

دور التكنولوجيا الخضراء في المؤسسات الناشئة في تحقيق أهداف التنمية المستدامة: دراسة تحليلية

قرفي أسماء *

جامعة 20 أوت 1955 - سكيكدة (الجزائر)، a.guerfi@univ-skikda.dz

* قرفي أسماء

تاريخ النشر: 2025/03/20

تاريخ القبول: 2025/02/08

تاريخ الاستلام: 2025/01/27

ملخص:

تستكشف هذه الدراسة دور التكنولوجيا والابتكارات الخضراء في المؤسسات الناشئة وتأثيرها على تحقيق أهداف التنمية المستدامة. باستخدام المنهج الوصفي التحليلي وأداة تحليل SWOT، تم تحليل ثلاث مؤسسات ناشئة رائدة: Ecorobotics في الزراعة، Heliogen في الطاقة الشمسية، وVolocopter في النقل الكهربائي. ركزت الدراسة على الانجازات الخضراء لهذه المؤسسات العالمية منذ نشأتها. وأظهرت النتائج مساهمة كبيرة لهذه المؤسسات في الابتكار التكنولوجي الأخضر، مع وجود طلب عالمي متزايد على حلولها. ومع ذلك، تواجه هذه المؤسسات تحديات مشتركة كالتكاليف المرتفعة والقيود التنظيمية. كما أبرزت الدراسة أهمية الدعم الحكومي والمؤسسي لنجاح هذه المبادرات، وأكدت على تأثيرها الإيجابي في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، خاصة في مجالات الطاقة النظيفة والابتكار والعمل المناخي. خلصت الدراسة إلى ضرورة تعزيز البيئة الداعمة لهذه المؤسسات الناشئة لتعظيم مساهمتها في بناء مستقبل أكثر استدامة، موصية بزيادة الاستثمار في البحث والتطوير وتطوير أطر تنظيمية داعمة وتشجيع الشراكات بين القطاعين العام والخاص لدفع عجلة الابتكار في مجال التكنولوجيا الخضراء.

الكلمات المفتاحية: التكنولوجيا الخضراء، التنمية المستدامة، المؤسسات الناشئة.

تصنيف (JEL): Q55، Q01، M13، L26.

The Role of Green Technology in Startups in Achieving Sustainable Development Goals: An Analytical Study

Guerfi ASSMA*

University of 20 August 1955 -Skikda (ALGERIA), a.guerfi@univ-skikda.dz

* Corresponding author

Received:27/01/2025

Accepted: 08/02/2025

Published:20/03/2025

Abstract:

This study explores the role of green technology and innovations in startups and their impact on achieving sustainable development goals. Using a descriptive analytical approach and SWOT analysis tool, three leading startups were analyzed: Ecorobotics in agriculture, Heliogen in solar energy, and Volocopter in electric transportation. The study focused on the green products of these global companies since their inception. Results showed a significant contribution of these startups to green technological innovation, with increasing global demand for their solutions. However, these companies face common challenges such as high costs and regulatory constraints. The study also highlighted the importance of governmental and institutional support for the success of these initiatives and confirmed their positive impact on achieving sustainable development goals, especially in the areas of clean energy, innovation, and climate action. The study concluded that there is a need to enhance the supportive environment for these startups to maximize their contribution to building a more sustainable future, recommending increased investment in research and development, development of supportive regulatory frameworks, and encouragement of public-private partnerships to drive innovation in green technology.

Keywords:Green technology, sustainable development, startups.

JEL classification:Q55, Q01,M13,L26.

1. مقدمة

في ظل التحديات البيئية المتزايدة والحاجة الملحة لتحقيق أهداف التنمية المستدامة، برز دور التكنولوجيا الخضراء كعامل رئيسي في مواجهة هذه التحديات، وتعد المؤسسات الناشئة محركاً أساسياً في مجال التكنولوجيا الخضراء للابتكار والتغيير في هذا القطاع الحيوي. تسعى هذه المؤسسات إلى تقديم حلول مبتكرة ومستدامة لمشكلات بيئية معقدة، مع المساهمة في النمو الاقتصادي وخلق فرص عمل جديدة. وما يميز المؤسسات الناشئة هو قدرتها على التكيف السريع مع التغيرات التكنولوجية والسوقية، مما يجعلها في وضع فريد لقيادة التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة. ومع ذلك قد تواجه تحديات متعددة بما في ذلك الحاجة إلى رأس مال كبير؛ والعقبات التنظيمية؛ والمنافسة من المؤسسات الكبرى الناشئة وغيرها. ومن هذا المنطلق فإن إشكالية بحثنا تدور حول التساؤل الرئيسي التالي:

➤ ما مدى مساهمة المؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء في تحقيق أهداف التنمية المستدامة؟
من أجل الإجابة على التساؤل الرئيسي سنحاول الإجابة على التساؤلات الفرعية التالية:

1. ما علاقة التكنولوجيا الخضراء بالمؤسسات الناشئة؟
2. كيف تساهم المؤسسات الناشئة في تطوير حلول مبتكرة للتحديات البيئية وتحقيق أهداف التنمية المستدامة؟
3. ما هي أهم التحديات التي تواجه المؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء؟

فرضيات البحث: انطلاقاً من التساؤل الرئيسي والتساؤلات الفرعية يمكن صياغة الفرضيات التالية:

1. تلعب التكنولوجيا الخضراء دوراً هاماً في تعزيز الابتكار داخل المؤسسات الناشئة من خلال توفير حلول مستدامة للتحديات البيئية؛
2. تساهم المؤسسات الناشئة في تطوير تقنيات ومنتجات صديقة للبيئة تدعم التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة وتساعد في تحقيق أهداف التنمية المستدامة؛
3. تواجه المؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء تحديات كبيرة تتعلق بتمويل المشاريع والعقبات التنظيمية والمنافسة من المؤسسات الكبرى.

هدف البحث: يهدف هذا البحث إلى تحليل وتقييم مساهمة المؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، وتحديد العوامل الرئيسية التي تؤثر على نجاحها وفعاليتها في هذا المجال.

منهجية البحث: يعتمد البحث على المنهج الوصفي التحليلي، مستخدماً أداة تحليل SWOT لدراسة حالة ثلاث مؤسسات ناشئة رائدة في مجال التكنولوجيا الخضراء. وذلك بالاعتماد على الخطة التالية:

1. مقدمة؛
2. المراجعات الأدبية والدراسات السابقة؛
3. تحليل SWOT للمؤسسات الناشئة الخضراء في قطاعات الزراعة؛ النقل والطاقة؛
4. خلاصة؛
5. المراجع.

2. المراجعات الأدبية والدراسات السابقة:

في هذا القسم، سنستعرض المراجعات الأدبية والدراسات السابقة المتعلقة بالتكنولوجيا الخضراء والمؤسسات الناشئة وعلاقتها بأهداف التنمية المستدامة. سنبدأ بتحديد المفاهيم الأساسية، ثم ننقل إلى استكشاف العلاقات بين هذه المجالات؛ والمقارنة بين المؤسسات التقليدية والناشئة الخضراء، وصولاً إلى مساهمة التكنولوجيا الخضراء في تحقيق أهداف التنمية المستدامة.

1.2. مفهوم التكنولوجيا الخضراء وعلاقتها بالمؤسسات الناشئة:

عرف (Carrillo-Hermosilla et al., 2010, PP. 02,03) التكنولوجيا الخضراء بأنها "التقنيات التي تساهم في الحفاظ على البيئة من خلال تقليل التأثير السلبي على الموارد الطبيعية وتقديم حلول بيئية مبتكرة"، ويشمل ذلك إنتاج السلع والخدمات لقياس ومنع وتقليل أو تصحيح الضرر البيئي للمياه والهواء والتربة، بالإضافة إلى المشاكل المتعلقة بالنافايات والوضوء والنظم الإيكولوجية. ويتجه (Hansen & Klewitz, 2014, P. 64) بهذا التعريف ليشمل دور التكنولوجيا الخضراء في الابتكار المستدام، حيث يعرفون التكنولوجيا الخضراء بأنها "مجموعة من الابتكارات التكنولوجية التي تهدف إلى تقليل التأثير البيئي وتعزيز الكفاءة في استخدام الموارد الطبيعية"، كما يؤكدان أن هذه التقنيات تلعب دوراً رئيسياً في دعم ريادة الأعمال المستدامة وتطوير نماذج أعمال تتماشى مع أهداف التنمية المستدامة.

