

الأتمتة الكاملة كأداة لتحقيق إستدامة الصناعة الدوائية دراسة حالة شركة نوفارتيس (2015-2024)

Full Automation as a Tool for Achieving Pharmaceutical Industry Sustainability: A Case Study of Novartis (2015-2024)

جعفر سعدي¹، محمد علي دشه²¹ قسم علوم التسيير، جامعة المجاهد عبد الحفيظ بوالصوف ميله، الجزائر، sadi.d@centre-univ-mila.dz² قسم علوم التسيير، جامعة المجاهد عبد الحفيظ بوالصوف ميله، الجزائر، decha.m@centre-univ-mila.dz

الملخص: تهدف هذه الدراسة إلى تحديد العلاقة بين الأتمتة الكاملة وإستدامة الصناعة الدوائية من خلال شركة نوفارتيس كحالة تطبيقية خلال الفترة 2015-2024، منطلقة من فرضية أن الأتمتة الكاملة تشكل رافعة استراتيجية للإستدامة بأبعادها الاقتصادية والبيئية والاجتماعية، واعتمدت الدراسة منهج تحليل المحتوى الكمي والكيفي لعشرة تقارير سنوية متتالية، وقد كشفت النتائج أن نوفارتيس حققت اقتصاديا مبيعات صافية قدرت بـ 50.3 مليار دولار بنمو 11% بعد الهيكلة الجديدة سنة 2023، أما في البعد البيئي فقد حققت الحياد الكربوني في عملياتها التشغيلية منذ 2020 متجاوزة هدفها لعام 2025 بخمس سنوات، وفي البعد الاجتماعي أثبتت أن الرقمنة تضمن جودة العلاجات الشخصية المعقدة وتوسع نطاق وصول المرضى للأدوية بتكلفة منخفضة، وتخلص الدراسة إلى أن الأتمتة تعمل عبر مسارات تقنية ومعلوماتية واستراتيجية متوازنة لتحقيق الإستدامة الشاملة.

الكلمات المفتاحية: أتمتة كاملة؛ إستدامة، صناعة دوائية؛ مصنع ذكي؛ نوفارتيس

معلومات حول المقال

تاريخ المقال

الاستلام: 6 أفريل 2026

القبول: 20 جوان 2026

النشر: 30 جوان 2026

المؤلف المراسل

جعفر سعدي

البريد الإلكتروني:

sadi.d@centre-univ-mila.dz

حقوق النشر © 2026، جامعة المجاهد

عبد الحفيظ بوالصوف، ميله. هذه مقالة

ذات وصول مفتوح بموجب ترخيص CC

BY-NC-ND.

الاقتباس المقترح

سعدي، ج. ودشه، م. ع. (2026). الأتمتة

الكاملة كأداة لتحقيق إستدامة الصناعة

الدوائية دراسة حالة شركة نوفارتيس

(2015-2024)، مجلة اقتصاد المال

والأعمال، المجلد 10، العدد 2، ص ص

294-282.

DOI 10.58205/fber.v10i2.2120

Abstract: This study aims to determine the relationship between full automation and the sustainability of the pharmaceutical industry through Novartis as an applied case during the period 2015-2024, based on the hypothesis that full automation constitutes a strategic lever for sustainability across its economic, environmental, and social dimensions. The study adopted a quantitative and qualitative content analysis method of ten consecutive annual reports. The results revealed that economically, Novartis achieved net sales of \$50.3 billion, an 11% growth following the new restructuring in 2023. Environmentally, the company achieved major savings in its operational processes since 2020, surpassing its 2025 target by five years. Socially, it demonstrated that digitalization ensures the quality of complex personal relationships and expands patient access to medicines at low cost. The study concludes that automation operates through parallel technical, informational, and strategic pathways to achieve comprehensive sustainability.

Keywords: Full automation; Sustainability; Pharmaceutical industry; Smart factory; Novartis

1. مقدمة

شهد مطلع العقد الثالث من الألفية الثالثة تحولا بنويا عميقا في طبيعة المنافسة داخل القطاع الدوائي العالمي إذ لم يعد التفوق التنافسي حكرا على من يملك أكبر قدر من الباحثين أو أوسع شبكة توزيع بل بات مشروطا بمدى قدرة الشركات على تحويل بياناتها وعملياتها إلى منظومة ذكية ذاتية التحسن، وقد صاغ هذا التحول مشهدا جديدا تتداخل فيه ثلاثة اتجاهات كبرى: صعود الأتمتة الكاملة بوصفها بنية إنتاجية متكاملة، وتصاعد الضغوط التنظيمية والمجتمعية نحو الاستدامة الشاملة، وتنامي القناعة بأن الاستثمار في الرقمنة يولد عوائد بيئية واقتصادية متشابكة يصعب فصلها.

