الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

جامعة الشهيد حمة لخضر الوادي

كلية علوم الطبيعة والحياة

قسم البيولوجيا

مذكرة تخرج

لنيل شهادة ماستر أكاديمي

ميدان: علوم الطبيعة وحياة

شعبة: علوم بيولوجية

تخصص: تنوع حيوي ومحيط

الموضوع :

إنشاء منصة رقمية متكاملة حول النباتات في الجزائر

إعداد الطالبة:

معيوف زهية

اشراف الدكتورة:

د. مرابط سمية

اسم الاستاذ	الرتبة العلمية	الجامعة	الصفة
بوصبيع إبراهيم عايدة	أستاذ محاضر ب	جامعة الشهيد حمه لخضر	رئيس اللجنة
مرابط سمية	أستاذ محاضر ب	جامعة الشهيد حمه لخضر	مشرفا
عليات مفيدة سوسن	أستاذ محاضر ب	جامعة الشهيد حمه لخضر	مناقشا

الموسم الجامعي: 1447-1448هـ 2025/2024م

بسم الله الرحمن الرحيم

الاهداء

إلى من غرس في نفسي حبّ العلم والمعرفة،

إلى والدتي "بوصبيع إبراهيم عايدة"

التي كانت دومًا السند والدافع في مسيرتي الدراسية،

أهدي هذا العمل المتواضع عرفانًا لها بما قدّمته من دعمٍ لا يُقدّر بثمن.

إلى الشخص الذي ساندني في دربي العلمي والعملي، وكان جزءا مهما في انجاز هذه المذكرة.

"هشام حشيفة"

إلى كل من آمن بأنّ العلم سبيل النهوض والازدهار،

أهدي ثمرة جهدي هذا، راجيةً أن يكون لبنة في خدمة بيئتنا ووطننا الغالي.

الشكر والعرفان

الحمد لله الذي علّم الإنسان ما لم يعلم، والصلاة والسلام على سيدنا محمد، الذي كان قدوة في طلب العلم ونشره.

أتقدّم بخالص الشكر والعرفان إلى الدكتورة المشرفة على هذه المذكرة سمية مرابط،

التي قدّمت لي من توجيهاتها ونصائحها العلمية ما كان له الأثر الكبير في إنجاز هذا العمل، فلها مني كل التقدير والامتنان.

كما أتوجّه بالشكر الجزيل إلى جميع أساتذة كلية علوم الطبيعة والحياة بجامعة الوادي،

على ما بذلوه من جهد في سبيل تكويننا وتوجيهنا علميًا ومنهجيًا.

ولا يفوتني أن أعبّر عن امتناني لكلّ من ساعدني أو شجّعني أو وفّر لي معلومة أو مصدرًا أو فكرة، وكان دعمهم حافزًا لمواصلة هذا المشروع حتى نهايته.

وأختم شكري إلى كل من يسعى بإخلاص لخدمة العلم والبيئة في وطننا الجزائر،

سائلةً الله أن يجعل هذا العمل المتواضع خطوة في مسار طويل نحو حماية بيئتنا.

الملخص

تُعدّ حماية التنوع النباتي في الجزائر من أولويات البحث البيئي المعاصر، نظرًا لما تشهده البلاد من تغيّرات مناخية وضغوط بشرية متزايدة تُهدد استقرار الأنظمة الإيكولوجية.

وفي ظل غياب فضاءات رقمية وطنية متخصصة في توثيق النباتات المحلية وتيسير دراستها علميًا، يهدف هذا العمل إلى تصميم نموذج أولي لمنصة رقمية متكاملة حول النباتات في الجزائر، تُسهم في تنظيم المعطيات النباتية وتسهيل الوصول إليها في سياق علمي تربوي.اعتمدت الدراسة على منهجية مزدوجة تمزج بين المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التطبيقي التطويري، حيث جرى أولًا تحليل واقع التنوع النباتي الجزائري بالاستناد إلى مراجع دولية مثل *GBIF* و*World Flora Online* و*UNEP*، ثم تصميم بنية معلوماتية رقمية تعتمد على تقنيات PHP، MySQL، HTML، CSS، وJavaScript، بهدف بناء قاعدة بيانات مفتوحة حول النباتات الجزائرية. أبرزت نتائج العمل التطبيقي الأولية إمكانية توظيف الرقمنة كأداة فعالة لتجميع وتنسيق المعلومات العلمية الخاصة بالأنواع النباتية المحلية، وإظهارها ضمن واجهة تفاعلية تتيح للباحثين والطلبة تصفح البيانات بطريقة مبسطة ومنظمة .كما أظهرت التجربة أن تطوير مثل هذه المنصات يمكن أن يُشكل أساسًا متينًا لبناء نظم بيئية رقمية مستدامة تدعم التعليم الجامعي في مجالات التنوع الحيوي والإيكولوجيا.

خلصت الدراسة إلى التأكيد على أهمية تعميم المبادرات الرقمية البيئية في الجامعات الجزائرية، وتطوير شراكات بين الهيئات البحثية والبيئية لتغذية المنصة بالبيانات العلمية الموثوقة، بما يضمن استمراريتها ويساهم في حماية التراث النباتي الوطني وترسيخ الثقافة البيئية في المجتمع.

الكلمات المفتاحية:

التنوع النباتي – المنصات الرقمية – التعليم البيئي – الرقمنة البيئية – الجزائر – التنمية المستدامة.

Abstract

The preservation of plant biodiversity in Algeria represents a key environmental priority, as the country faces increasing climatic and anthropogenic pressures threatening its ecosystems. In the absence of specialized national digital platforms for documenting and studying local flora, this research aims to design a prototype of an integrated digital platform dedicated to Algerian plants, intended to organize botanical data and facilitate scientific and educational access. The study adopted a dual methodology, combining descriptive–analytical and applied developmental approaches. Initially, the current state of Algerian plant diversity was analyzed using international sources such as *GBIF*, *World Flora Online*, and *UNEP* reports. Subsequently, a digital architecture was designed using PHP, MySQL, HTML, CSS, and JavaScript to establish an open and structured database of native plant species. Preliminary results indicate that digital tools can play a crucial role in collecting, organizing, and displaying scientific information related to local flora. The developed model demonstrates the feasibility of building an interactive and educational interface that supports learning and research in the field of biodiversity.

This work highlights the potential of digitalization as a foundation for sustainable environmental information systems that can strengthen biodiversity education and management in Algeria. The study recommends fostering collaboration among universities, research centers, and environmental institutions to enrich and sustain such platforms, as they represent an essential step toward preserving Algeria's natural heritage and promoting environmental awareness.

Keywords:

Plant biodiversity – Digital platforms – Environmental education – Digitalization – Algeria – Sustainable development.