وفي سياق المؤسسات الناشئة، أكد (Bergset & Fichter, 2015, P.121) أن "المؤسسات الناشئة الخضراء تمثل نموذجاً جديداً للريادة المستدامة والابتكار". إذ أنها تدمج بين تحقيق الربح والحفاظ على البيئة، حيث تسعى هذه المؤسسات إلى تقديم حلول مستدامة تساهم في تقليل الآثار السلبية على البيئة وتعزيز الوعي البيئي في المجتمع. وأضاف كل من (Dean & McMullen, 2007, P. 55) أن "الريادة البيئية هي عملية اكتشاف واستغلال الفرص الاقتصادية الموجودة في فشل السوق البيئي". فمن خلال البحث عن الفرص الاقتصادية التي تنشأ من التحديات البيئية التي تتسبب بها اختلالات السوق التقليدية، مثل التلوث أو استنزاف الموارد. يقوم رواد الأعمال البيئيون بتطوير حلول مبتكرة ومستدامة لمعالجة هذه التحديات وتحويلها إلى فرص مربحة تحافظ على البيئة.

كما أشار (Paulose & Nair, 2014, P. 179) إلى أن التكنولوجيا الخضراء تلعب دوراً كبيراً في تحقيق الاستدامة البيئية والاقتصادية. ووضحا ذلك من خلال دراسة حالة لصناعة الوقود الحيوي للطيران، حيث يظهرون كيف يمكن للابتكارات الخضراء كتقديم بديل للوقود التقليدي أن يقلل من الانبعاثات الكربونية ويخلق فرصاً استثمارية جديدة في سوق الطاقة المتجددة. هذه الابتكارات تساهم في تعزيز النمو الاقتصادي المستدام من خلال تطوير صناعات صديقة للبيئة وتحفيز الطلب على المنتجات النظيفة.

2.2. دور المشاريع الريادية الخضراء في تحقيق أهداف التنمية المستدامة

يرى (Hall et al., 2010, PP. 442-444) أن المشاريع الريادية الخضراء تلعب دوراً رئيسياً في تحقيق أهداف

التنمية المستدامة من خلال الابتكار التكنولوجي والاجتماعي. وتم تفصيل هذا الدور من خلال ثلاثة مسارات رئيسية:

✚ خلق فرص عمل خضراء: بتوفير وظائف في قطاعات تعتمد على التقنيات المستدامة والصديقة للبيئة، مما يساهم في الحد من البطالة وتعزيز الاقتصاد الأخضر؛

✚ تطوير حلول مبتكرة للتحديات البيئية: بابتكار تقنيات وأساليب جديدة لمعالجة المشاكل البيئية مثل التلوث وتغير المناخ، مع التركيز على تقليل الأضرار البيئية؛

✚ تعزيز النمو الاقتصادي المستدام: بدعم الاقتصاد من خلال الاستثمارات في مجالات صديقة للبيئة، مما يضمن نمواً طويلاً الأجل يراعي حماية الموارد الطبيعية وتقليل البصمة الكربونية.

ويضيف (Schaltegger & Wagner, 2011, PP. 225, 226) إن رواد الأعمال المستدامين لا يكتفون فقط بإنشاء مشاريع ربحية، بل يسعون أيضًا إلى إحداث تأثير إيجابي طويل الأمد على البيئة والمجتمع. من خلال تبني ممارسات مبتكرة، يساهمون في إعادة تشكيل الاقتصاد نحو نموذج أكثر استدامة وتوازنًا بين المصالح الاقتصادية والاجتماعية والبيئية.

من جانب آخر يشير (York & Venkatarama, 2010, PP. 451, 452) إلى أن الريادة البيئية تمثل آلية فعالة لمعالجة فشل السوق البيئي وتحقيق التوازن بين الأهداف الاقتصادية والبيئية، واقترحوا إطارًا نظريًا يوضح كيف يمكن لرواد الأعمال البيئيين المساهمة في حل المشاكل البيئية من خلال:

- 🚩 **اكتشاف فرص جديدة للحد من التدهور البيئي:** البحث عن حلول مبتكرة تقلل من استنزاف الموارد الطبيعية وتلوث البيئة، مما يساهم في الحفاظ على التوازن البيئي؛
- 🚩 **تطوير تقنيات وعمليات إنتاج أكثر استدامة:** تحسين التكنولوجيا وطرق الإنتاج لتكون أكثر كفاءة وأقل ضررًا على البيئة، ما يعزز الاستدامة على المدى الطويل؛
- 🚩 **خلق أسواق للمنتجات والخدمات الصديقة للبيئة:** تطوير وترويج منتجات وخدمات جديدة تعتمد على المبادئ البيئية المستدامة، مما يلبي طلب المستهلكين ويخلق فرصًا اقتصادية جديدة.

3.2. مقارنة بين المؤسسات الناشئة والتقليدية الخضراء:

في دراسة مقارنة شاملة وجد (Hockerts & Wüstenhagen, 2010, PP. 486, 487) أن المؤسسات الناشئة الخضراء تميل إلى أن تكون أكثر ابتكارًا وتركيزًا على الاستدامة مقارنة بالمؤسسات التقليدية. ويحددون عدة فروق رئيسية:

- 🚩 **نموذج الأعمال:** تركز المؤسسات الناشئة الخضراء على خلق قيمة مشتركة للمجتمع والبيئة، بينما تركز المؤسسات التقليدية بشكل أكبر على تعظيم الربح.

- 🚩 **الابتكار:** تميل المؤسسات الناشئة الخضراء إلى تبني ابتكارات جذرية، بينما تفضل المؤسسات التقليدية الابتكارات التدريجية.

- 🚩 **التمويل:** غالبًا ما تواجه المؤسسات الناشئة الخضراء تحديات أكبر في جذب التمويل التقليدي، لكنها قد تجد فرصًا في التمويل الأخضر والمستدام.

كما يرى (O'Neill & Gibbs, 2016, PP. 1736-1738) أن "المؤسسات الناشئة الخضراء تواجه تحديات إضافية في التمويل والتسويق، ولكنها تتمتع بميزة تنافسية في الأسواق المتزايدة الوعي بيئيًا". وأشار إلى أن هذه المؤسسات غالبًا ما تكون أكثر مرونة وقدرة على الاستجابة للتغيرات في السياسات البيئية والطلب المتزايد على المنتجات المستدامة.