م إ م أ

282

1.1. إشكالية الدراسة

في هذا السياق تتمحور الإشكالية الجوهرية لهذه الدراسة حول التساؤل الآتي:

ماهو دور الأتمة الكاملة في الصناعة الدوائية كرافعة استراتيجية للاستدامة الدوائية بأبعادها المتعددة في شركة نوفارتيس للفترة (2015-2024)؟

ويتفرع عن هذا التساؤل المحوري جملة من التساؤلات الفرعية:

- ما أثر الأتمة الكاملة على الاستدامة الاقتصادية قياسا بمؤشرات الكفاءة والربحية؟
- كيف تساهم الأتمة الكاملة في تحسين الأداء البيئي للمنشأة الدوائية؟
- كيف تنعكس الأتمة الكاملة على القيمة الاجتماعية؟

2.1. أهمية الدراسة

تسعى الدراسة على المستوى المعرفي إلى بناء نموذج تفسيري يربط الأتمة الكاملة بالاستدامة عبر مسارات متعددة متزامنة، أما منهجيا فتتميز بتوظيف تحليل طولي يمتد عشر سنوات متتالية، وعلى المستوى التطبيقي تقدم لصانعي القرار في المنظمات الدوائية خريطة طريق مستخلصة من تجربة شركة نوفارتيس.

3.1. أهداف الدراسة

تسعى هذه الدراسة إلى تحقيق جملة من الأهداف المتكاملة:

- توصيف مراحل تطور الأتمة في شركة نوفارتيس خلال العقد 2015-2024.
- قياس الأثر الفعلي للأتمة على مؤشرات الاستدامة الاقتصادية والبيئية والاجتماعية.
- بناء نموذج تفسيري يوضح الآليات التي تربط الأتمة الكاملة بالاستدامة الدوائية الشاملة.
- تقديم توصيات عملية لصانعي القرار في المنظمات الدوائية الساعية إلى تبني هذا التحول.

4.1. منهجية الدراسة

اعتمدت هذه الدراسة منهج تحليل المحتوى الكمي والكمي للتقارير السنوية لشركة نوفارتيس خلال عشر سنوات متتالية (2015-2024)، وقد سارت عملية التحليل وفق المراحل الآتية:

1.4.1. تحديد وحدات التحليل: تم اختيار التقارير السنوية الرسمية لشركة نوفارتيس بوصفها مصادر أولية موثقة تخضع للتدقيق المستقل، نظرا لأنها تتضمن بيانات مالية وتشغيلية وبيئية قابلة للتحقق، وقد استكمل الإطار النظري بمراجعة الأدبيات العلمية المحكمة في مجالات الأتمة الدوائية والاستدامة الصناعية.

2.4.1. بناء شبكة التحليل: تمثلت المحاور الرئيسية للدراسة في: محور الأتمة، ومحور الاستدامة، ولكل محور مؤشرات كمية ونوعية تم رصدها بصورة منهجية عبر السنوات العشر (2015-2024)

3.4.1. ضبط الموضوعية: اقتصر التحليل على المعطيات الواردة صراحة في التقارير السنوية المدقق عليها

من قبل جهات مستقلة (Deloitte) و(Pricewaterhouse Coopers)، وقد جرى التمييز الصريح بين الحقائق الموثقة والتفسيرات التحليلية في ثنايا النص.

4.4.1. حدود المنهجية: هذا المنهج يعتمد على ما تفصح عنه الشركة في تقاريرها الرسمية، مما يجعله عرضة لتحيز الإفصاح المؤسسي، كما أنه يقتصر على حالة واحدة وهي شركة نوفارتيس.

5.1. الدراسات السابقة

1.5.1. الأتمتة والكفاءة الانتاجية: بين الشاهد النظري والدليل الميداني

تتصدر إشكالية الكفاءة الانتاجية اهتمامات (Caesar et al-Tetteh., 2024) (Kerr & Cole, 2022) واللذين تناولتا مساهمة الأتمتة في القضاء على الهدر، فبينما ركزت الأولى على مؤشر كثافة كتلة العملية (PMI) معيارا للأثر البيئي للتصنيع المستمر، انصببت الثانية على تشخيص أنواع الهدر الثمانية (Muda) غير أن دراسة (Kerr & Cole, 2022) تبقى في نطاق شركات بعينها دون تقديم نموذج قابل للتعميم على القطاع ككل.

2.5.1. الأتمتة والأداء البيئي: من التصريح إلى الإثبات

تقف دراسة (Ismail & Abu Yaziz, 2025) في مقدمة الدراسات التي سعت إلى إرساء علاقة سببية بين الأتمتة والأداء البيئي، مستعينة بمنهجية كمية لرصد أثر تبني تقنيات Pharma 4.0 وما يميزها أنها تتجاوز التوصيف إلى التحليل الوسيط، مثبتة أن الأتمتة أداة لتحقيق مكاسب خضراء قابلة للقياس، بيد أن ما يبقى مهما هو طبيعة العلاقة الكمية بين حجم الاستثمار في الأتمتة والعائد البيئي تحديدا، إذ أن فصل أثر الأتمتة عن سائر المتغيرات الاستراتيجية يظل تحديا بالغ التعقيد.

3.5.1. المصنع الذكي والجانب التنظيمي

تحتل دراسة (Majstorovic, 2025) موقعا محوريا إذ تقدم إطارا لقياس مستويات النضج الرقمي، غير أنها تركز على الجانب التقني دون معالجة كافية للجانب التنظيمي والبشري للتحويل، وهو ما سدت جانبا منه دراسة (Kumar & Arrawatia, 2025) المتعلقة بتحديات القيادة في إدارة التحول الرقمي، وفي المقابل تعالج دراستا (Gowda & Tamizharasi, 2025) و(t alPapalexi e., 2025) الأتمتة في سياق سلاسل القيمة مقدمتين دليلا على أن المرونة الرقمية هي الضامن الحقيقي لاستمرارية تلبية الاحتياجات في زمن الأزمات.