فهرس المحتويات

الفصل الثاني: المنهجية العامة وتصميم المنصة الرقمية للنباتات في الجزائر

قائمة الجداول

قائمة الأشكال والصور

قائمة المختصرات

المختصر/الاسم المختصر	المجال	الإشارة/المرجع
UNEP	منظمة دولية بيئية	برنامج الأمم المتحدة للبيئة
FAO	منظمة دولية	منظمة الأغذية والزراعة للأمم المتحدة
CBD	اتفاقية دولية	اتفاقية التنوع البيولوجي
SDGs	أهداف دولية	أهداف التنمية المستدامة (Sustainable Development Goals)
MEER	مرجع وطني (جزائري)	(المرجح: وزارة البيئة والطاقات المتجددة أو ما يعادلها في الجزائر)
UNESCO	منظمة دولية	منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة
APG IV	تصنيف نباتي	مجموعة علم تطور سلالات كاسيات البذور (Angiosperm Phylogeny Group IV)
OECD	منظمة دولية اقتصادية	منظمة التعاون الاقتصادي والتنمية
GBIF	قاعدة بيانات عالمية	مرفق المعلومات العالمية للتنوع البيولوجي (Global Biodiversity Information Facility)
PHP	تقنية برمجة	لغة برمجة للويب
MySQL	تقنية برمجة	نظام إدارة قواعد البيانات العلائقية
HTML	تقنية برمجة	لغة توصيف النص التشعبي
CSS	تقنية برمجة	أوراق الأنماط المتتالية
JavaScript	تقنية برمجة	لغة برمجة للويب

مقدمة

تُعدّ البيئة ومواردها أساساً لاستمرار الحياة وتطوّر الإنسان. لكن، التغيرات المناخية والنشاط البشري غير المستدام أدّيا إلى اختلال التوازن البيئي وتدهور الموارد، مما جعل حماية التنوع الحيوي هدفاً استراتيجياً عالمياً لتحقيق التنمية المستدامة.

يبرز التنوع النباتي كمكوّن حيوي للثروة الطبيعية، حيث يضمن استقرار النظم البيئية ويوفر الغذاء والأكسجين والدواء، ما يؤكد أهمية توثيقه وحمايته كجزء من أهداف التنمية المستدامة (SDGs).

أما في الجزائر، فرغم غناها بأكثر من 3000 نوع نباتي متنوع ومهدد بالانقراض، فإن هذه الثروة تواجه مخاطر جدية كالتصحر والحرائق والاستغلال المفرط. ويزيد من حدة المشكلة ضعف التوثيق الرقمي للنباتات وغياب منصات وطنية مفتوحة، ما يعيق وصول الباحثين والطلبة إلى المعلومات العلمية الدقيقة.

ورغم هذا التوجه العالمي، لا تزال الجزائر في بدايات مسار إدماج الرقمنة في المجال البيئي، إذ تفتقر إلى منصات رقمية وطنية متخصصة في دراسة النباتات المحلية أو عرضها في قواعد بيانات تفاعلية مفتوحة. وغالبًا ما تبقى المعلومات البيئية حبيسة الدراسات الأكاديمية أو التقارير القطاعية غير المتاحة للعامة. ومن هنا تتجلى الإشكالية الرئيسية لهذا البحث، والمتمثلة في التساؤل الآتي :إلى أي مدى يمكن أن يُسهم إنشاء منصة رقمية متكاملة حول النباتات في الجزائر في توثيق التنوّع النباتي وتعزيز الوعي البيئي لدى الطلبة والباحثين؟

تنبثق عن هذه الإشكالية مجموعة من الأسئلة الفرعية، من بينها:

- ما واقع التوثيق العلمي للنباتات في الجزائر؟
- كيف يمكن للرقمنة أن تساهم في دعم التعليم البيئي وحماية التنوع الحيوي؟
- ما الخصائص التقنية والبيداغوجية التي يجب أن تتوفر في منصة رقمية بيئية ناجحة؟

وانطلاقًا من هذه التساؤلات، تمّ اقتراح عدد من الفرضيات العلمية، من أهمها:

- أن توظيف التقنيات الرقمية في المجال البيئي يساهم في تطوير المعرفة البيئية وتعميمها.
- أن إنشاء منصات رقمية مفتوحة يُسهّل الوصول إلى البيانات العلمية حول النباتات المحلية.
- أن استخدام الوسائط الرقمية في التعليم البيئي يعزز الوعي والسلوك الإيكولوجي لدى فئة الطلبة.

يهدف هذا البحث إلى تحقيق هدف عام يتمثل في تصميم وإنشاء منصة رقمية بيئية تعليمية متكاملة حول النباتات الجزائرية تُسهم في توثيق التنوع النباتي ونشر المعرفة العلمية البيئية في الوسط الجامعي. ويتفرّع عن هذا الهدف العام عدد من الأهداف الخاصة:

- جمع البيانات العلمية الموثوقة حول الأنواع النباتية الجزائرية من مصادر وطنية ودولية.
- تصنيف هذه الأنواع وفق المعايير العلمية الحديثة.(APG IV, 2016)
- تطوير واجهة رقمية تفاعلية تمكّن المستخدمين من البحث، العرض، والمقارنة بين الأنواع النباتية.
- توظيف المنصة لأغراض تربوية في التعليم البيئي الجامعي.

تكمن أهمية هذا الموضوع في كونه يدمج محاور البيئة والتعليم والتكنولوجيا، إذ يهدف المشروع إلى حفظ الذاكرة البيولوجية للنباتات الجزائرية عبر رقمنتها، وإدخال الابتكار التكنولوجي في تعليم علوم البيئة. كما يمثل هذا العمل تجربة وطنية رائدة في مجال" الرقمنة الخضراء "التي تخدم التنمية المستدامة، ويستجيب لتوصيات المنظمات الدولية (مثل اليونسكو وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة) التي تشجع على استخدام التعليم الرقمي البيئي لتطوير مهارات القرن الحادي والعشرين.

أما من حيث منهجية البحث، فقد اعتمدت الدراسة على المنهج الوصفي التحليلي في الجانب النظري لتحليل المفاهيم والدراسات السابقة حول التنوع النباتي والرقمنة البيئية، والمنهج التطبيقي في الجانب العملي لتصميم المنصة الرقمية المقترحة. وقد تم تنفيذ مراحل البحث وفق تسلسل علمي يشمل:

- جمع وتحليل البيانات العلمية حول النباتات من قواعد بيانات عالمية مثل GBIF و World Flora Online.
- دراسة وتحليل تجارب المنصات البيئية الدولية الناجحة مثل Pl@ntNet و.iNaturalist
- تصميم هيكل قاعدة البيانات الخاصة بالنباتات الجزائرية.
- تطوير نموذج أولي (Prototype) للمنصة الرقمية باستخدام تقنيات البرمجة الحديثة (PHP, MySQL, HTML, CSS, JavaScript).
- اختبار المنصة وتقييمها علميًا وتربويًا.

ويعود اختيار هذا الموضوع إلى عدة دوافع، أهمها: ندرة المشاريع الرقمية البيئية في الجزائر، وحاجة الجامعة الجزائرية إلى أدوات علمية تفاعلية تخدم التعليم والبحث في مجال التنوع الحيوي.