4.2. تأثير التكنولوجيا الخضراء على أهداف التنمية المستدامة

أكد (Schaltegger et al., 2016, PP. 282-285) أن "التكنولوجيا الخضراء تساهم بشكل مباشر في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة، خاصة تلك المتعلقة بالطاقات النظيفة والعمل المناخي والابتكار". وقدموا تحليلًا مفصلاً لكيفية مساهمة التكنولوجيا الخضراء في دعم البعض من أهداف التنمية المستدامة. ووفقًا لدراسة (Boons et al., 2013, PP. 2)، فإن الابتكار في نماذج الأعمال المستدامة، والذي تقوده غالبًا المؤسسات الناشئة الخضراء، يعد عاملاً حاسماً في تحقيق التحول نحو اقتصاد أكثر استدامة، واقترحوا إطارًا تحليليًا يربط بين الابتكار في نماذج الأعمال والاستدامة، مؤكدين على أهمية التفكير النظامي في تصميم نماذج الأعمال المستدامة؛ إشراك أصحاب المصلحة المتعددين في عملية الابتكار وقياس وتقييم الأثر البيئي والاجتماعي بالإضافة إلى الأداء المالي. أما دراسة (Geissdoerfer et al., 2017, PP. 761)،

(762) فتطورت إلى مفهوم الاقتصاد الدائري، الذي يُعتبر نموذجًا اقتصاديًا بديلاً يسعى إلى تقليل الفاقد وزيادة كفاءة استخدام الموارد. تلعب التكنولوجيا الخضراء دوراً هاماً في هذا النموذج من خلال تقديم حلول مبتكرة تعزز من استدامة العمليات الإنتاجية، ويركز الاقتصاد الدائري على إعادة استخدام المواد والحد من النفايات، مما يساهم في الحفاظ على البيئة وتعزيز النمو الاقتصادي المستدام. بالإضافة إلى ذلك، يساهم هذا النموذج في تحقيق العديد من أهداف التنمية المستدامة من خلال تعزيز الاستخدام الفعال للموارد وتقليل الآثار السلبية على البيئة.

3. تحليل SWOT للمؤسسات الناشئة الخضراء في قطاعات الزراعة؛ النقل والطاقة:

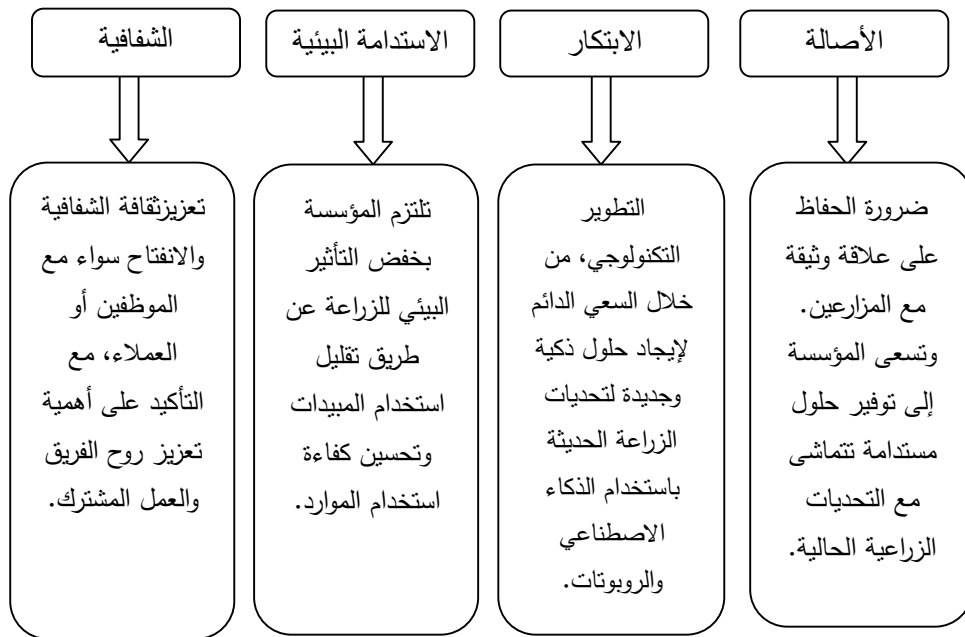
تُعتبر المؤسسات الناشئة في مختلف القطاعات، مثل الزراعة والنقل والطاقة، من العوامل الأساسية التي تساهم في تحقيق التنمية المستدامة من خلال الابتكارات التكنولوجية. ويتناول هذا العرض التحليلي ثلاثة مؤسسات ناشئة خضراء بارزة واحدة في قطاع الزراعة؛ أخرى في قطاع النقل وثالثة في قطاع الطاقة، حيث تلعب التكنولوجيا الخضراء دوراً أساسياً في تطويرها. ومن خلال تطبيق تحليل SWOT، سيتم استكشاف نقاط القوة والضعف والفرص والتحديات التي تواجه هذه المؤسسات، بشكل يساهم في توضيح كيفية استفادتها من الابتكارات الخضراء لتعزيز الكفاءة وتحقيق الاستدامة. هذا التحليل يسعى إلى فهم الأثر الإيجابي للتكنولوجيا الخضراء في هذه القطاعات وكيف يمكن أن تلعب دور إيجابي في تلبية الاحتياجات البيئية والاقتصادية المتزايدة في عالمنا المعاصر.

1.3. المؤسسة الناشئة Ecorobotix في القطاع الزراعي: تُعد Ecorobotix مؤسسة ناشئة بارزة في القطاع الزراعي، والتي أحدثت تحولاً كبيراً في كيفية إدارة العمليات الزراعية من خلال تكنولوجيا مبتكرة. سنتناول في هذا السياق نشأة هذه المؤسسة وتطورها السريع، مع التركيز على منتجاتها المتقدمة وفلسفتها التي تجمع بين الابتكار والاستدامة. كما سنستعرض أيضاً كيف تساهم هذه المؤسسة في تعزيز الكفاءة الزراعية وتقليل التأثير البيئي.

أ. نشأة مؤسسة Ecorobotix وتطورها: تأسست Ecorobotix في عام 2011 في سويسرا من قبل مجموعة من المتخصصين في الزراعة والروبوتات لتطوير حلول زراعية ذكية. بدأت كمشروع لحل مشاكل الأعشاب الضارة باستخدام الذكاء الاصطناعي والروبوتات، ونجح الفريق في تطوير نماذج أولية بفضل تمويل من Fondation pour l'Innovation Technologique، مما ساعدهم على الانتقال إلى مرحلة البدء الرسمي في عام 2014. منذ ذلك الحين قامت Ecorobotix بتوظيف موظفين وتطوير نماذج إضافية من الروبوتات بفضل دعم مستثمرين ومشاريع بحثية مع مؤسسات أكاديمية رائدة. بين عامي 2016 و 2018، تم تطوير الروبوت D-ARM مما سمح بجمع تمويل قدره 3.5 مليون دولار، ليصل التمويل الإجمالي إلى 11 مليون دولار بحلول عام 2018. لتتحصل Ecorobotix على شهادة B-Corp لروبوت D-ARM في عام 2019، وأطلقت في عام 2020 روبوت AVO. وفي عام 2021، طورت جهاز الرش الذكي ARA، الذي يتميز بالدقة وسهولة الاستخدام. بحلول مارس 2023، جمعت المؤسسة تمويلًا قدره 52 مليون دولار للتوسع في الأمريكتين، بدءاً من أمريكا الجنوبية ثم كندا والولايات المتحدة (Ecorobotix, 2024). وتستمر Ecorobotix في الابتكار وتقديم حلول تساهم في تحسين فعالية واستدامة الزراعة، مما يجعلها نموذجاً يحتذى به في الصناعة الزراعية الحديثة.

ب. فلسفة مؤسسة Ecorobotix: إن الفلسفة التي تتبناها مؤسسة Ecorobotix في تطوير نشاطها، تُظهر أنها ليست مجرد مؤسسة ناشئة للتكنولوجيا الزراعية، بل يجعلها نموذجاً يُحتذى به في الابتكار البيئي والاجتماعي.

الشكل 01: القيم الأساسية لمؤسسة Ecorobotix



المصدر: Ecorobotix, Retrieved October 15, 2024 from <https://ecorobotix.com/fr/notre-philosophie/>.