4.5.1. الفجوات البحثية ومبررات الدراسة الحالية

على الرغم من الثراء المعرفي الواضح في هذه الدراسات، تبرز جملة من الفجوات البحثية منها ما يرتبط بندرة الدراسات الطولية التي تمتد على عشر سنوات متتالية، وغياب دراسات الحالة العميقة التي تغوص في حالة واحدة بمستوى تفصيلي دقيق، كما يوجد قصور التكامل بين أبعاد الاستدامة الثلاثة في نموذج تفسيري موحد وكذلك محدودية التوثيق الكمي المرتب زمنيا بمصادر أولية، وتسعى الدراسة الحالية إلى معالجة هذه الفجوات مجتمعة، مستعيرة من الدراسات السابقة مفاهيمها الأساسية ومختبرها إياها في بيئة ميدانية حقيقية هي شركة نوفارتيس.

2. الأدبيات النظرية: الأتمتة الكاملة والاستدامة الدوائية

1.2. الأتمتة الكاملة في الصناعة الدوائية

لا يجسد مصطلح الأتمتة الكاملة في سياق الصناعة الدوائية مجرد استبدال العامل البشري بالآلة، بل يعبر عن نقلة نوعية في بنية المنظومة الانتاجية ذاتها، تتمثل في انتقالها من نموذج "التنفيذ المبرمج" إلى نموذج "الذكاء التشغيلي" الذي تملك فيه المنظومة قدرة على الإدراك والتشخيص والتكيف في الوقت الفعلي، وهذا التمييز جوهري في قطاع يعتمد فيه مصير المريض على هامش خطأ لا يتجاوز أجزاء من المليليغرام.

1.1.2. المصنع الذكي والأنظمة السيبرانية-الفيزيائية

يقوم المصنع الذكي في نسخته الدوائية المتقدمة على دمج متشعب بين طبقة فيزيائية (خطوط الانتاج والروبوتات) وطبقة سيبرانية (خوارزميات الذكاء الاصطناعي وشبكات التواصل الرقمي) ويصف (Majstorovic 2025, pp. 67-68) هذا الدمج بأنه يبلغ مرحلة "الحوكمة الذاتية" حيث تتبادل الأجهزة البيانات عبر بروتوكول OPC-UA وتتخذ القرارات الانتاجية المعقدة دون تدخل بشري فوري، ومن أبرز تجليات هذا الجيل من المصانع تقنية التوأمة الرقمية التي تتيح اختبار أي تعديل في صيغة الدواء على النموذج الحاسوبي قبل تطبيقه الفعلي، محولة منطق ضبط الجودة من "الكشف بعد الحدوث" إلى "الوقاية قبل الحدوث" (Maulana & Arief, 2025, pp. 4268-4269).

2.1.2. الذكاء الاصطناعي وضبط الجودة 4.0

يطرح (Tailor & Chauhan 2025, pp. 2-3) مفهوم "الجودة 4.0" بوصفه النقلة الأحدث في حقل ضبط الجودة الدوائية، إذ تتكامل فيه تقنيات الرؤية الحاسوبية مع تحليلات البيانات الضخمة لتوليد نظام رقابة ذاتي يحول الجودة من مرحلة تالية للإنتاج إلى خاصية متضمنة في صميم العملية ذاتها، وهو ما يعرف بـ الجودة عبر التصميم، كما يوضح (Iqbal et al. 2025, pp. 2-3) أن الشبكات العصبية العميقة باتت قادرة على التنبؤ بملفات إطلاق المواد الفعالة بدقة تفوق التجريب اليدوي في كثير من الحالات.

3.1.2. نضج الأتمتة: نموذج مستويات التدرج

يقدم (Majstorovic 2025, pp. 65-70) نموذجاً تدرجياً لنضج الأتمتة يبدأ من التشغيل الآلي البسيط (المستوى الأول) وصولاً إلى المصنع ذاتي التكيف (المستوى الخامس).

ويخلص (Gandu et al. 2023, pp. 607-610) إلى أن الأتمتة عند مستوياتها العليا تولد "استدامة الأداء القابل للتكرار" إذ تضمن مستوى جودة ثابت لا ينحرف بمرور الوقت، مما يقلص تكاليف إعادة التشغيل وخسائر سحب المنتجات من السوق.

2.2. الاستدامة الدوائية

الاستدامة في القطاع الدوائي تشمل استدامة الوصول الدوائي وعدالة التوزيع، فضلاً عن الاستدامة المالية التي تضمن للمنظمة القدرة على الابتكار على المدى البعيد، وتقدم (Muthoni 2025, pp. 43-46) مقارنة تربط الاستدامة البيئية بمبادئ الكيمياء الخضراء الاثني عشر، مؤكدة أن الاستدامة الحقيقية تبدأ عند لحظة التصميم الجزئي للدواء ذاته لا عند مرحلة معالجة النفايات، كما يكشف (Kerr & Cole 2022)

2-7 pp. أن التصنيع المستمر المدعوم بالأتمتة يخفض مؤشر كثافة كتلة العملية (PMI) بنسب تتراوح بين 30% و50% مقارنة بالانتاج التقليدي.