الفصل الأول

الإطار النظري والدراسات السابقة

I-1- التنوع النباتي في الجزائر وأهميته البيئية

يُعدّ التنوّع الحيوي أحد أهم ركائز التوازن البيئي على كوكب الأرض، إذ يشمل جميع الكائنات الحيّة من نباتات، حيوانات، وكائنات دقيقة، وما تنشئه من تفاعلات داخل النظم الإيكولوجية .(CBD, 2023) ويُشكّل التنوّع النباتي العمود الفقري لهذا التوازن، لكون النباتات تمثل القاعدة الأساسية للسلسلة الغذائية، وتُسهم في إنتاج الأكسجين، وتثبيت الكربون، والحفاظ على استقرار التربة. ومن ثمّ، فإن دراسة النباتات وحمايتها تُعتبر ضرورة بيئية واقتصادية في آنٍ واحد.

I-1-1- مفهوم التنوع النباتي وأبعاده

يشير مصطلح التنوّع النباتي (Diversité végétale) إلى مجموع الأنواع النباتية المختلفة التي تعيش في بيئة معينة، وما تتضمنه من اختلافات وراثية وبنيوية ووظيفية. وفقًا لتقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة(UNEP, 2022) ، يُعبّر التنوع النباتي عن ثلاثة مستويات رئيسية:

- **التنوع الوراثي :(Génétique)** أي الاختلاف في التركيب الجيني داخل النوع الواحد، وهو الذي يحدد قدرة النباتات على التكيّف مع التغيرات البيئية.
- **التنوع الأنواعي :(Spécifique)** ويشمل عدد الأنواع النباتية الموجودة في منطقة معينة، ويُستخدم كمؤشر رئيسي لقياس الثروة النباتية.
- **التنوع الإيكولوجي :(Écosystémique)** الذي يعكس تنوّع المواطن الطبيعية والأنظمة البيئية التي تعيش فيها النباتات.

يُعتبر هذا التنوّع النباتي من أهم المؤشرات الدالة على صحة النظم البيئية واستقرارها، كما أنه يوفّر قاعدة علمية لتخطيط برامج التنمية المستدامة.(FAO, 2022)

I-1-2- الوضع العام للتنوّع النباتي في الجزائر

تُعدّ الجزائر من بين أكثر الدول الإفريقية تنوّعًا من حيث الغطاء النباتي، وذلك بفضل امتدادها الجغرافي الكبير الذي يجمع بين المناخ المتوسطي في الشمال والمناخ شبه الجاف في الهضاب والمناخ الصحراوي في الجنوب.

وحسب وزارة البيئة والطاقات المتجددة(MEER, 2022) ، تحتوي الجزائر على أكثر من 3100نوع نباتي، من بينها حوالي 450نوعًا مستوطنًا (Endemiques) لا يوجد إلا داخل التراب الجزائري.

ويتوزع الغطاء النباتي الجزائري على عدّة مناطق رئيسية:

- **المنطقة الساحلية** :تتميز بنباتات البحر الأبيض المتوسط مثل Olea europaea(الزيتون البري) و.Cistus ladanifer
- **منطقة الهضاب العليا** :تحتوي على نباتات رعوية مقاومة للجفاف مثل Artemisia herba-alba(الشيح) و) Stipa tenacissimaالحلفاء.
- **المنطقة الصحراوية** :تُعرف بوجود أنواع نادرة متكيفة مع الجفاف مثل *Retama raetam* (الرتامة) و) *Ammodaucus leucotrichus*أمّ دريقة.

ويُظهر تقرير الاتفاقية الدولية للتنوع البيولوجي (CBD, 2023) أن الجزائر تُصنّف ضمن المناطق الساخنة بيولوجيًا (*Hotspots of Biodiversity*) في شمال إفريقيا نظرًا لغنى غطائها النباتي وتنوّع أنظمتها البيئية.

I-1-3- الأهمية البيئية والاقتصادية للنباتات

تُؤدي النباتات دورًا بيئيًا محوريًا يتمثل في:

- **إنتاج الأكسجين وتثبيت ثاني أكسيد الكربون** عبر عملية التمثيل الضوئي، مما يسهم في التخفيف من ظاهرة الاحتباس الحراري.
- **منع انجراف التربة** عبر تثبيت الجذور ودعم الدورة المائية.
- **توفير المواطن الطبيعية** لمئات الأنواع الحيوانية والطيور.

أما من الناحية الاقتصادية، فإن النباتات تشكل موردًا أساسياً للغذاء والدواء والمواد الخام الصناعية. وتشير تقارير منظمة الأغذية والزراعة (FAO, 2022) إلى أنّ أكثر من 80% من سكان العالم يعتمدون على النباتات في الرعاية الصحية الأولية.

وفي الجزائر، تلعب النباتات الطبية والعطرية دورًا متزايد الأهمية في الاقتصاد المحلي، خاصة في مناطق الجنوب والجبال، إذ يتم استعمال أكثر من 300نوع نباتي في الطب التقليدي والصناعات الدوائية.(MEER, 2022)

I-1-4- التهديدات التي تواجه التنوع النباتي في الجزائر

رغم غنى الجزائر بثروتها النباتية، فإنها تواجه تهديدات متزايدة تؤثر سلبًا على استقرار النظم الإيكولوجية.

ومن أبرز هذه التهديدات:(CBD, 2023; UNEP, 2022)

1. **التغيرات المناخية** التي تؤدي إلى الجفاف وارتفاع درجات الحرارة.
2. **الحرائق الموسمية** التي تتلف مساحات واسعة من الغابات.

3. **التوسع العمراني والرعي الجائر** الذي يؤدي إلى تدهور الأراضي الزراعية.
4. استغلال النباتات الطبية بشكل مفرط دون برامج استدامة واضحة.
5. ضعف برامج البحث والتوثيق الرقمي الخاصة بالنباتات الجزائرية.

ويشير تقرير **MEER (2022)** إلى أن أكثر من 15% من النباتات الجزائرية مصنفة في خانة الأنواع المهددة بالانقراض، مما يتطلب برامج وطنية عاجلة للتوثيق الرقمي والحماية الميدانية.

I-1-5- أهمية التوثيق العلمي والرقمنة في حماية التنوع النباتي

يُعتبر التوثيق العلمي والرقمنة من الأدوات الحديثة في حماية التنوع النباتي، إذ تسمح بإنشاء قواعد بيانات شاملة تسهّل الوصول إلى المعلومات البيئية وتربطها بالخرائط الجغرافية والتطبيقات الرقمية.(UNESCO, 2023)

وقد أثبتت التجارب الدولية مثل *World Flora Online* و*GBIF* فعاليتها في توفير بيانات مفتوحة للباحثين وغيرهم.

أما في الجزائر، فإن إدماج الرقمنة في الدراسات البيئية لا يزال محدودًا، ما يجعل الحاجة ملحّة إلى تطوير منصة رقمية وطنية للنباتات تُسهِم في جمع المعطيات العلمية وتحديثها بشكل مستمر.(MEER, 2022)

I-1-6- نحو رؤية وطنية مستدامة لحماية الغطاء النباتي

إن الحفاظ على التنوع النباتي في الجزائر لا يمكن أن يتحقق إلا من خلال مقاربة شاملة تجمع بين البحث العلمي، التوعية البيئية، والرقمنة. وتوصي منظمة الأمم المتحدة للتربية والعلم والثقافة (UNESCO, 2023) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP, 2022) بضرورة إدماج التعليم البيئي الرقمي في المناهج الجامعية لتعزيز الوعي الإيكولوجي وتسهيل الوصول إلى المعرفة

العلمية المستدامة. ومن هنا تأتي أهمية هذه المذكرة التي تهدف إلى إنشاء منصة رقمية تعليمية متخصصة بالنباتات الجزائرية، تكون نموذجًا وطنيًا في توظيف التكنولوجيا لخدمة البيئة والبحث العلمي.