ت. المنتجات المبتكرة من طرف مؤسسة مؤسسة Ecorobotix: في عالم اليوم الذي يشهد تحولاً متسارعاً نحو الاستدامة والابتكار، تبرز مؤسسة Ecorobotix كمثال بارز للمؤسسات التي تتبنى التكنولوجيا الخضراء لتلبية احتياجات الزراعة الحديثة. من خلال استخدام تقنيات متقدمة لتحسين الكفاءة وتقليل الأثر البيئي، إذ تقدم حلولاً مبتكرة لقطاع الزراعة عبر منتجاتها المبتكرة. ومن أهم هذه المنتجات نجد (Ecorobotix, 2024):

🚦 **نظام D-ARM:D-ARM** هو نظام رش متقدم يعتمد على الذكاء الاصطناعي لتحديد الأعشاب الضارة والنباتات المستهدفة. هذا النظام يمثل أول الابتكارات التي وضعت المؤسسة على الخريطة كواحدة من المؤسسات الناشئة الرائدة في الزراعة الذكية. يُستخدم لإدارة الأصول (مثل الروبوتات) والمخاطر بشكل ديناميكي في البيئات المتغيرة التي يعمل فيها الروبوت. يتم تعديل القرارات التشغيلية والتدخلات بناءً على البيانات في الوقت الفعلي. ويُتيح للأنظمة الروبوتية التكيف مع الظروف المتغيرة مثل تغيرات الطقس، تغير حالة الأرض، أو مشكلات في الموارد، مما يسمح باستجابة سريعة لتحسين الكفاءة وتجنب المخاطر. يتميز بالمرونة ويتيح تحديث استراتيجيات التشغيل بشكل مستمر بناءً على معلومات محدثة وديناميكية. ويعتمد على تقنية تحديد دقيق للنباتات المستهدفة، مما يساهم في تقليل استخدام المبيدات الحشرية وزيادة الكفاءة الزراعية. وبالتالي تعزيز ممارسات الزراعة المستدامة مما يجعله أداة قيمة للمزارعين الذين يسعون لتحقيق توازن بين الإنتاجية وحماية البيئة.

الشكل 02: نظام الرش المتقدم D-ARM



المصدر: <https://ecorobotix.com/en/Ecorobotixs>, Retrieved October 15, 2024 from:

روبوت AVO: بعد AVO أيضاً من المنتجات الأولى التي طورتها مؤسسة Ecorobotix، وهو روبوت مستقل بالكامل يمكنه العمل دون الحاجة إلى تدخل بشري. ورغم التحديات التي واجهتها المؤسسة في توفير روبوت مستقل تماماً بسبب اللوائح والتحديات التقنية، إلا أن AVO كان خطوة مهمة نحو تحقيق رؤية Ecorobotix للزراعة الذاتية. وتم تصميم AVO ليعمل بشكل مستقل في الحقول، مما يعزز كفاءة العمل في المزارع الكبيرة ويقلل الحاجة للتدخل البشري. كما يعتمد AVO على تقنيات تحليل البيانات الذكية لاتخاذ قرارات فورية تستند إلى الظروف الميدانية، مما يساعد في تحسين العمليات الزراعية وتقليل فرص الأخطاء البشرية، مما يجعله حلاً مبتكراً وفعالاً للزراعة الحديثة.

الشكل 03: روبوت AVO للزراعة الذاتية



المصدر: <https://ecorobotix.com/fr/avo/Ecorobotixs>, Retrieved October 15, 2024 from:

روبوت الرش الذكي ARA: يعد روبوت ARA أحدث الابتكارات في مجال الرش الزراعي الذكي لمؤسسة Ecorobotix، ويعد بمثابة توسيع لابتكار D-ARM. حيث يعتمد على تقنية الذكاء الاصطناعي لتحديد مواقع النباتات ورش المبيدات الحشرية بدقة متناهية، مما يقلل من استهلاك المواد الكيميائية ويحافظ على البيئة. يتميز الروبوت بعدة خصائص تجعله حلاً مبتكراً في مجال الزراعة:

- رش دقيق للغاية: تقليل استخدام المواد الكيميائية بنسبة تصل إلى 95% مقارنة بطرق الرش التقليدية؛

- **زيادة الربحية:** رفع الربحية بنسبة تصل إلى 30%، حسب نوع المزرعة، مع الالتزام بالتشريعات التي تفرض تقليل استخدام منتجات حماية المحاصيل؛
- **استرجاع سريع للتكاليف:** يمكن استرجاع تكلفة ARA خلال ثلاث إلى أربع سنوات في مزرعة متوسطة الحجم. كما يمكن تأهلها للحصول على دعم في بعض المناطق؛
- **استخدام متعدد:** يمكن استخدام ARA لعلاج مجموعة كبيرة من المحاصيل باستخدام جميع أنواع المنتجات طوال العام على حقول مختلفة.
- **سهولة الاستخدام:** تم تصميم الروبوت بواجهة استخدام بسيطة وسهلة تمكن المزارعين من ضبط الإعدادات بسرعة وبدون تعقيد.

الشكل 04: روبوت الرش الذكي ARA



المصدر: <https://ecorobotix.com/en/ara/> Retrieved October 15, 2024 from: المصدر

- ✚ **برنامج الذكاء الاصطناعي "Plant-by-Plant":** يتيح البرنامج إدارة ذكية للمحاصيل من خلال جمع صور عالية الدقة للحقول. يستخدم البرنامج خوارزميات متطورة لاكتشاف وعلاج مجموعة واسعة من المحاصيل والأعشاب الضارة. ويتميز بما يلي:
 - **عملية ثلاثية المراحل:** من خلال مسح الصور باستخدام كاميرا عالية الدقة؛ والكشف للتمييز بين النباتات المفيدة والضارة؛ والعلاج من حيث التحكم في فوهات الرش بدقة لاستهداف النباتات والأعشاب الضارة
 - **جهاز لوحي داخل المقصورة:** لتشغيل سهل وتمكين المستخدمين من تحديد نوع المحصول والعلاج بنقرات بسيطة، حيث يتم مزامنة الإعدادات تلقائيًا مع اتجاه وسرعة الحركة.
 - **خوارزميات الرش:** تطبيقات رش متنوعة تشمل الرش بالمبيدات الانتقائية للأعشاب، المبيدات غير الانتقائية مع منطقة أمان، المبيدات الحشرية والفطرية على المحاصيل فقط، أو رش جميع النباتات عدا المحاصيل.

الشكل 05: واجهة برنامج الذكاء الاصطناعي "Plant-by-Plant" لإدارة المحاصيل



المصدر: Retrieved October 15, 2024 from: <https://ecorobotix.com/en/plant-by-plant-ai-software/>

ث. تحليل SWOT لمؤسسة Ecorobotix: بعد إطلاعنا على أهم نشاطات المؤسسة الناشئة Ecorobotix، وتوجهاتها في مجال الابتكارات الخضراء في القطاع الزراعي، سنقوم وفق تحليل SWOT بتحديد نقاط القوة والضعف والتهديدات والفرص الخاصة بها.

الشكل 06: تحليل SWOT لمؤسسة Ecorobotix

نقاط القوة (Strengths) * تكنولوجيا متقدمة في مجال الروبوتات الزراعية * حلول مبتكرة لتقليل استخدام المبيدات * شراكات قوية مع مؤسسات أكاديمية رائدة * نمو سريع وتمويل قوي	نقاط الضعف (Weaknesses) * تحديات في تطوير روبوتات مستقلة تماماً * اعتماد على التمويل الخارجي للنمو والتوسع * محدودية الانتشار الجغرافي حالياً
الفرص (Opportunities) * زيادة الطلب العالمي على الزراعة المستدامة * إمكانية التوسع في أسواق جديدة (أمريكا الشمالية والجنوبية) * تطوير منتجات جديدة لتلبية احتياجات السوق المتغيرة	التهديدات (Threats) * منافسة متزايدة في سوق التكنولوجيا الزراعية * تحديات تنظيمية وقانونية محتملة * تغيرات في سياسات الدعم الحكومي للتكنولوجيا الزراعية

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على مختلف المعلومات المجمعة حول المؤسسة الناشئة Ecorobotix

وعليه يمكن القول أن مؤسسة Ecorobotix فعلاً تمثل نموذجاً رائداً في مجال الابتكار الزراعي، حيث تجمع بين التكنولوجيا المتقدمة والاستدامة البيئية. من خلال منتجاتها المبتكرة مثل نظام D-ARM وروبوت ARA، تقدم حلولاً ذكية تعزز كفاءة العمليات الزراعية وتقلل من استخدام المواد الكيميائية. هذا النهج الذي يجمع بين الذكاء الاصطناعي والزراعة الدقيقة يفتح آفاقاً جديدة للزراعة المستدامة، مما يساهم في تحقيق التوازن بين الإنتاجية الزراعية وحماية البيئة.