3.2. جدلية العلاقة: الأتمتة متغيراً مستقلاً متعدد المسارات

يمكن تلخيص العلاقة بين الأتمتة الكاملة والاستدامة الدوائية في نموذج تفسيري يقول بأن الأتمتة تعمل عبر ثلاثة مسارات متوازية: المسار التقني الذي يخفض الهدر الكيميائي ويحسن كفاءة الطاقة مباشرة والمسار المعلوماتي الذي يوفر بيانات دقيقة تجعل الاستدامة قابلة للقياس والتتبع، والمسار الاستراتيجي الذي يمنح المنظمة مرونة الاستجابة لمتطلبات الاستدامة المتغيرة دون تعطيل الانتاج، حيث يطرح Ismail Yaziz 2025, pp. 69-73 (& Abu) هذا المفهوم بتسميته "الممكن الأخضر"، مؤكداً أن الأتمتة هي ما يجعل الاستدامة قابلة للمساءلة.

4. تحليل تجربة نوفارتيس ومناقشة النتائج

1.4. التعريف بالشركة

تعد شركة نوفارتيس (Novartis AG) من كبرى الشركات الدوائية العالمية ومقرها بازل السويسرية تأسست عام 1996 إثر اندماج Ciba-Geigy و Sandoz. وفي أكتوبر 2023 أتمت فصل قسم Sandoz بوصفه شركة مستقلة مدرجة، لتتفرغ لابتكار الأدوية عالية القيمة العلاجية وتصنيعها عبر أكثر من 120 دولة، بإنفاق سنوي على البحث والتطوير يتجاوز 9 مليار دولار (Novartis AG, 2023, p. 5).

2.4. مراحل التحول نحو الأتمتة الكاملة (2015-2024)

1.2.4. المرحلة الأولى (2015-2017): إرساء البنية التحتية

انصب التركيز في هذه المرحلة على بناء الأسس التنظيمية للتحول، ففي 2016 أنشئت وحدة تطوير الدواء العالمية (Global Drug Development Unit) لتسريع الانتقال من الاكتشاف المختبري إلى التجارب السريرية (Novartis AG, 2016, p. 6)، وفي 2017 جسد التحول الإداري الأكثر دلالة بتعيين أول مسؤول تنفيذي رقمي في تاريخ الشركة، مع توجيه الاستثمارات نحو بناء مراكز الخدمات في خمسة مراكز خدمة عالمية (Novartis AG, 2019, p. 48).

2.2.4. المرحلة الثانية (2018-2020): انطلاق الذكاء الاصطناعي وعلوم البيانات

في 2019 أعلن الرئيس التنفيذي ناراسيمهان عن 12 مشروعاً لنشر التقنيات الرقمية وتحليل البيانات (Novartis AG, 2019, p. 7)، وشكل وباء كوفيد-19 عام 2020 اختباراً حقيقياً لمتانة هذه البنية، إذ نجحت الشركة في الحفاظ على مسار غالبية التجارب السريرية عبر المتابعة عن بعد، محققة مبيعات صافية بلغت 48.7 مليار دولار رغم ظروف الجائحة الاستثنائية (Novartis AG, 2020, pp. 4-14).

3.2.4. المرحلة الثالثة (2021-2022): دمج الذكاء الاصطناعي في العمليات

في 2021 دشن تطبيق Al Nurse بالتعاون مع Tencent لمساعدة مرضى القلب على إدارة حالتهم ذاتياً ليتجاوز عدد مستخدميه 300,000 مريض و5,000 طبيب في الصين وحدها (Novartis AG, 2021, p. 35) وفي 2022 اكتملت مراجعة 100% من السياسات والضوابط في مجال الذكاء الاصطناعي وفق اشتراطات حقوق الانسان (Novartis AG, 2022).

4.2.4. المرحلة الرابعة (2023-2024): الأتمتة الشاملة وتعميق الذكاء الاصطناعي

تمثل هذه المرحلة ذروة المسيرة التحولية، إذ دمج الذكاء الاصطناعي بعمق في تقييم الجزيئات الجديدة وتسريع دورات تطوير الأدوية (Novartis AG, 2024, p. 4). متزامنا مع اكتمال فصل Sandoz وانعكاسه الفوري على الكفاءة التشغيلية.

3.4. تحليل الأداء المالي: العلاقة بين الأتمتة والنتائج الكمية

الجدول 1: تطور المبيعات الصافية لنوفارتيس (2019-2024)

السنة	المبيعات الصافية (مليار \$)	معدل النمو (%)
2019	47.4	9%+
2020	48.7	3%+
2021	51.6	6%+
2022	50.5	2%- (4%+ ثابت)
2023	45.4	8%+ (بعد فصل قسم Sandoz)
2024	50.3	11%+

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على التقارير السنوية لنوفارتيس (Novartis AG, 2019-2024).

تكشف بيانات الجدول 1 الأول عن اتجاه تصاعدي واضح في المبيعات الصافية مع تصاعد الاستثمار في الأتمتة، ولا سيما أن نمو 8% و 11% المسجلين عامي 2023 و 2024 جاء في سياق تركيز أشد وأكثر إثر استبعاد قسم Sandoz مما يعني أن الأداء الفعلي للمنتجات المبتكرة المدعومة بالأتمتة يفوق ما تشير إليه الأرقام المطلقة.

الجدول 2: تطور الاستثمار في البحث والتطوير (2022-2024)

السنة	الإنفاق على البحث والتطوير	نسبته من المبيعات
2022	~ 9 مليار \$	19.9%
2023	~ 11.4 مليار \$	25.0%
2024	10 مليار \$ (أساسي: 9.3 مليار)	18.5%

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على التقارير السنوية لنوفارتيس (Novartis AG, 2022-2024).

