممارسة الميدانية، وتمويل موجه نحو التطبيقات ذات المردود المباشر، وإطار حوكمة واضح يحدد ملكية البيانات وحقوق الاستخدام وقواعد الأمن السيبراني.

والأدلة المتاحة لا تسمح بالادعاء بأن الجزائر قد انتقلت فعليا وعلى نطاق واسع إلى الزراعة الذكية المدعومة بالذكاء الاصطناعي، فالتجارب الناشئة محليا لا تزال في مراحلها التأسيسية وتحتاج إلى

مرافقة مؤسسية وتمويلية أطول أمدا. وهذا يعني أن الجزائر أمام فرصة حقيقية لكنها أيضا أمام مسؤولية تصميم تحول مرحلي ومتدرج يبدأ ببناء الجاهزية الرقمية والبيانية ويمر بمشاريع تجريبية موجهة ثم ينتقل إلى التوسع المؤسسي بعد إثبات الجدوى. فالتحول المطلوب ليس تقنيا فحسب بل مؤسسي ومعرفي، ينتقل من القرار الحدسي إلى القرار الموجه بالبيانات ومن استهلاك الموارد إلى إدارتها الدقيقة. وإذا أحسن تصميمه فقد يساهم في تعزيز الأمن الغذائي وفتح فضاء جديد للتكامل بين البحث والسياسات والابتكار، أما إذا اختزل في اقتناء أدوات رقمية فسيظل محدود الأثر. والنقطة المفصلية هي الانتقال من منطق اقتناء التكنولوجيا إلى منطق بناء المنظومة.

## قائمة المراجع

### المراجع باللغة العربية

#### ➤ المقالات في مجلة علمية

1. بلاسكة، زكرياء، والوناس، سفيان. (2025). توظيف الذكاء الاصطناعي في خدمة القطاع الزراعي: بين الضرورة والتحديات. مجلة البشائر الاقتصادية، 11(2)، 242-262.  
<https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/196/11/2/275113>
2. بوزناد، منى، وعيدودي، فاطمة الزهراء. (2024). آفاق الزراعة الذكية لتحقيق الأمن الغذائي في شعبة القمح في الجزائر 2035. مجلة الميادين الاقتصادية، 7(1)، 132-133.  
<https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/613/7/1/263805>
3. بوعبدلي، ياسين، وغربي، رشيد. (2023). الزراعة الذكية كخيار إستراتيجي لتحقيق الأمن الغذائي في الجزائر. مجلة شعاع للدراسات الاقتصادية، 7(1)، 308-327.  
<https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/530/7/1/218438>
4. حباس، ن.، بلعوز، ب. ع.، والمحي، ث. (2025). استخدام الذكاء الاصطناعي كإستراتيجية للحد من التبعية الغذائية في الجزائر. الريادة لاقتصاديات الأعمال، 11(2)، 55-73.  
<https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/510/11/2/273528>
5. حسان، ل. (2025). تطبيق تقنيات الذكاء الاصطناعي في القطاع الزراعي بين التحديات والآفاق - عرض تجارب لبعض الدول العربية. مجلة المنتدى للدراسات والأبحاث الاقتصادية، 9(1)، 49-66.  
<https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/428/9/1/268326>
6. حضري، د.، وابن شاعة، ن. (2023). الزراعة الذكية ومتطلبات تطبيقها لتحقيق استدامة الأمن الغذائي في الدول العربية. مجلة اقتصاديات شمال إفريقيا، 19(1)، 223-242.  
<https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/9/19/1/216357>

7. خيرالدين، أمين، وزروقي، فاطمة الزهراء. (2025). دور الذكاء الاصطناعي في تعزيز كفاءة استخدام المياه في القطاع الزراعي – تجربة المملكة العربية السعودية. دقاتر البحوث العلمية، 13(2)، 306-326. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/595/13/2/278935>.
8. دراج، نبيلة صليحة، وطهار، ناصر. (2025). أهمية استخدام تطبيقات الذكاء الاصطناعي في الإنتاج الزراعي. مجلة اقتصاديات شمال إفريقيا، 21(2)، 179-196. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/9/21/2/271076>.
9. سلطان، كريمة. (2022). ريادة الأعمال الزراعية في الجنوب الجزائري ودور أنظمة الذكاء الاصطناعي في تطويرها. مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال، 5(2)، 559-576. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/635/5/2/206452>.
10. سياري، نورة، وجيلي، هدى. (2023). الزراعة الذكية رهان المستقبل نحو تطوير الزراعة وتعزيز الأمن الغذائي – تحديات وآفاق. مجلة البصائر للبحوث في العلوم الاقتصادية والتجارية وعلوم التسيير، 2(1)، 27-48. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/905/2/1/226222>.
11. صولي، يعقوب. (2025). رقمنة القطاع الزراعي لتحقيق ومعالجة التحديات الاستراتيجية، وضمان الأمن الغذائي. مجلة إضافات اقتصادية، 9(1)، 107-126. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/443/9/1/265170>.
12. عروف، راضية. (2025). دور تطبيقات الذكاء الاصطناعي في تطوير المؤسسات الناشئة الزراعية – نماذج لبعض المؤسسات الناشئة الزراعية بالجزائر. مجلة دراسات في الاقتصاد وإدارة الأعمال، 8(1)، 100-111. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/635/8/1/267542>.
13. عصماني، عبد الكريم، وبوجلal، أنفال. (2025). الأمن الغذائي في الجزائر بين تحديات السياسة الفلاحية ورهانات الرقمنة وفرص التمويل الإسلامي. مجلة التنمية والاستشراف للبحوث والدراسات، 10(2)، 151-170. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/424/10/2/285424>.
14. مصطفىاوي، نادية، و بن حراث، حياة. (2025). حلول الذكاء الاصطناعي للزراعة المستدامة: تجارب دولية. مجلة اقتصاد والمناجمت، 22(2)، 49-64. <https://asjp.cerist.dz/en/downArticle/576/22/2/263331>.
15. وزارة الفلاحة والتنمية الريفية. (24 سبتمبر 2024). لقاء وطني لتحضير حملة الحرث والبذر لموسم 2025-2024.
16. وزارة الفلاحة والتنمية الريفية (24 September 2024). [MADR]. لقاء وطني لتحضير حملة الحرث والبذر لموسم 2025-2024. <https://madr.gov.dz/2024/09/24> لقاء وطني-لتحضير- حملة-الحرث-و-البذر-لموسم/ المراجع باللغات الأجنبية