2.3. المؤسسة الناشئة Heliogen في قطاع الطاقة:

Heliogen هي مؤسسة ناشئة رائدة في مجال التكنولوجيا الخضراء وبالتحديد قطاع الطاقة، ومقرها في كاليفورنيا. وتتميز بتقديم حلول مبتكرة في الطاقة المتجددة، حيث تعتمد على تقنيات متقدمة مثل الذكاء الاصطناعي والطاقة الشمسية المركزة. وتستهدف تلبية احتياجات العمليات الصناعية من خلال توفير طاقة حرارية نظيفة، مما يساهم بشكل فعال في تقليل الانبعاثات الكربونية وتحقيق أهداف الاستدامة البيئية.

أ. **نشأة مؤسسة Heliogen وتطورها:** منذ تأسيسها في عام 2012، شهدت مؤسسة Heliogen رحلة تطور واسعة في مجال الطاقة المتجددة. بدأت كفكرة طموحة لتحويل أشعة الشمس إلى مصدر طاقة موثوق وقابل للتوزيع حسب الطلب، وجذبت في بداياتها اهتمام مستثمرين بارزين مثل Bill Gates (مؤسس شركة Microsoft) و Steve Case (مؤسس مشارك لمؤسسة AmericaOnline)، هذه الثقة المبكرة مهدت الطريق لتطور المؤسسة السريع في السنوات اللاحقة. خلال الفترة من 2013 إلى 2015، ركزت Heliogen على تطوير تكنولوجيتها الأساسية. نجحت في ابتكار طريقة فريدة لتركيز أشعة الشمس باستخدام مزيج من المرايا والتتبع المدعوم بالذكاء الاصطناعي. هذا الابتكار نُجج ببناء أول منشأة تجريبية كاملة النطاق، والتي تضمنت 200 مرآة وحققت درجة حرارة مرتفعة بلغت 400 درجة مئوية. هذا الإنجاز التقني أثبت قدرة المؤسسة على تحويل نظرياتها إلى واقع ملموس. الفترة من 2020 إلى 2022 شهدت تحولاً جذرياً في مسار المؤسسة نحو التجارية الكاملة. قامت Heliogen ببناء منشأة تجريبية مستقلة عالية الأداء، والتي أظهرت لأول مرة التحكم المغلق الحلقة في حلل المرايا الشمسية. هذا التقدم التقني ترجم إلى نجاحات تجارية كبيرة، حيث وقعت الشركة عقداً بقيمة 50 مليون دولار مع Woodside Energy لإنشاء منشأة تجارية بقدرة 5 ميغاواط. كما دخلت في شراكة مع Bloom Energy لإنتاج الهيدروجين الأخضر، مما يوسع نطاق تطبيقات تقنياتها (Heliogen, 2024).

ب. **إنجازات مؤسسة Heliogen:** حققت مؤسسة Heliogen العديد من الإنجازات التي وفرت من خلالها حلول لطاقة متجددة مبتكرة وفعالة، مما يضمن تحسين الكفاءة والتكلفة في مختلف القطاعات الصناعية (Heliogen, 2024).

🔧 **فعالية التكلفة:** تمتاز حلول Heliogen بقدرة على تحقيق معدل سعة يصل إلى 85%، مما يجعلها أكثر كفاءة من البدائل الأخرى للطاقة المتجددة، ما يساهم في تقليل تكاليف الطاقة النظيفة وجعلها أكثر تنافسية مع الوقود الأحفوري.

🔧 **البخار الصناعي النظيف:** يتم إطلاق حوالي 500 مليون طن متري من الغازات الدفيئة في الولايات المتحدة نتيجة توليد البخار الصناعي. تقدم Heliogen حلاً من خلال تزويد الصناعات مثل التعدين والأغذية والمشروبات والنفط والغاز. ببخار نظيف وخالي من الكربون يصل إلى درجة حرارة 300 درجة مئوية.

🔧 **الهيدروجين الأخضر:** يمكن لكل وحدة من وحدات Heliogen إنتاج ما يصل إلى 250 ألف كيلوغرام سنوياً من الهيدروجين الأخضر، ما يكفي لتزويد 18 شاحنة ثقيلة بوقود هيدروجيني يمكنها قطع حوالي 9000 كيلومتر يومياً.

🔧 **الطاقة:** توليد كهرباء نظيفة باستخدام مزيج من الطاقة الشمسية المركزة والألواح الكهروضوئية والتخزين الحراري. مناسب للمنشآت الصناعية ومراكز البيانات وعمليات التعدين.

🔧 **خريطة الموارد الشمسية:** توفير خريطة للموارد الشمسية لتحديد أفضل المواقع لتركيب أنظمتها، وتساعد العملاء في الاستفادة من السياسات والحوافز المحلية والوطنية لدعم مشاريع الطاقة المتجددة. إذ تحدد كمية أشعة الشمس المباشرة المتوفرة في موقع معين (الإشعاع الشمسي) مقدار الطاقة التي يمكن أن تولدها تقنية Heliogen من أجل تحسين تصميم وحجم نظام الطاقة الشمسية لتحقيق الكفاءة والفعالية من حيث التكلفة.



الشكل 07: محطة للطاقة الشمسية المركزة (Concentrated Solar Power) لمؤسسة Heliogen

المصدر: Heliogen, Retrieved October 17, 2024 from

<https://www.heliogen.com/?s=Concentrated+Solar+Power>

ت. تحليل SWOT لمؤسسة Heliogen: مؤسسة Heliogen مثلها مثل أي مؤسسة ناشئة لها نقاط قوة وضعف، وتواجه العديد من التحديات وتجد أمامها فرص من أجل تطوير نشاطاتها وتوسيعها.

الشكل 08: تحليل SWOT لمؤسسة Heliogen

نقاط القوة (Strengths)	نقاط الضعف (Weaknesses)
* تكنولوجيا متقدمة في الطاقة الشمسية المركزة * توليد حرارة عالية للاستخدامات الصناعية * دعم من مستثمرين بارزين مثل Bill Gates * تقنية مبتكرة لإنتاج الهيدروجين الأخضر	* الاعتماد على الظروف الجوية المناسبة * تكلفة أولية مرتفعة للتكنولوجيا * محدودية الانتشار الجغرافي حالياً
الفرص (Opportunities)	التحديات (Threats)
* زيادة الطلب العالمي على مصادر الطاقة النظيفة * إمكانية التوسع في قطاعات صناعية متعددة * فرص للشراكات مع شركات الطاقة التقليدية * دعم حكومي متزايد لمشاريع الطاقة المتجددة	* منافسة من تقنيات الطاقة المتجددة الأخرى * تقلبات في أسعار الطاقة التقليدية * تحديات في تكييف التكنولوجيا مع مختلف الصناعات * مخاطر تنظيمية وسياسية في بعض الأسواق

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على مختلف المعلومات المجمعة حول المؤسسة الناشئة Heliogen

فمسيره تطور Heliogen كمؤسسة ناشئة تعكس التزامها المستمر بالابتكار والتطوير في مجال الطاقة المتجددة، لتعد بذلك نموذجاً مميزاً للمؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء، حيث تجمع بين الابتكار التكنولوجي والتأثير البيئي الإيجابي. فمذ تأسيسها ركزت على تطوير حلول متقدمة في مجال الطاقة الشمسية المركزة، مستخدمة تقنيات الذكاء

الاصطناعي لتحسين كفاءة أنظمتها. ومع استمرار المؤسسة في توسيع نطاق عملياتها وتحسين تكنولوجيتها خاصة مع جذب اهتمام المستثمرين والشركاء الاستراتيجيين فإنها تلعب دورا هاما في تشكيل مستقبل أكثر استدامة لصناعة الطاقة العالمية.