يكشف الجدول 2 عن أحد أبرز مكاسب الأتمتة: إنخفاض نسبة الإنفاق على البحث والتطوير من المبيعات من 25% عام 2023 إلى 18.5% عام 2024 رغم الزيادة الكبيرة في المبيعات، وهو ما يعكس قدرة الأتمتة على تحسين كفاءة الإنفاق بحيث ينتج كل دولار مستثمر قيمة أعلى (Novartis AG, 2024, p. 46).

4.4. الأداء البيئي: الأتمتة ممكنة أخضر

الجدول 3: تطور مؤشرات الأداء البيئي لنوفارتيس (2015-2024)

المؤشر	الهدف المعلن	الإنجاز الفعلي
الحياد الكربوني التشغيلي	2025	تحقق منذ 2020
خفض انبعاثات Scope 1&2	%50	49% (2022)
خفض استهلاك المياه	%50	42% (2022)
خفض النفايات	%50	56% (2021) — تجاوز الهدف
الحياد الكربوني عبر سلسلة القيمة	2030	في مسار التنفيذ

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على التقارير السنوية لنوفارتيس (2024-Novartis AG, 2020).

تتجلى دلالة هذه الأرقام في الجدول 3 في حقيقة أن نوفارتيس حققت الحياد الكربوني في عملياتها التشغيلية بحلول عام 2020، متجاوزة هدفها المعلن لعام 2025 بخمس سنوات كاملة، ويتوافق هذا الإنجاز مع ما يخلص إليه (Ismail & Abu Yaziz, 2025, pp. 70-73) من أن الأتمتة الكاملة لأنظمة التحكم البيئي تتيح ضبط استهلاك الطاقة بناء على الحاجة الانتاجية الفعلية لا وفق جداول ثابتة مبرمجة مسبقاً.

5.4. القيمة الاجتماعية: الأتمتة في خدمة المريض

يمثل محور الوصول إلى الدواء الأثر الاجتماعي المباشر للأتمتة في القطاع الدوائي، إذ أن التوسع في الطاقة الانتاجية عبر الأتمتة يعني قدرة أعلى على توفير الأدوية لشرائح أوسع من المرضى.

الجدول 4: تطور عدد المرضى المستفيدين من منتجات نوفارتيس

السنة	عدد المرضى المستفيدين	ملاحظة
2021	766 مليون مريض	منهم 56 مليون عبر برامج الوصول
2024	296 مليون مريض	نوفارتيس المركزة بعد فصل ozSand

المصدر: من إعداد الباحثين بالاعتماد على التقارير السنوية لنوفارتيس (2024-Novartis AG, 2021).

من خلال الجدول 4 وفي سياق أكثر دلالة على أثر الأتمتة، تستهدف نوفارتيس بلوغ 300 مليون مريض بعلاجاتها المبتكرة، في حين يعالج نحو 10 ملايين مريض حول العالم حالياً بدواء Entresto لقصور القلب ويتابع ما يزيد على 1.7 مليون مريض بمنتجاتها في ثمانية مؤشرات علاجية مختلفة (Novartis AG, 2024) والأتمتة هنا هي المحرك الخفي الذي يتيح هذا الحجم من الانتاج والتوزيع عبر 120 دولة.

يكشف تطبيق AI Nurse عن النموذج الأكثر وضوحاً في تجسيد القيمة الاجتماعية للأتمتة، إذ يتيح توسيع نطاق الرعاية الصحية بتكلفة هامشية منخفضة دون الحاجة إلى تضخيم الطاقم الطبي بصورة متناسبة مع أعداد المرضى، وبالمثل يجسد دواء Kymriah علاج CAR-T المخصص لكل مريض نموذجاً لا يمكن وجوده صناعياً دون أتمتة متقدمة تضمن جودة كل وحدة انتاج منفردة. (Novartis AG, 2021, p. 35)

(Mohammed et al., 2025, pp. 1-2).

6.4. نماذج تطبيقية رائدة في الأتمتة الشاملة

1.6.4. نموذج AI Nurse: الذكاء الاصطناعي في خدمة مرضى القلب

يقدم تطبيق AI Nurse حالة تطبيقية ناجحة لدمج الأتمتة والذكاء الاصطناعي في الرعاية الصحية ما بعد العلاج، طور بالشراكة مع Tencent، ويعمل التطبيق على مساعدة المرضى في مراقبة مؤشراتهم الصحية وإدارة تطور الأمراض القلبية الوعائية آلياً، مع تنبيه فريق الرعاية الصحية في حالات التدهور، وقد كشفت التقارير السنوية أن عدد مستخدمي التطبيق نما ليتجاوز 300,000 مريض و5,000 طبيب في الصين وحدها في عام 2021 (Novartis AG, 2021, p. 35)، هذا النموذج يعيد تعريف مفهوم الاستدامة الصحية حيث بدلا من زيادة الطاقم الطبي بصورة متناسبة مع أعداد المرضى، تتيح الأتمتة توسيع نطاق الرعاية الصحية بتكلفة هامشية منخفضة.