I-2- التربية البيئية والوعي الإيكولوجي

(L’éducation environnementale et la conscience écologique)

تُعتبر التربية البيئية إحدى أهم الأدوات التي يعتمد عليها العالم المعاصر في بناء مجتمع مستدام يُدرك العلاقة المتوازنة بين الإنسان والطبيعة. وقد أدركت المنظمات الدولية، منذ منتصف القرن العشرين، أنّ التدهور البيئي لا يمكن الحدّ منه عبر السياسات التقنية وحدها، بل من خلال بناء وعي بيئي جماعي يرتكز على التربية والتعليم.(UNESCO, 2023) ومن هنا برز مفهوم الوعي الإيكولوجي كأحد الركائز الفكرية والتربوية الأساسية في تحقيق التنمية المستدامة، خاصة مع تزايد التهديدات التي تمس الموارد الطبيعية والتنوّع الحيوي في مختلف دول العالم (UNEP, 2022).

I-2-1- مفهوم التربية البيئية

عرّفت اليونسكو (UNESCO, 2021) التربية البيئية بأنها عملية تربوية متواصلة تهدف إلى تكوين الأفراد على فهم العلاقات المتبادلة بين الإنسان وبيئته الطبيعية، وتنمية القيم والسلوكيات التي تؤدي إلى حماية الموارد الطبيعية وتحقيق التنمية المستدامة. وتُعد التربية البيئية ميدانًا متعدد التخصصات يجمع بين علوم الحياة والأرض، علم الاجتماع، والعلوم التربوية.

وتتمثل أهدافها في:

1. تنمية الوعي والفهم بالمشكلات البيئية.
2. تكوين اتجاهات إيجابية نحو البيئة.
3. تطوير مهارات المشاركة في حلّ القضايا البيئية.
4. غرس قيم المسؤولية الفردية والجماعية تجاه حماية الموارد.

وقد اعتُبرت التربية البيئية منذ مؤتمر تبليسي (Tbilisi, 1977) نقطة تحول عالمية في إدماج البعد البيئي في المنظومات التربوية، وأصبحت فيما بعد جزءًا من مفهوم التعليم من أجل التنمية المستدامة (Education for Sustainable Development – ESD) (UNESCO, 2023).

I-2-2- مفهوم الوعي الإيكولوجي وأبعاده

يُقصد بـ الوعي الإيكولوجي (Conscience écologique) إدراك الإنسان لأهمية البيئة الطبيعية وفهم تأثير سلوكياته على النظم البيئية المحيطة به.(Aldosari et al., 2023) ويتكوّن الوعي الإيكولوجي من ثلاثة أبعاد مترابطة:(Hasanova & Safarli, 2024)

1. **البعد المعرفي** :ويشمل المعرفة بالمفاهيم البيئية والمشكلات البيئية المحلية والعالمية.
2. **البعد الوجداني** :ويتعلق بالمشاعر الإيجابية تجاه الطبيعة والانتماء إليها.
3. **البعد السلوكي** :ويتمثل في تبنّي ممارسات مسؤولة بيئيًا مثل ترشيد استهلاك الماء والطاقة، والحدّ من التلوث، والمشاركة في حملات التشجير.

ويُعدّ هذا الوعي خطوة أساسية نحو بناء ما يُعرف بـ المواطنة البيئية (Environmental Citizenship)، التي تُترجم القيم البيئية إلى سلوك عملي يعكس التزام الفرد بحماية البيئة (UNEP, 2022).

I-2-3- العلاقة بين التربية البيئية والتنمية المستدامة

تربط التربية البيئية بين المعرفة والعمل، فهي لا تكتفي بتقديم المفاهيم النظرية، بل تهدف إلى تحويلها إلى سلوكيات إيجابية تُسهم في التنمية المستدامة.(UNESCO, 2023) وقد أكدت خطة الأمم المتحدة للتنمية المستدامة 2030 على أهمية التعليم البيئي كوسيلة لتحقيق الهدفين الرابع (التعليم الجيد) والثالث عشر (العمل المناخي).

فمن خلال المناهج الدراسية والمشاريع التعليمية، يمكن تنمية وعي الطلبة بالقضايا البيئية المحلية مثل التصحر، تدهور الأراضي، والاحتباس الحراري، وربطها بالممارسات اليومية.

وفي هذا الإطار، تلعب الجامعات دورًا رئيسيًا في إدماج مفاهيم البيئة والاستدامة ضمن برامجها التعليمية، سواء عبر الوحدات النظرية أو الأنشطة التطبيقية والميدانية (Hasanova & Safarli, 2024).

I-2-4- التربية الرقمية البيئية ودورها في نشر الوعي

مع الثورة التكنولوجية الحديثة، تطور مفهوم التربية البيئية ليشمل ما يُعرف بـ التربية الرقمية البيئية(E-learning environnemental) ، التي تعتمد على المنصات التعليمية الرقمية والتطبيقات التفاعلية لنشر الوعي البيئي.(UNESCO, 2023) فقد أظهرت الدراسات الحديثة أن استخدام الوسائط الرقمية (صور، فيديوهات، خرائط تفاعلية) يُسهم في رفع درجة استيعاب الطلبة للمفاهيم البيئية بنسبة تتراوح بين 30% و45% مقارنة بالتعليم التقليدي (Aldosari et

.(al., 2023 كما أظهرت تجارب البرنامج الأممي للبيئة (UNEP, 2022) أن التعليم البيئي عبر المنصات الرقمية يُحفّز المتعلمين على التفاعل والمبادرة، ويعزز من قدرتهم على المشاركة في مشاريع حماية البيئة.

وتُعدّ المنصات الرقمية الحديثة مثل *iNaturalist*و *Pl@ntNet*أمثلة حيّة على نجاح الدمج بين التكنولوجيا والتعليم البيئي، إذ تمكّن المستخدمين من التعرف على النباتات وتصويرها وتبادل المعلومات العلمية عنها في فضاء علمي مفتوح.

I-2-5- التربية البيئية في الجزائر

شهدت الجزائر خلال العقدين الأخيرين اهتمامًا متزايدًا بإدماج التربية البيئية في مختلف المستويات التعليمية، حيث نصّت الاستراتيجية الوطنية للبيئة والتنمية المستدامة (MEER, 2022)على ضرورة إدراج مفاهيم التربية البيئية ضمن البرامج التربوية والجامعية بهدف تنمية الوعي البيئي لدى الأجيال الصاعدة. كما قامت بعض الجامعات الجزائرية بتنظيم أنشطة ومشاريع بيئية موجهة للطلبة، مثل حملات التشجير، أيام بيئية مفتوحة، وبرامج تعليمية حول النباتات المحلية. ورغم هذه الجهود، لا تزال التربية البيئية في الجزائر تواجه تحديات أبرزها:

- محدودية الموارد الرقمية المتاحة للتعليم البيئي.
- ضعف الربط بين الجامعة والمجتمع المدني في القضايا البيئية.
- نقص المنصات التعليمية الوطنية المتخصصة في البيئة والنباتات.