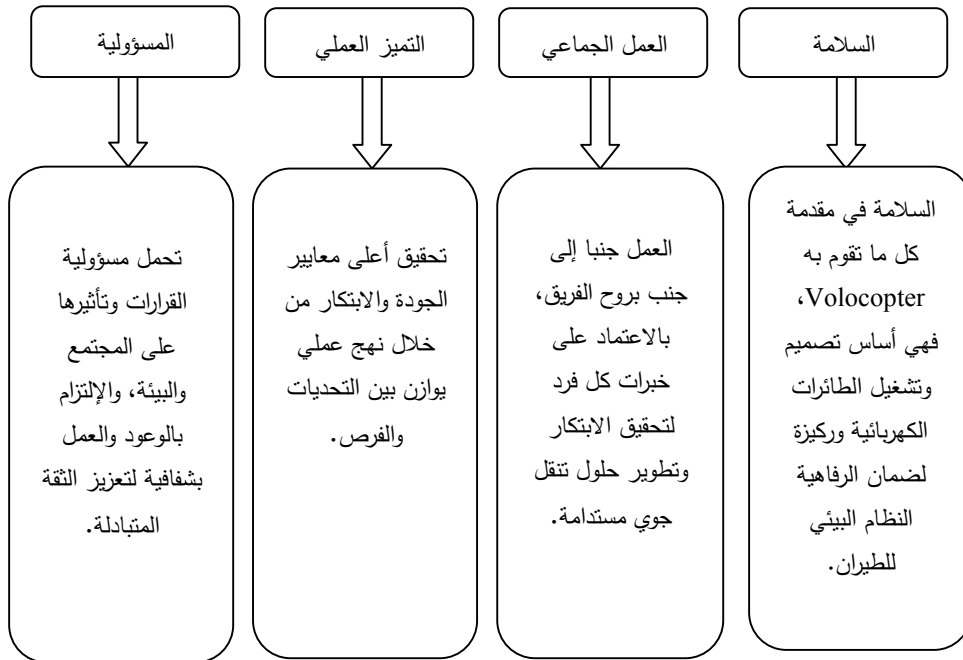
3.3. المؤسسة الناشئة Volocopter في قطاع النقل:

المؤسسة الناشئة Volocopter من بين المؤسسات الرائدة في مجال التنقل الجوي المستدام. تسعى المؤسسة إلى تحقيق رؤية مبتكرة للطائرات الكهربائية العمودية للإقلاع والهبوط، مما يساهم في تغيير مستقبل النقل داخل المدن وحول العالم.

أ. **نشأة مؤسسة Volocopter وتطورها:** تُعتبر Volocopter من المؤسسات البارزة في مجال التنقل الجوي الحضري، وهو فرع ناشئ من الطيران الكهربائي بالكامل. تأسست في ألمانيا عام 2011 مع نموذجها الأولي الشهير "Volocopter VC1"، ومنذ ذلك الحين، استمرت في تحسين هذا النموذج على مدى أكثر من 10 سنوات، مما أدى إلى تطوير نظام متكامل يشمل الطائرات الكهربائية بالكامل وحلول النقل بين نقاط النقل الرئيسية في المدن. تهدف طائرات Volocopter إلى تقديم بدائل فعالة للنقل التقليدي، مما يساهم في تقليل الازدحام وتلوث الهواء في المدن الكبيرة. وفي إطار سلسلة التوسع التي اتخذتها هذه المؤسسة، نجد أبرز إنجازات Volocopter والمتمثل في تدشين مركز اختبار "Vertiport" في باريس عام 2022، والذي يُعد خطوة هامة نحو اختبار الطيران المدني الحضري في أوروبا ككل (Volocopter, 2024).

ب. **قيم مؤسسة Volocopter لعصر التنقل الجديد:** لخلق بيئة عمل تدعم الابتكار والكفاءة في عصر التنقل الجديد تعتمد مؤسسة Volocopter على مجموعة من القيم أهمها:

الشكل 09: قيم مؤسسة Volocopter



المصدر: <https://www.volocopter.com/en/company> Volocopter, Retrieved October 20, 2024 from:

ت. **إنجازات مؤسسة Volocopter:** تميزت Volocopter في مجال التكنولوجيا الخضراء من خلال ابتكاراتها المتطورة في تطوير طائرات كهربائية بالكامل للإقلاع والهبوط العمودي (eVTOL) (Vertical Take-Off and Landing). إنجازاتها

في هذا المجال تساهم في تحويل رؤيتها للطيران المستدام إلى واقع ملموس، ما يعزز فعالية التنقل الجوي الحضري وحماية البيئة الحضرية. ومن أهمها نجد (Volocopter, 2024):

Volocopter VC1 🚁: في 21 أكتوبر 2011، حققت المؤسسة إنجازا تاريخيا بإجراء أول رحلة مأهولة في العالم لطائرة متعددة المروحيات، باسم VC1، بقيادة المؤسس المشارك والمصمم الرئيسي Thomas Senkel. تم تسجيل هذه الرحلة في موسوعة غينيس للأرقام القياسية. طائرة Volocopter VC1 هي نموذج أولي لطائرة eVTOL ذات مقعد واحد، مزودة بـ 16 مروحة فردية، و 16 محركًا كهربائيًا، و 32 بطارية، ولها وقت طيران أقصى قدره 20 دقيقة. على الرغم من أن أول رحلة لها استمرت 90 ثانية فقط، فإنها كانت نموذجًا أوليًا للأنواع اللاحقة من الطائرات الكهربائية. أثبتت هذه الطائرة المبتكرة أهمية تقنيات الطيران الكهربائية وتوقعها من حيث السلامة والكفاءة مقارنة بالطائرات التقليدية. قد تكون الطائرات الكهربائية ذات المروحيات المتعددة، مثل VC1، غير مألوقة في الوقت الحالي، لكنها تقدم بديلاً أكثر أماناً وكفاءة من الطائرات الهليكوبتر التقليدية بفضل انخفاض وزنها وتبسيط تصميمها.

الشكل 10: أول نموذج للطيران Volocopter VC1 لمؤسسة Volocopter



المصدر: Treeck, H. (2011). Le premier vol piloté écrivant l'histoire de l'aviation, Retrieved October 20, 2024 from:

<https://www.volocopter.com/fr/newsroom/manned-first-flight-writes-aviation-history>

Volocity 🚁: تعرف بالسيارة الجوية Volocity يتجاوز الشوارع الحضرية ليطير بصمت تام وبدون انبعاثات في المجال الجوي المنخفض. يهدف إلى نقل الركاب بين المحاور الرئيسية مثل محطات القطارات والمطارات، مما يوفر خيارات أسرع وأكثر ملائمة من وسائل النقل الحالية. وهو مزود بمقعدين و 18 مروحة، ويعد طائرة كهربائية بالكامل قادرة على الإقلاع والهبوط العمودي. ومنذ عام 2011، كانت مؤسسة Volocopter أول من قام ببناء وطيران نموذج أولي لهذا النوع الجديد من الطائرات. تم تطويرها لتلبية معايير السلامة الصارمة التي وضعتها وكالة سلامة الطيران الأوروبية وقد اجتاز Volocity بالفعل أكثر من 2000 رحلة اختبار. وفي 29 فيفري 2024 حصلت Volocopter على الضوء



Volocity بكميات كبيرة. وبطبيعة الحال ستكون الرحلات بطاقم طيار واحد وراكب واحد، مع التوجه نحو تقديم خدمة ذاتية بالكامل في المستقبل.