2.6.4. نموذج Novartis Business Services: أتمتة الخدمات المشتركة

مثلت وحدة Novartis Business Services (NBS) أحد أكثر مشاريع الأتمتة التنظيمية إنجازا صممت هذه الوحدة لنقل الأنشطة التشغيلية التكرارية من تقنية المعلومات وخدمات العقارات والمشتريات والخدمات المالية إلى خمسة مراكز خدمة عالمية متخصصة، حيث تعالج هذه الأنشطة بدرجة عالية من الأتمتة والتوحيد (Novartis AG, 2020)، وفي عام 2019 أعلنت نوفارتيس عزمها نقل القدرات الإدارية لا التنفيذية فحسب إلى هذه المراكز ضمن موجة ثانية من الأتمتة المؤسسية (Novartis AG, 2019, p. 48).

3.6.4. نموذج التجارب السريرية الرقمية: الصمود في زمن الأزمات

كشف وباء كوفيد-19 عن درجة نضج الأتمتة في إدارة التجارب السريرية في نوفارتيس، حين أغلقت الجائحة المراكز البحثية في مختلف أرجاء العالم، ونجحت الشركة في الحفاظ على مسار الغالبية العظمى من تجاربها السريرية سليما، مستعينة بتقنية المتابعة عن بعد لضمان سلامة المرضى واستمرارية جمع البيانات (Novartis AG, 2020, p. 4)، ويمثل ذلك نموذجا تطبيقيا بارزا يثبت أن الأتمتة في التجارب السريرية لم تعد رفاهية تقنية، بل ضرورة تشغيلية لضمان استمرارية الابتكار في ظل الأزمات.

4.6.4. التحول إلى الاستدامة الهيكلية: فصل Sandoz نموذجا للأتمتة الاستراتيجية

في عام 2022، أطلقت نوفارتيس خطتها لفصل قسم Sandoz للأدوية الجينية والبيوسيميلار وطرحه شركة مستقلة، اكتملت هذه العملية في أكتوبر 2023، وهي في جوهرها قرار استراتيجي يركز على الأتمتة والاستدامة معا (Novartis AG, 2023, p. 4)، فبدلا من محاولة أتمتة نماذجين للأعمال متباينين جوهريا اختارت نوفارتيس تركيز مواردها التقنية والرقمية على نموذج عمل واحد: الدواء المبتكر عالي القيمة. وقد أسفر هذا القرار عن قفزة في هامش الربح التشغيلي من نحو 33% عام 2022 إلى 38.7% عام 2024 وهو دلالة كبيرة على أن الأتمتة الاستراتيجية حين توجه نحو هيكلة العمل الأمثل تضاعف عوائدها على الكفاءة والاستدامة (Novartis AG, 2024, p. 5).

7.4. مؤشرات الأداء البيئي والاجتماعي والحوكمة (ESG) وعلاقتها بالأتمتة

أسهمت الأتمتة بصورة مباشرة في تحسين تصنيفات نوفارتيس في مؤشرات الحوكمة البيئية والاجتماعية (ESG)، فقد أشار تقرير 2021 إلى تحسن ملحوظ في هذه التصنيفات وتصدرت الشركة المرتبة

الثانية عالميا في مؤشر Access to Medicine Index (Novartis AG, 2021, p. 8).

وتنبثق هذه التصنيفات المتميزة من ثلاثة عوامل مترابطة، أولها إصدار سند مرتبط بمعايير الاستدامة (Sustainability-Linked Bond) الذي أعلنته الشركة في 2020، مما ربط قدرتها على تمويل نفسها من الأسواق بأدائها البيئي (Novartis AG, 2020)، وكذلك عامل تحقيق الأهداف البيئية قبل مواعيدها بفضل كفاءة الأتمتة، واعتماد حوكمة الذكاء الاصطناعي الأخلاقية التي أسستها الشركة عام 2022 باعتبارها نموذجا رائدا في القطاع (Novartis AG, 2022).

8.4. تحليل الفجوات والتحديات التطبيقية

لا تخلو مسيرة الأتمتة في نوفارتيس من تحديات حقيقية تستحق الرصد الموضوعي، فقد كشفت التقارير السنوية عن جملة من المخاطر التي ترافق هذا التحول:

1.8.4. مخاطر التحول الرقمي والاعتماد التقني

صرح تقرير 2020 بوضوح: لا يزال غير مؤكد ما إذا كانت جهودنا في التحول الرقمي ستنتج، وما إذا كنا سندستطيع تنفيذها ضمن ميزانيتنا أو في الإطار الزمني المتوقع (Novartis AG, 2020, p. 88). هذه الصراحة المؤسسية في الإقرار بعدم اليقين تعكس نضجا في تقييم المخاطر، لا ضعفا في التنفيذ.

2.8.4. استقطاب الكفاءات المتخصصة

أشارت التقارير المتعاقبة من 2022 فصاعدا إلى أن سوق المواهب الماهرة بات تنافسيا بشكل متصاعد وأن الشركة تواجه تحديا متصاعدا في استقطاب الكفاءات في مجالات علم الأحياء والكيمياء وتطوير الأدوية وتقنية المعلومات (Novartis AG, 2022, p. 91).

3.8.4. تعقيدات التصنيع المؤتمت للعلاجات المتقدمة

في ظل تعقيد متطلبات التصنيع لمنتجات كـ Zolgensma و Kymriah، يشكل الجمع بين الأتمتة والجودة الصارمة تحديا ثابتا، إذ أن التعقيدات المتأصلة في عمليات التصنيع لمنصات العلاجات المتقدمة تستلزم التخطيط للانتاج قبل وقت كاف (Novartis AG, 2024, p. 72).