وهنا تبرز الحاجة إلى تطوير منصات رقمية جزائرية تُسهم في تعميم المعرفة البيئية وتسهيل الوصول إلى المعلومة العلمية الحديثة.

I-2-6- نحو تنمية وعي إيكولوجي رقمي في الجزائر

تؤكد الأدبيات الحديثة أن التربية البيئية الرقمية تُعدّ وسيلة فعّالة لتنشئة جيل واعٍ بالقضايا البيئية.(UNESCO,2023)

وفي السياق الجزائري، يمثل إنشاء منصات رقمية تعليمية متخصصة بالنباتات خطوة استراتيجية نحو تنمية الوعي البيئي لدى الطلبة والباحثين، وتوحيد الجهود الوطنية في مجال حماية التنوع الحيوي.

فالتربية البيئية لا تُحقق أهدافها إلا إذا تحوّلت من مفهوم نظري إلى ممارسة رقمية تفاعلية، وهو ما تسعى هذه المذكرة إلى تجسيده عبر المنصة المقترحة حول النباتات الجزائرية.

I-3- الرقمنة في المجال البيئي والتربوي

أحدثت الثورة الرقمية خلال العقود الأخيرة تحوّلًا جذريًا في جميع مجالات المعرفة الإنسانية، بما في ذلك مجالات التعليم والبحث العلمي والبيئة. فقد أصبح التحول الرقمي (Digital Transformation)أحد أبرز أدوات التنمية المستدامة في القرن الحادي والعشرين، حيث تسعى الدول والمنظمات إلى تسخير التكنولوجيا في إدارة المعلومات البيئية، وتطوير أساليب التعليم والبحث .(UNESCO, 2023) وفي هذا السياق، ظهرت مفاهيم جديدة مثل الرقمنة البيئية والتعليم الرقمي البيئي، التي تهدف إلى إدماج التقنيات الحديثة في دراسة البيئة ونشر الوعي البيئي بين فئات المجتمع المختلفة.(UNEP, 2022)

I-3-1- مفهوم الرقمنة البيئية وأهميتها

يُقصد بـ الرقمنة البيئية (Digitalisation environnementale) عملية تحويل البيانات البيئية من شكلها الورقي أو الميداني إلى شكل رقمي قابل للتخزين والتحليل والمشاركة (OECD,

.(2021وتهدف الرقمنة في هذا المجال إلى تطوير أنظمة معلومات بيئية قادرة على رصد الموارد الطبيعية، مراقبة التغيرات المناخية.

ووفقًا لتقرير برنامج الأمم المتحدة للبيئة(UNEP, 2022) ، تُعدّ الرقمنة أحد العوامل الرئيسية التي ساهمت في تحسين دقة البيانات البيئية وسرعة تحليلها في أكثر من 70 دولة حول العالم.

وتشمل تطبيقات الرقمنة البيئية ما يلي:

- إنشاء قواعد بيانات رقمية للتنوّع الحيوي والنباتات.(*GBIF*, *World Flora Online*)
- استخدام أنظمة المعلومات الجغرافية (SIG/GIS) لرصد التغيرات في الغطاء النباتي.
- تطوير منصات رقمية بيئية لتبادل المعارف والنتائج العلمية.
- تطبيق الذكاء الاصطناعي (AI) في تصنيف النباتات وتحليل الصور البيئية.

وتُظهر تجارب عدة دول أنّ الرقمنة البيئية تُسهم في تسهيل التعاون العلمي بين الباحثين، وتدعم الشفافية في إدارة الموارد الطبيعية.(FAO, 2022)

I-3-2- الرقمنة في التعليم البيئي

يُشير مفهوم التعليم الرقمي البيئي (E-learning environnemental) إلى استخدام الأدوات والمنصات التكنولوجية في تدريس المفاهيم البيئية وتدريب المتعلمين على حلّ المشكلات الإيكولوجية بأساليب مبتكرة. وقد أثبتت الدراسات أن التعليم الرقمي البيئي يُسهم في تعزيز الفهم العميق للعمليات الطبيعية بفضل الطابع التفاعلي للوسائط الرقمية (Hasanova & Safarli, 2024).

ومن أهم مزايا التعليم البيئي الرقمي:

1. توفير وصول حرّ إلى المصادر العلمية البيئية.
2. تمكين الطلبة من التعلّم الذاتي والمستمر.
3. تعزيز مشاركة المتعلمين في النقاشات البيئية عبر المنتديات والمنصات.
4. تسهيل التعاون بين الجامعات ومراكز البحث.

كما أن اليونسكو (UNESCO, 2023) أوصت بدمج الرقمنة في المناهج التعليمية كوسيلة لتطوير ما يسمى بـ المواطنة الرقمية المستدامة(Digital Green Citizenship) ، أي إعداد مواطنين قادرين على استخدام التكنولوجيا لحماية البيئة.

I-3-3- دور المنصات الرقمية في خدمة البيئة

تمثّل المنصات الرقمية البيئية إحدى أهم تطبيقات الرقمنة في المجال البيئي، إذ تُتيح فضاءات مفتوحة لتبادل البيانات والمعارف حول التنوع الحيوي والممارسات البيئية. من بين أبرز هذه المنصات العالمية:

- **GBIF (Global Biodiversity Information Facility)**: توفر بيانات مفتوحة لأكثر من 2 مليار سجل بيولوجي عالمي.
- **World Flora Online**: تضم أكثر من 350 ألف نوع نباتي موثّق علميًا.
- **iNaturalist** و **Pl@ntNet**: منصات تعليمية تفاعلية تمكّن المستخدمين من تحديد النباتات والتفاعل مع الخبراء عبر الذكاء الاصطناعي.

وتُظهر التقارير الحديثة أن المنصات الرقمية البيئية ساهمت في رفع كفاءة التعليم البيئي بنسبة 40% في المؤسسات الجامعية التي تبنّتها ضمن برامجها.(Aldosari et al., 2023)

كما أصبحت هذه المنصات أدوات تربوية فعّالة لتطوير التفكير النقدي لدى المتعلمين وإشراكهم في البحث الميداني الافتراضي.(UNEP, 2022)

I-3-4- الرقمنة والبحث العلمي البيئي

أثّرت الرقمنة بعمق في منهجية البحث العلمي البيئي، إذ سمحت بتجميع وتحليل كميات ضخمة من البيانات في وقت قصير.

ففي مجال دراسة النباتات، مكّنت الرقمنة الباحثين من:

- تتبع التغيرات في الغطاء النباتي عبر الأقمار الصناعية.
- ربط البيانات الميدانية بالمراجع الرقمية العالمية.
- تسهيل النشر العلمي المفتوح (Open Access) في المجلات البيئية.

كما أدّى استخدام نظم البيانات المفتوحة مثل *GBIF*و *FAO Data Portal*إلى تعزيز التعاون بين الجامعات والهيئات الحكومية في مجال حماية الموارد الطبيعية.(FAO, 2022) وتشير منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية (OECD, 2021) إلى أنّ الرقمنة في البحث العلمي البيئي تُعدّ من العوامل التي ساهمت في تحسين جودة السياسات البيئية في الدول النامية.