الشكل 11: السيارة الجوية Volocity لمؤسسة Volocopter

المصدر: Retrieved October 20, 2024 from: <https://www.volocopter.com/fr/volocity>

VoloRegion في مسعاها للارتقاء بالتنقل إلى المستوى التالي قامت مؤسسة Volocopter، بتجسيد VoloRegion التي تسعى إلى تحقيق هذا الهدف بشكل فعلي. تعتبر طائرة VoloRegion امتدادًا لخدمات تاكسي الهواء الحضرية VoloCity، إذ ستربط VoloRegion بين المدينة وضواحيها برحلة سلسلة وخالية من الانبعاثات، مما يعزز تجربة التنقل الجوي الحضري إلى أبعد من ذلك. هي طائرة ركاب ذات جناحين ثابتين ومدى أطول، تعمل بمحركين دفع وستة محركات كهربائية ومراوح. بتصميم الرفع والتجول، يمكنها استيعاب ما يصل إلى أربعة ركاب، ونقلهم بسرعة تصل إلى 100 كم ويسرعة طيران قصوى تبلغ 250 كم/سا وسرعة تجوال تصل إلى 180 كم/سا.

الشكل 12: طائرة VoloRegion لمؤسسة Volocopter

المصدر: Volocopter, Retrieved October 20, 2024
from <https://www.volocopter.com/en/solutions/voloregion>

🚁 نظام VoloIQ: VoloIQ هو "العقل الرقمي" وراء النظام البيئي للمركبات الكهربائية ذات الإقلاع والهبوط العمودي (eVTOL) لمؤسسة Volocopter. حيث تقوم هذه المنصة السحابية بإدارة كل شيء بدءًا من السيارات الجوية VoloCity و VoloRegion وصولاً إلى دمجها في المناطق الحضرية، وحتى الظروف الجوية سيتم مراقبتها عبر برنامج VoloIQ المميز. وقد تم بناء هذا النظام الذكي والمتكامل لتنسيق مجمل العمليات بشكل يوفر شفافية كاملة للنظام البيئي المعقد للتعامل الجوي في المناطق الحضرية في الوقت الفعلي. وتتمثل مكونات نظام VoloIQ فيما يلي:

"SMARTInfrastructuremanagement": إدارة ذكية للبنية التحتية اللازمة لعمليات الطيران في المناطق الحضرية.

"SCALEDANDDIGITALFlightoperations": تنفيذ وإدارة عمليات الطيران بشكل رقمي وقابل للتوسع.



CL
UD-
BAS
EDSe
rvice-
orient
edarc
hitect
:"ure
هيكالية
برمجية
قائمة
على

الخدمات السحابية لمرونة وكفاءة أعلى.

"DATAAcquisition, enrichmentandconnectivity": جمع البيانات وتحسينها وربطها لتوفير معلومات شاملة ودقيقة.

"SEAMLESSUserintegration": دمج سلس للمستخدمين مع النظام لتجربة سهلة وفعالة.

"**AI-DRIVEN Fleet service management**": إدارة أسطول المركبات باستخدام الذكاء الاصطناعي لتحسين الكفاءة والأداء.

ث. تحليل SWOT لمؤسسة Volocopter: مؤسسة Volocopter هي الأخرى لها نقاط قوة وضعف، وتواجه العديد من التهديدات وتجد أمامها فرص من أجل تطوير نشاطاتها وتوسيعها.

الشكل 13: تحليل SWOT لمؤسسة Volocopter

نقاط القوة (Strengths) * ريادة في تطوير الطائرات الكهربائية للإقلاع والهبوط العمودي (eVTOL) ؛ * تقنية متقدمة في مجال الطيران الكهربائي * نماذج متعددة (VoloCity, VoloRegion) لتلبية احتياجات مختلفة؛	نقاط الضعف (Weaknesses) * محدودة مدى الطيران مقارنة بوسائل النقل التقليدية * تكلفة مرتفعة للتطوير والإنتاج * الاعتماد على تطوير البنية التحتية المناسبة مثل (Vertiports)
الفرص (Opportunities) * نمو الطلب على وسائل نقل حضرية سريعة وصديقة للبيئة * إمكانية التوسع في خدمات النقل بين المدن * شراكات محتملة مع شركات النقل والتكنولوجيا * دعم حكومي متزايد لوسائل النقل المستدامة	التهديدات (Threats) * منافسة قوية من شركات الطيران والسيارات الكبرى * تحديات تنظيمية وقانونية في مجال الطيران المدني * مخاوف حول سلامة وأمن النقل الجوي الحضري * تأثير التقلبات الاقتصادية على الاستثمار في التكنولوجيا الجديدة

المصدر: من إعداد الباحثة بالاعتماد على مختلف المعلومات المجمعة حول المؤسسة الناشئة Volocopter

من خلال ما تقدم يمكن القول أن مؤسسة Volocopter تسعى لتحقيق ثورة في التنقل الجوي من خلال تقديم طائرات كهربائية مبتكرة مخصصة للنقل الحضري، تعتمد هذه الطائرات على تقنية الإقلاع والهبوط العمودي، مما يجعلها مناسبة للاستخدام في المدن الكبرى المزدهمة. بفضل اعتمادها على الطاقة الكهربائية، تسهم Volocopter في تقليل الانبعاثات الكربونية وتعزيز الاستدامة البيئية، إضافة إلى ذلك تسعى إلى تحقيق تكامل سلس بين النقل الجوي والبري، مما يسهم في تحسين الكفاءة والراحة في التنقل اليومي داخل المدن.

4. خلاصة (نتائج وتوصيات)

تلعب المؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء دوراً أساسياً في دفع عجلة الابتكار وتقديم حلول مستدامة للتحديات العالمية الملحة وإرساء معالم التنمية المستدامة. ومن خلال دراسة حالات Heliogen وEcorobotics وVolocopter، يتضح جلياً الإمكانيات الهائلة لهذه المؤسسات في المساهمة بشكل فعال في تحقيق أهداف التنمية المستدامة. كما كشفت تحليلات SWOT لهذه المؤسسات عن مشهد معقد من الفرص والتحديات، حيث تتنافس الابتكارات التكنولوجية المتقدمة مع العقبات الاقتصادية والتنظيمية، كل هذا يجعل فهم هذه الديناميكيات أمراً بالغ الأهمية لصياغة استراتيجيات فعالة تهدف إلى تعظيم تأثير التكنولوجيا الخضراء على التنمية المستدامة. ومن خلال بحثنا توصلنا إلى الإجابة عن الإشكالية المطروحة من خلال إثبات أو نفي الفرضيات التي انطلقنا منها:

إثبات صحة الفرضية الأولى: حيث تلعب المؤسسات الناشئة دوراً أساسياً في مجال التكنولوجيا الخضراء من حيث تسريع الابتكار، فقد أظهرت الدراسة أن المؤسسات الناشئة الثلاث قدمت ابتكارات تكنولوجية متقدمة في مجالاتها، فوجد مؤسسة Ecoroboticx التي طورت تقنيات متطورة في الروبوتات الزراعية لتحسين الإنتاجية وتقليل استخدام المبيدات، أيضاً مؤسسة Heliogen قدمت حلاً مبتكرة في مجال الطاقة الشمسية المركزة لتوليد حرارة عالية للاستخدامات الصناعية، وأخيراً مؤسسة Volocopter التي ابتكرت نماذج متقدمة للطائرات الكهربائية العمودية لتحسين النقل الحضري المستدام؛

إثبات صحة الفرضية الثانية: أيضاً، فالمؤسسات الناشئة الخضراء تساهم بشكل كبير في تطوير حلول مبتكرة للتحديات البيئية. تعتمد هذه المؤسسات على التكنولوجيا الحديثة والاستدامة في تصميم منتجات وخدمات بيئية، مثل الطاقة المتجددة وإدارة الموارد الطبيعية بكفاءة. هذه الابتكارات ليست فقط حلولاً للتحديات البيئية، ولكنها تساهم أيضاً في تحقيق أهداف التنمية المستدامة عبر خفض الانبعاثات، تقليل استهلاك الموارد، وزيادة الوعي بالاستدامة؛

إثبات صحة الفرضية الثالثة: فالمؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء تواجه بالفعل تحديات مالية وتنظيمية كبيرة، هذه التحديات تتضمن نقص التمويل اللازم لتطوير التكنولوجيا والابتكار، حيث أن بعض الحلول الخضراء تحتاج إلى استثمارات كبيرة قبل تحقيق أرباح. كما تواجه العديد من العقبات التنظيمية التي تختلف من بلد إلى آخر، مثل القوانين البيئية المتغيرة، اللوائح الحكومية الصارمة، وصعوبة الحصول على الموافقات التنظيمية لتطبيق تقنيات جديدة.