9.4. نحو نموذج مقترح لاستدامة الصناعة الدوائية

توفر تجربة نوفارتيس على امتداد عقد كامل (2015-2024) أدلة تجريبية غنية تجيز استخلاص نموذج تطبيقي متكامل لدور الأتمتة في تحقيق استدامة الصناعة الدوائية، يقوم هذا النموذج على خمس ركائز:

1.9.4. ربط الأتمتة بالأهداف الاستراتيجية لا التشغيلية فحسب

نجاح نوفارتيس في الربط بين الأتمتة والأهداف البيئية (الحياد الكربوني)، والأهداف الاجتماعية (توسيع وصول المرضى)، والأهداف المالية (تحسين الهامش)، يقدم نموذجا للأتمتة المتكاملة بدلا من الأتمتة الجزئية (Novartis AG, 2022; Novartis AG, 2024).

2.9.4. الأتمتة كمحرك للمرونة التشغيلية

ثبت هذا المبدأ بقوة ابان جائحة كوفيد-19، حيث أتاحت الأتمتة الاستمرار في التجارب السريرية والانتاج والاطلاقات التسويقية رغم الظروف الاستثنائية (Novartis AG, 2020, p. 7).

3.9.4. التدرج في التطبيق

لم تنطلق نوفارتيس دفعة واحدة، بل عبر مراحل متدرجة من البنية التحتية (2015-2017)، إلى النشر الموسع (2018-2020)، إلى التكامل الكامل (2021-2024)، مما أتاح لها التعلم والتصحيح بصورة مستمرة.

4.9.4. الحوكمة الأخلاقية للأتمة

إدراج معايير حقوق الإنسان في حوكمة الذكاء الاصطناعي عام 2022 يشير إلى أن الاستدامة المنشودة تشمل الاستدامة الاجتماعية للتقنية ذاتها (Novartis AG, 2022).

5.9.4. إعادة تعريف موقع الإنسان في المنظومة المؤتممة

لم تنتهج نوفارتيس نهج الإحلال الكامل للعمال البشرية، بل نموذج إعادة توزيع الأدوار، حيث تتولى الأتمة المهام التكرارية، فيما يتخصص الإنسان في الابداع والابتكار والمهام عالية القيمة المعرفية (Novartis AG, 2019-2024).

5. الخاتمة

خلصت هذه الدراسة إلى أن الأتمة الكاملة في الصناعة الدوائية لم تعد مجرد خيار تكنولوجي لزيادة الإنتاج، بل أصبحت رافعة استراتيجية وممكنة أخضر يحقق الاستدامة بأبعادها الثلاثة، فقد أثبتت تجربة نوفارتيس (2015-2024) أن الانتقال إلى نموذج المصنع الذكي والذكاء التشغيلي سمح بتحقيق الحياد الكربوني قبل خمس سنوات من الموعد المستهدف، مع رفع كفاءة الإنفاق على البحث والتطوير وزيادة الهوامش الربحية، كما بينت الدراسة أن الأتمة تضمن استدامة الوصول الدوائي للمرضى عبر توفير علاجات متقدمة ومعقدة بجودة عالية وتكلفة مستدامة، مما يجعلها الضامن الحقيقي للقدرة على الابتكار المستمر في ظل التحولات العميقة التي يشهدها القطاع الدوائي العالمي.

1.5. نتائج الدراسة

كما خلصت هذه الدراسة إلى جملة من النتائج الجوهرية يمكن تصنيفها على عدة مستويات:

على مستوى الإطار النظري: أثبت النموذج التفسيري المعتمد أن الأتمة الكاملة تعمل عبر ثلاث مسارات متوازنة (تقني، معلوماتي واستراتيجي) لتؤثر في الاستدامة الدوائية عبر أبعادها الثلاثة في آن معا، وهو ما يتجاوز التصور التقليدي الذي يختزل العلاقة في بعد الكفاءة الانتاجية فحسب.

على مستوى البعد الاقتصادي: ارتفع هامش الربح التشغيلي من 33% عام 2022 إلى 38.7% عام 2024 وبلغت المبيعات الصافية 50.3 مليار دولار بنمو 11%، مع أعلى معدل لتدفق النقد الحر في تاريخ الشركة (16.3 مليار دولار).

على مستوى البعد البيئي: حققت نوفارتيس الحياد الكربوني في عملياتها التشغيلية عام 2020 متجاوزة هدف 2025 بخمس سنوات، وخفضت انبعاثات Scope 1&2 بنسبة 49% وتجاوزت هدف خفض النفايات بنسبة 56% عام 2021.

على مستوى البعد الاجتماعي: وسعت الشركة رقعة المرضى المستفيدين إلى مئات الملايين، وجعلت علاجات متقدمة ك Kymriah و Zolgensma قابلة للإنتاج الصناعي والتوزيع الواسع عبر الأتمة.

2.5. التوصيات

- في ضوء النتائج، توجه الدراسة جملة من التوصيات لصانعي القرار في المنظمات الدوائية:
- تبني مقارنة الأتمتة المتدرجة وفق نموذج النضج الرقمي بدلا من الاستثمار العشوائي في التقنيات المنفردة.
 - ربط مؤشرات الاستدامة البيئية والاجتماعية بأنظمة البيانات الآلية منذ مرحلة التصميم لا في مرحلة التقارير.
 - الاستثمار المبكر في الأتمتة لأن التأخر في التبني يولد تكلفة مضاعفة (تكلفة الفرص الضائعة وتكلفة التكيف المتعجل).
 - مراجعة نماذج الأعمال وتركيز الموارد التقنية على قطاعات الأعمال ذات القيمة العالية، كما فعلت نوفارتيس بفصل Sandoz.