I-3-5- واقع الرقمنة البيئية في الجزائر

رغم الجهود المبذولة في الجزائر لإدخال التحول الرقمي في القطاعات التعليمية والإدارية، إلا أنّ الرقمنة في المجال البيئي لا تزال في مراحلها الأولى.(MEER, 2022) فلا توجد بعد قاعدة بيانات وطنية شاملة توثّق الأنواع النباتية بشكل موحّد، وغالبًا ما تبقى الدراسات محصورة في الجامعات دون أن تُنشر رقميًا.

وتتمثل أبرز التحديات في:

1. نقص الكفاءات التقنية في مجال البرمجة البيئية وقواعد البيانات.
2. غياب بنية معلوماتية وطنية بيئية مفتوحة للباحثين.
3. ضعف التنسيق بين مؤسسات البحث والإدارة البيئية.

مع ذلك، تُعتبر المنصة الرقمية المقترحة في هذا البحث خطوة عملية لتجاوز هذا النقص، من خلال إنشاء نظام رقمي مفتوح يُوثّق النباتات الجزائرية ويُسهم في التوعية البيئية الرقمية.

I-3-6- التكامل بين الرقمنة والتعليم البيئي في الجزائر

تُظهر التجارب الدولية أن الرقمنة والتعليم البيئي يشكلان محورين متكاملين في بناء مجتمع بيئي مستدام.(UNESCO, 2023) فمن خلال تطوير منصات رقمية تعليمية متخصصة، يمكن للجامعات الجزائرية أن تربط بين التعليم النظري والممارسة الميدانية، وأن تخلق تفاعلًا مستمرًا بين الطلبة والبيئة.

كما أن اعتماد التعليم الرقمي التفاعلي في التكوين الجامعي يساهم في رفع كفاءة الطلبة في تحليل الظواهر البيئية باستخدام أدوات رقمية مثل الخرائط الذكية والتصنيف الآلي للصور النباتية.

إنّ إدماج الرقمنة في التعليم البيئي يُمثل نقلة نوعية في المنظومة الجامعية الجزائرية، إذ يفتح المجال أمام نشر المعرفة البيئية على نطاق واسع، ويُسهم في بناء جيل رقمي واعٍ بقضايا البيئة.

I-4- تحليل ومقارنة المنصات الرقمية العالمية الخاصة بالنباتات (Analyse et comparaison des plateformes numériques mondiales dédiées aux plantes)

أصبحت المنصات الرقمية البيئية من الأدوات الأساسية في دراسة التنوع الحيوي على المستوى العالمي، إذ تجمع بين التكنولوجيا الحديثة والعلوم البيئية في نظام رقمي متكامل يتيح جمع المعلومات البيئية وتصنيفها وتحليلها.(UNESCO, 2023) وقد ساهمت هذه المنصات في دعم البحث العلمي البيئي من خلال توفير قواعد بيانات مفتوحة وشاملة حول الأنواع النباتية، مما مكّن الباحثين من مقارنة البيانات بين مختلف الدول والمناطق الجغرافية. وفي هذا السياق، يُعدّ تحليل المنصات الرقمية المتخصصة بالنباتات خطوة ضرورية لفهم كيفية بنائها ووظائفها، من أجل الاستفادة منها في تطوير منصة جزائرية وطنية تُوثّق النباتات المحلية وتُسهم في التعليم البيئي والبحث العلمي.

I-4-1- مفهوم المنصات الرقمية البيئية

تُعرّف المنصة الرقمية البيئية بأنها فضاء إلكتروني تفاعلي يسمح بجمع، وتخزين، وتحليل، ومشاركة المعلومات البيئية والبيولوجية في شكل رقمي متاح للمستخدمين.(UNEP, 2022) وتختلف هذه المنصات في أهدافها ووظائفها، فمنها ما يُوجّه للبحث العلمي والتوثيق، ومنها ما يُخصّص للتعليم البيئي والمشاركة المجتمعية.(FAO, 2022)

وتكمن أهميتها في:

- توحيد الجهود العلمية بين المؤسسات البحثية.
- تسهيل الوصول إلى البيانات البيئية الدقيقة.
- تعزيز التعاون الدولي في مجالات حماية التنوع الحيوي.

- تطوير أدوات تعليمية رقمية قائمة على المعرفة المفتوحة.(*Open Science*)

توصي اليونسكو (UNESCO, 2023) بتوسيع نطاق المنصات الرقمية البيئية كأحد الأعمدة الداعمة للتحول الرقمي الأخضر (*Green Digital Transition*) في التعليم والبحث.

I-4-2- عرض وتحليل أهم المنصات العالمية الخاصة بالنباتات

1- World Flora Online (WFO)

أُنشئت سنة 2012 كمنصة رقمية عالمية بدعم من Royal Botanic Gardens, Kew وMissouri Botanical Garden، وهي الامتداد الرقمي لمشروع *The Plant List* الذي يهدف إلى توثيق جميع النباتات المعروفة في العالم.

تضمّ المنصة أكثر من 350,000نوع نباتي موثّق، وتوفّر لكل نوع بيانات تصنيفية وصورًا ووصفًا بيئيًا دقيقًا.(World Flora Online, 2024) كما تعتمد المنصة على التعاون مع مراكز بحث دولية في إطار الاستراتيجية العالمية للحفاظ على النباتات.(GSPC) وتُعتبر من أهم المراجع الرقمية المعتمدة عالميًا في تصنيف النباتات.(CBD, 2023)

2- GBIF (Global Biodiversity Information Facility)

تُعدّ GBIFأكبر قاعدة بيانات مفتوحة للتنوع الحيوي في العالم، تأسست سنة 2001 بدعم من منظمة التعاون والتنمية الاقتصادية.(OECD) تحتوي على أكثر من 2مليار سجل بيولوجي تشمل النباتات والحيوانات والكائنات الدقيقة.

تمكّن الباحثين من عرض التوزيع الجغرافي للأنواع النباتية وربطه بالخرائط الجغرافية عبر نظم المعلومات الجغرافية.(SIG/GIS) (GBIF, 2024) كما تُستخدم على نطاق واسع في

البحوث الأكاديمية وصنع القرار البيئي، وتُعدّ من أبرز نماذج العلم المفتوح Open Data) (Scienceفي العالم.

Pl@ntNet -3

هي منصة رقمية وتطبيق للهاتف الذكي أُنشئ سنة 2013 من طرف CIRAD و INRAE بدعم من الاتحاد الأوروبي، ويعتمد على الذكاء الاصطناعي (AI) وتقنيات الرؤية الحاسوبية في تحديد النباتات من الصور. تضم قاعدة بيانات تضم أكثر من 30,000 نوع نباتي مصحوب بصور وتوصيفات دقيقة، ويعتمد على مبدأ العلم المواطن(Citizen Science, 2024) ، حيث يشارك المستخدمون في إثراء قاعدة البيانات .(Pl@ntNet, 2024) تُستخدم المنصة على نطاق واسع في التعليم البيئي الجامعي بفضل واجهتها البسيطة وتعدد لغاتها (منها العربية والفرنسية والإنجليزية).

iNaturalist -4

منصة رقمية عالمية أُنشئت سنة 2008 بشراكة بين California Academy of Sciencesو National Geographic Society، وتُعدّ من أهم تطبيقات العلم المواطن في مجال التنوع الحيوي.