وعليه فإن النتائج المستخلصة من هذا البحث تقدم رؤية قيمة حول كيفية تعزيز دور هذه المؤسسات الناشئة في بناء مستقبل أكثر استدامة وخضراً. ويمكن ذكر أهمها فيما يلي:

1. **الابتكار التكنولوجي والتخصص:** فبالرغم من أن كل المؤسسات الناشئة التي قمنا بتحليل أنشطتها الخضراء تعد رائدة في الابتكار الأخضر إلا أنها تتميز بالتخصص، فمثلاً نجد Ecoroboticx تتميز بتطوير تكنولوجيا متقدمة في مجال الروبوتات الزراعية، مما يساهم في تحسين كفاءة الإنتاج الزراعي وتقليل استخدام المبيدات، بينما تقدم Heliogen حلاً مبتكرة في مجال الطاقة الشمسية المركزة، مما يسمح بتوليد حرارة عالية للاستخدامات الصناعية، أما Volocopter فهي تطور نماذج متقدمة للطائرات الكهربائية العمودية، مما يفتح آفاقاً جديدة في مجال النقل الحضري المستدام.
2. **بالطلب العالمي المتزايد:** يوجد اهتمام متزايد بالحلول المستدامة في قطاعات الزراعة والطاقة والنقل وغيرها، هذا الطلب يوفر فرصاً كبيرة لنمو هذه المؤسسات الناشئة وتوسعها في أسواق جديدة، خاصة في الدول المتقدمة والنامية التي تسعى لتحقيق أهداف التنمية المستدامة.
3. **التحديات المشتركة:** جميع المؤسسات الناشئة تواجه تحدي ارتفاع تكاليف التطوير والإنتاج الأولي لتقنياتها، إضافة إلى أن هذه المؤسسات في بداياتها تعمل في نطاق جغرافي محدود، مما يحد من تأثيرها العالمي. كما أن نجاح المؤسسات الناشئة الخضراء بشكل عام في هذه التقنيات يعتمد بشكل كبير على وجود سياسات وتشريعات داعمة للتكنولوجيا الخضراء.
4. **التأثير على أهداف التنمية المستدامة:** تساهم المؤسسات الناشئة الخضراء في هذه المجالات الثلاث: النقل؛ الزراعة والطاقة بشكل مباشر في تحقيق عدة أهداف للتنمية المستدامة، مثل الهدف 7 (طاقة نظيفة وبأسعار معقولة)، والهدف 9 (الصناعة والابتكار والبنية التحتية)، والهدف 11 (مدن ومجتمعات محلية مستدامة)، والهدف 13 (العمل المناخي).
5. **دور الدعم الحكومي والمؤسسي:** أظهر التحليل أيضاً أهمية الدعم الحكومي والمؤسسي في نجاح هذه المؤسسات الناشئة، سواء من خلال التمويل أو السياسات الداعمة. خاصة بوجود شراكات قوية مع مؤسسات بحثية وأكاديمية بشكل يساهم في تعزيز قدرات الابتكار الأخضر.

6. التحديات الاقتصادية والتنظيمية: تواجه جميع المؤسسات الناشئة تحديات في التكيف مع الأطر التنظيمية الحالية، خاصة في مجالات مثل الطيران الكهربائي، إضافة للتقلبات في أسعار الطاقة التقليدية وسياسات الدعم الحكومي التي تؤثر على القدرة التنافسية لهذه التقنيات الخضراء.

وعليه نختم بحثنا بتقديم جملة من الاقتراحات وهي:

1. تعزيز الشراكات بين القطاعين العام والخاص ممثلاً في المؤسسات الناشئة لدعم نمو وتطوير التقنيات الخضراء؛
2. زيادة الاستثمار في البحث والتطوير لخفض التكاليف وتحسين كفاءة التكنولوجيات المستدامة؛
3. تطوير إطار تنظيمي داعم لتسهيل اعتماد واسع النطاق للتكنولوجيات الخضراء ضمن المؤسسات الناشئة؛
4. تشجيع التعاون بين المؤسسات الناشئة والمؤسسات الأكاديمية لتعزيز الابتكار وتطوير المهارات.
5. تنفيذ برامج توعية لزيادة الوعي العام بأهمية وفوائد التكنولوجيا الخضراء.

ختاماً، تلعب المؤسسات الناشئة في مجال التكنولوجيا الخضراء دوراً بارزاً في دفع الابتكار وتقديم حلول مستدامة للتحديات العالمية. من خلال التغلب على التحديات الحالية واغتنام الفرص المتاحة، يمكن لهذه المؤسسات أن تساهم بشكل كبير في تحقيق أهداف التنمية المستدامة، مع تعزيز النمو الاقتصادي المستدام في الوقت نفسه.

5. المراجع:

1. Bergset, L., & Fichter, K. (2015). Green start-ups – A new typology for sustainable entrepreneurship and innovation research. *Journal of Innovation management*, 3(3), 118-144.
2. Boons, F., Montalvo, C., Quist, J., & Wagner, M. (2013). Sustainable innovation, business models and economic performance: An overview. *Journal of Cleaner Production*, 45, 1-8.
3. Carrillo-Hermosilla, J., del Río, P., & Könnölä, T. (2010). Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production*, 18(10-11), 1073-1083.

4. Dean, T. J., & McMullen, J. S. (2007). Toward a theory of sustainable entrepreneurship: Reducing environmental degradation through entrepreneurial action. *Journal of Business Venturing*, 22 (01), 50-76.
5. Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy—A new sustainability paradigm?. *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
6. Hall, J. K., Daneke, G. A., & Lenox, M. J. (2010). Sustainable development and entrepreneurship: Past contributions and future directions. *Journal of Business Venturing*, 25 (5), 439-448.
7. Hockerts, K., & Wüstenhagen, R. (2010). Greening Goliaths versus emerging Davids—Theorizing about the role of incumbents and new entrants in sustainable entrepreneurship. *Journal of Business Venturing*, 25 (5), 481-492.
8. Klewitz, J., & Hansen, E. G. (2014). Sustainability-oriented innovation of SMEs: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*, 65, 57-75.
9. O'Neill, K., & Gibbs, D. (2016). Rethinking green entrepreneurship—Fluid narratives of the green economy. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 48 (9), 1727-1749.
10. Paulose, H., & Nair, S. (2014). Emergence of green business models: The case of algae biofuel for aviation. *Journal of Energy Policy*, 65, 175-184.
11. Schaltegger, S., & Wagner, M. (2011). Sustainable entrepreneurship and sustainability innovation: Categories and interactions. *Business Strategy and the Environment*, 20 (4), 222-237.
12. Schaltegger, S., Lüdeke-Freund, F., & Hansen, E. G. (2016). Business models for sustainability: A co-evolutionary analysis of sustainable entrepreneurship, innovation, and transformation. *Journal of Organization & Environment*, 29 (3), 264-289.
13. York, J. G., & Venkataraman, S. (2010). The entrepreneur–environment nexus: Uncertainty, innovation, and allocation. *Journal of Business Venturing*, 25(5), 449-463.
14. <https://ecorobotix.com/en/>
15. <https://www.heliogen.com/>
16. <https://www.volocopter.com/en>