3.5. حدود الدراسة و آفاق البحث المستقبلي

- تقر هذه الدراسة صراحة بجملة من الحدود المنهجية التي ينبغي مراعاتها عند تأويل نتائجها:
- الاقتصار على حالة واحدة (نوفارتيس) يضعف قابلية التعميم وإن كان مبررا منهجيا من حيث عمق التحليل الطولي، فما ينجح في شركة من هذا الحجم قد لا يكون قابلا للتطبيق بالصورة ذاتها في المنظمات الدوائية المتوسطة والصغيرة .
 - يعتمد التحليل بصورة رئيسية على ما تفصح عنه الشركة في تقاريرها الرسمية، مما يجعله عرضة لتحيز الإفصاح المؤسسي الذي يميل بطبيعته إلى إبراز الإنجازات وتلطيف الإخفاقات.
 - يتعذر عزل أثر الأتمتة تحديدا عن جملة المتغيرات الاستراتيجية الأخرى كالقرارات التسعيرية وديناميكيات السوق وتطور البيئة التنظيمية .
 - لا تتناول الدراسة التكاليف الاجتماعية المحتملة للأتمتة المتمثلة في إعادة هيكلة القوى العاملة، وهو ما يستحق بحثا مستقلا.

وفي ضوء هذه الحدود، تقترح الدراسة المسارات البحثية الآتية:

- دراسات مقارنة تشمل شركات دوائية من بيئات جغرافية وتنظيمية مختلفة لاختبار قابلية تعميم النموذج .
- بحوث كمية تستخدم نماذج الانحدار لقياس العلاقة بين مؤشرات النضج الرقمي ومؤشرات الأداء المستدام.
- دراسات نوعية تستجلي كيفية استعداد الشركات المتوسطة للولوج إلى عصر الأتمتة الكاملة دون تعريض استمراريتهما للخطر.

6. المراجع

- Erisa, K. (2025). Automation in Drug Manufacturing: Ensuring Quality and Safety. Research

- Invention Journal of Scientific and Experimental Sciences, 5(1), 57-61.
- Gandu, K., et al. (2023). Automation and Operational Sustainability in Pharmaceutical Production. *Journal of Pharmaceutical Engineering*, 45(5), 606-610.
 - Gomaa, A. H. (2025). SCM 4.0 Excellence: A Strategic Framework for Smart and Competitive Supply Chains. *International Journal of Management and Humanities (IJMH)*, 11.(8)
 - Gowda, Y. B. A., & Tamizharasi, D. (2025). Industry 4.0 and supply chain sustainability in the pharmaceutical industry. *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, 27(6), 01-06.
 - Iqbal, S., et al. (2025). Deep Neural Networks in Pharmaceutical Formulation Design. *Journal of Computational Drug Design*, 12(3), 2-3.
 - Ismail, N., & Abu Yaziz, M. F. (2025). Enhancing Environmental Sustainability and Operational Performance in Pharmaceutical Manufacturing: The Role of Technology Adoption. *M.S. Ramaiah Management Review*, 16(3), 68-76.
 - Kerr, M. S., & Cole, K. P. (2022). Sustainability case studies on the use of continuous manufacturing in pharmaceutical production. *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 5, 100279.
 - Kumar, B., & Arrawatia, A. (2025). Digital transformation in pharmaceutical quality systems: Leadership challenges and opportunities. *Journal of Advanced Interdisciplinary Studies*, 1(7), 121-135.
 - Majstorovic, V. D. (2025). Towards a smart factory in the pharmaceutical industry. *Journal of Engineering Management and Competitiveness (JEMC)*, 15(1), 65-75.
 - Maulana, A., & Arief, M. (2025). Digital Maturity and Quality Prediction in Smart Pharmaceutical Factories. *Technological Forecasting and Social Change*, 201, 4268-4270.
 - Miozza, M. (2025). Digital Transformation of Pharmaceutical Industry [Doctoral dissertation, LUISS University].
 - Mohammed, A., et al. (2025). Full Automation in CAR-T Cell Therapy Manufacturing. *Bioengineering & Translational Medicine*, 10(2), 1-2.
 - Muthoni, P. (2025). Green Chemistry Principles and Pharmaceutical Sustainability. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 18(1), 43-46.
 - Novartis AG. (2015-2024). Annual Reports 2015-2024. Basel, Switzerland: Novartis International AG.
 - Papalexi, M., Vafadarnikjoo, A., Bamford, D., & Dehe, B. (2025). Developing pharmaceutical supply chain resilient capabilities: the role of Industry 4.0 technologies. *Supply Chain Management: An International Journal*.

- Tailor, D., & Chauhan, R. (2025). Quality 4.0 in Pharmaceutical Manufacturing: Computer Vision and Big Data. *Journal of Pharmaceutical Quality Assurance*, 14(2), 2-4.
- Tetteh-Caesar, M. G., Gupta, S., Salonitis, K., & Jagtap, S. (2024). Implementing lean 4.0: a review of case studies in pharmaceutical industry transformation. *Technological Sustainability*, 3(3), 354-372.
- Uddin, M., et al. (2025). AI-Driven Paperless Manufacturing and Regulatory Compliance in the Pharmaceutical Industry. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 133, 48-50.