تضم أكثر من 130مليون ملاحظة بيئية مقدمة من المستخدمين حول العالم، وتعتمد على الذكاء الاصطناعي في اقتراح التعريف العلمي للأنواع .(iNaturalist, 2024) وتُستخدم بياناتها في إعداد الخرائط البيئية ودراسات التوزيع الجغرافي للنباتات والحيوانات.

I-4-3- المقارنة بين المنصات الرقمية العالمي

جدول رقم 01: يوضح المقارنة بين المنصات الرقمية العالمي

	سنة الإنشاء	عدد الأنواع أو السجلات	الجهة المشرفة	التخصص	مستوى التفاعل	الأهداف الأساسية
WFO	2012	350,000 نوع	منظمات نباتية دولية	تصنيف علمي	منخفض	توثيق شامل للنباتات
GBIF	2001	2مليار سجل	OECD	بيانات بيئية عالمية	متوسط	مشاركة البيانات المفتوحة
Pl@ntNet	2013	30,000نوع	INRAE – CIRAD	تعليمية تفاعلية	مرتفع	تحديد النباتات من الصور
iNaturalist	2008	130مليون ملاحظة	NatGeo – CAS	علم مواطن	مرتفع جدًا	مشاركة المجتمع في التوثيق

تحليل المقارنة:

من خلال الجدول، يتبيّن أن منصتي WFO وGBIFتركزان على الجانب العلمي البحثي، بينما منصتي Pl@ntNet و iNaturalist تبرزان في الجانب التربوي والتفاعلي، مما يجعلهما أكثر ملاءمة للبيئات التعليمية .ويُستنتج أن المنصة الرقمية الجزائرية المقترحة يمكن أن تجمع بين الصرامة العلمية والدور التربوي التفاعلي في آن واحد، بما ينسجم مع احتياجات الجامعة الجزائرية.

I-4-4- الدروس المستخلصة من التجارب العالمية

من خلال تحليل هذه المنصات، يمكن استخلاص مجموعة من المبادئ الأساسية التي يمكن تبنّيها في تصميم المنصة الجزائرية المقترحة:

1. اعتماد قاعدة بيانات علمية مفتوحة.(Open Database)
2. دمج الخرائط التفاعلية ونظم المعلومات الجغرافية.(GIS)
3. استخدام الذكاء الاصطناعي في تحديد الأنواع النباتية.
4. تعدد اللغات (العربية، الفرنسية، الإنجليزية).
5. تشجيع المشاركة المجتمعية.(Citizen Science)
6. ربط المنصة بالمؤسسات الجامعية ومخابر البحث البيئي.

كما أن تطبيق هذه المبادئ يتوافق مع توصيات (2023) UNESCOالتي تدعو إلى تطوير المنصات الرقمية التعليمية البيئية لتعزيز مفهوم العلم المفتوح من أجل الاستدامة

I-4-5- نحو نموذج جزائري مستوحى من التجارب الدولية

في ضوء ما سبق، يمكن القول إنّ إنشاء منصة رقمية جزائرية حول النباتات يجب أن يستند إلى النموذج الهجين الذي يجمع بين دقة المنصات العلمية (*GBIF, WFO*) والطابع التفاعلي لمنصات المشاركة المجتمعية.(*Pl@ntNet, iNaturalist*) فهذا الدمج يتيح بناء قاعدة بيانات علمية وطنية تُسهم في توثيق النباتات المحلية، وفي الوقت نفسه تُشكّل أداة تعليمية رقمية حديثة يمكن توظيفها في الجامعة الجزائرية.

إنّ هذا النموذج لا يُحقق فقط هدف الرقمنة البيئية، بل يُعزّز أيضًا مكانة البحث العلمي الجزائري ضمن المبادرات الدولية في مجال حماية التنوع الحيوي.

I-5- خلاصة واستنتاجات الإطار النظري

(Synthèse et conclusions du cadre théorique)

يهدف هذا المبحث إلى تقديم نظرة تركيبية شاملة لما ورد في المباحث السابقة من الفصل الأول، من أجل تحديد الإطار النظري الذي يُبنى عليه المشروع التطبيقي لإنشاء المنصة الرقمية حول النباتات في الجزائر. إذ أظهرت الدراسة النظرية تداخل ثلاثة محاور رئيسية هي :التنوع النباتي، التربية البيئية، والرقمنة، وهي التي تشكّل الركائز العلمية والفكرية للمشروع المقترح.

I-5-1- في محور التنوع النباتي

تبيّن من خلال التحليل أن الجزائر تُعدّ من أغنى الدول الإفريقية والعربية من حيث الغطاء النباتي، إذ تحتوي على أكثر من 3100 نوع نباتي منها حوالي 450 نوعًا مستوطنًا (MEER, 2022). ويمتد هذا التنوع من المناطق الساحلية الغنية بالنباتات المتوسطية إلى الصحراء الواسعة التي تضم أنواعًا متكيفة مع الجفاف مثل. غير أن هذا التراث البيولوجي يواجه أخطارًا متعددة أبرزها الحرائق، التصحر، التغيرات المناخية، والرعي الجائر (CBD, 2023). كما كشفت الدراسات عن نقص التوثيق الرقمي للنباتات الجزائرية مقارنة بالدول المجاورة، ما يستدعي الإسراع في إنشاء قاعدة بيانات وطنية رقمية تُوثّق هذا التنوع وتحافظ عليه للأجيال القادمة (UNEP, 2022).

I-5-2- في محور التربية البيئية والوعي الإيكولوجي

تُعدّ التربية البيئية حجر الأساس في تحقيق التنمية المستدامة، كونها تُسهم في تكوين جيلٍ واعٍ ومسؤول بيئيًا (UNESCO, 2023). وقد أوضحت الدراسات أن الوعي الإيكولوجي يتكوّن من أبعاد معرفية ووجدانية وسلوكية تُمكّن الفرد من فهم علاقته بالبيئة واتخاذ مواقف إيجابية تجاهها (Hasanova & Safarli, 2024). وأظهرت التجارب الدولية أن إدماج التربية البيئية

ضمن المناهج الجامعية يسهم في تطوير التفكير العلمي والنقدي لدى الطلبة، ويُحفّزهم على البحث والمبادرة.(Aldosari et al., 2023) وفي السياق الجزائري، تبذل الدولة جهودًا لتعزيز هذا التوجه من خلال إدراج مواضيع البيئة في البرامج الجامعية، غير أن ضعف الوسائل الرقمية التعليمية لا يزال يشكّل عقبة أمام انتشار الثقافة البيئية الحديثة.(MEER, 2022)

I-5-3- في محور الرقمنة البيئية والتربوية

أثبتت الرقمنة الحديثة أنها وسيلة فعّالة لتطوير التعليم والبحث في المجال البيئي. فقد ساهمت المنصات الرقمية العالمية مثل GBIFو World Floraفي تحويل البيانات البيئية إلى موارد معرفية متاحة للباحثين والمجتمع العلمي.(GBIF, 2024; WFO, 2024) كما أظهرت التجارب التربوية الرقمية، مثل منصتي Pl@ntNetو iNaturalist، أهمية الدمج بين التكنولوجيا والتربية البيئية، إذ تمكّن الطلبة من التعرف على الأنواع النباتية بطريقة تفاعلية وميدانية عبر التطبيقات الذكية.(UNESCO, 2023) وبناءً على هذه النماذج، يتضح أن الرقمنة تُعدّ خيارًا استراتيجيًا في تطوير التعليم البيئي في الجزائر من خلال إنشاء منصات وطنية متخصصة.