## ➤ Journal Articles

17. Balafoutis, A. T., Beck, B., Fountas, S., Vangeyte, J., van der Wal, T., Soto, I., Gómez-Barbero, M., Barnes, A., & Eory, V. (2017). Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*, 9(8), 1339. <https://doi.org/10.3390/su9081339>
18. Guettaf, S. (2024). Uses of artificial intelligence in achieving food security in Algeria. *Journal of Economic Integration*, 12(3), 459-470. <https://asjp.cerist.dz/en/article/255217>
19. Jha, K., Doshi, A., Patel, P., & Shah, M. (2019). A comprehensive review on automation in agriculture using artificial intelligence. *Artificial Intelligence in Agriculture*, 2, 1–12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589721719300182/pdf?md5=1d2d6c50b4643895aee3452c7b1dece2&pid=1-s2.0-S2589721719300182-main.pdf>
20. Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS: Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
21. Liakos, K. G., Busato, P., Moshou, D., Pearson, S., & Bochtis, D. (2018). Machine learning in agriculture: A review. *Sensors*, 18(8), 2674. <https://doi.org/10.3390/s18082674>
22. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M.-J. (2017). Big data in smart farming: A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80. <https://doi.org/10.1016/j.agry.2017.01.023>
23. Zhang, C., & Kovacs, J. M. (2012). The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: A review. *Precision Agriculture*, 13, 693–712. [https://www.researchgate.net/profile/Chunhua-Zhang-10/publication/257640210\\_The\\_application\\_of\\_small\\_unmanned\\_aerial\\_systems\\_for\\_precision\\_agriculture\\_A\\_review/links/546e02ba0cf2bc99c2150c7d/The-application-of-small-unmanned-aerial-systems-for-precision-agriculture-A-review.pdf?\\_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19](https://www.researchgate.net/profile/Chunhua-Zhang-10/publication/257640210_The_application_of_small_unmanned_aerial_systems_for_precision_agriculture_A_review/links/546e02ba0cf2bc99c2150c7d/The-application-of-small-unmanned-aerial-systems-for-precision-agriculture-A-review.pdf?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19)
- **Reports**
24. Economist Impact. (2026). Resilient Food Systems Index: Global Report. Cargill. <https://assets.ctfassets.net/9crgcb5vlu43/4owmZlUX8hThA5C0CGw05O/3>

926a860219671c045a00b26bf752f4b/Resilient\_Food\_Systems\_Index\_Global\_Report.pdf

25. FAO. (2025). AQUASTAT Water Data Snapshot 2025. Rome, Italy. <https://openknowledge.fao.org/bitstreams/99a294b0-ba6c-4bd1-b707-ffb43907d412/download>

26. FAO. (2025, June 24). GIEWS country brief: Algeria [Bulletin pays SMIAR : Algérie]. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

[https://www.fao.org/giews/countrybrief/country/DZA/pdf\\_archive/DZA\\_Archive.pdf](https://www.fao.org/giews/countrybrief/country/DZA/pdf_archive/DZA_Archive.pdf)

27. FAO. (2026, January 29). GIEWS country brief: Algeria [Bulletin pays SMIAR : Algérie]. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/giews/countrybrief/country.jsp?code=DZA>

28. IPCC. (2022). Africa [H.-O. Pörtner, D. C. Roberts, M. Tignor, E. S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, & B. Rama (Eds.)]. In *Climate change 2022: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1285–1455). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781009325844.011>

29. World Bank (2025). Algeria Economic Update: Accelerating Productivity Gains (Spring 2025). <https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/6334d223-aafa-4fa7-ac88-8c97dd3946c9/download>

30. World Bank Group (2026). Climate Change Knowledge Portal (CCKP): Algeria Country Profile - Future Climate Projections (CMIP6). <https://climateknowledgeportal.worldbank.org/country/algeria>