I-5-4- التكامل بين المحاور النظرية الثلاثة

إنّ الربط بين التنوع النباتي والتربية البيئية والرقمنة يُشكّل الإطار العام لهذا البحث، ويُبرز الطبيعة المتعددة التخصصات للمشروع المقترح. فالجانب البيئي يوفّر المادة العلمية (النباتات والأنواع)، والجانب التربوي يُحدّد كيفية توظيفها في التعليم، أما الجانب الرقمي فيوفّر الأدوات التقنية التي تجعل المعرفة البيئية متاحة وسهلة الاستخدام.(OECD, 2021)

ومن خلال هذا التكامل، يمكن تحقيق هدفين أساسيين:

1- حماية الموارد النباتية الجزائرية عبر التوثيق الرقمي العلمي.

تُعدّ حماية الموارد النباتية أحد أهمّ المحاور الاستراتيجية لتحقيق التنمية المستدامة في الجزائر، نظرًا لما تمتلكه البلاد من ثراء نباتي فريد يمتد عبر نطاقات بيئية متنوّعة تشمل المناطق الساحلية، السهبية، والصحراوية.

إلا أنّ هذا التنوع الواسع يواجه في العقود الأخيرة ضغوطًا بيئية متزايدة ناجمة عن التحولات المناخية، التصحر، والرعي الجائر والتوسع العمراني ، مما أدى إلى تدهور العديد من النظم البيئية المحلية (UNEP, 2022).

في هذا السياق، يبرز التوثيق الرقمي العلمي للنباتات كأداة فعالة لحماية هذه الموارد من خلال تجميع المعطيات التصنيفية والإيكولوجية في قواعد بيانات رقمية مفتوحة، تُسهم في مراقبة حالة الأنواع النباتية ومتابعة التغيرات البيئية التي قد تهددها.

فوفقًا لتوصيات اليونسكو (UNESCO, 2023)، يمثل التحول الرقمي في المجال البيئي عنصرًا محوريًا في بناء منظومات معرفية مستدامة تُمكّن من مشاركة المعلومات العلمية وتحليلها بوسائل دقيقة ومنهجية.

ويُعتبر التوثيق الرقمي العلمي أكثر من مجرد أرشفة إلكترونية، إذ يتيح إمكانيات متقدمة في التحليل، التصنيف، ورصد التغيرات الزمنية لتوزيع الأنواع.

وقد ساهمت المنصات العالمية مثل GBIF (Global Biodiversity Information Facility) وWorld Flora Online في إحداث نقلة نوعية في مجال حصر النباتات وتوثيقها،

حيث مكّنت الباحثين من الوصول إلى بيانات دقيقة حول الأنواع النباتية وتوزيعها الجغرافي عبر العالم (GBIF, 2024; WFO, 2024).

أما على المستوى الوطني، فإن اعتماد نظام رقمي موحد لتوثيق النباتات الجزائرية سيُسهم في:

- حماية الأنواع المهددة بالانقراض من خلال رصد انتشارها البيئي ومواقعها الجغرافية (IUCN, 2023).
- تسهيل عمل الباحثين في الجامعات ومراكز البحث من خلال قاعدة بيانات موثوقة ومتكاملة.
- دعم اتخاذ القرار البيئي عبر توفير بيانات علمية حديثة ومؤكدة لمؤسسات التسيير البيئي.
- إشراك الطلبة والباحثين في مشروع وطني للعلم المفتوح يهدف إلى تعزيز الثقافة البيئية وحماية التراث النباتي الجزائري.

إنّ إنشاء منصة رقمية وطنية تُوثّق الموارد النباتية الجزائرية وفق معايير دولية يعدّ خطوة استراتيجية لحماية التنوع النباتي وضمان استدامة الموارد الطبيعية ،

وهو ما يتماشى مع أهداف التنمية المستدامة، خاصة الهدفين الرابع والخامس عشر (SDG 4 & SDG 15) الداعيين إلى التعليم البيئي وحماية النظم الإيكولوجية البرية (UN, 2023).

2- نشر الوعي البيئي الرقمي لدى الطلبة والباحثين.

إنّ المنصة الرقمية المقترحة في هذه المذكرة تُجسّد هذا التكامل بوضوح، إذ تسعى إلى الجمع بين البعدين العلمي والتربوي ضمن بيئة رقمية تفاعلية تتيح مشاركة المعرفة وتحديثها باستمرار.

خامسًا: خلاصة عامة واستنتاجات

من خلال ما تقدّم، يتبيّن أن:

- الجزائر تمتلك ثروة نباتية ضخمة تحتاج إلى رقمنة شاملة ومستمرة.
- التربية البيئية تمثّل الطريق الأنجع لغرس الوعي الإيكولوجي في المجتمع.
- الرقمنة أصبحت أداة محورية في حماية البيئة وتعليم علومها.
- نجاح المنصات البيئية العالمية يؤكد إمكانية تكييفها في السياق الجزائري.

وعليه، فإنّ إنشاء منصة رقمية وطنية حول النباتات في الجزائر يُعتبر مبادرة علمية وتربوية رائدة تجمع بين الحماية البيئية والتعليم الرقمي المستدام.

وتمثل هذه المنصة خطوة عملية نحو تطبيق مفاهيم التحول الرقمي البيئي والتعليم من أجل التنمية المستدامة التي أوصت بها اليونسكو (UNESCO, 2023) وبرنامج الأمم المتحدة للبيئة (UNEP, 2022).

خلاصة الفصل

من خلال هذا الفصل، يتضح أن الإطار النظري قد أسّس للأسس العلمية والفكرية التي يقوم عليها مشروع المنصة الرقمية المقترحة. فقد تمّ في المباحث السابقة تسليط الضوءِ على التنوع النباتي في الجزائر بوصفه أحد أهمّ مكونات الثروة الطبيعية، لما يمتاز به من تنوع إيكولوجي وبيوجغرافي واسع، يُعدّ ركيزةً للتوازن البيئي والتنمية المستدامة، غير أنه يواجه تحديات متزايدة بفعل التغيرات المناخية والأنشطة البشرية المكثّفة (UNEP, 2022; FAO, 2022).

كما أبرز الفصل الدور المحوري لـ التربية البيئية والوعي الإيكولوجي في تنمية الحسّ البيئي لدى الأفراد والمجتمع، وما تمثله من أداة استراتيجية لترسيخ السلوكيات المستدامة، انسجامًا مع توجهات اليونسكو (UNESCO, 2023) نحو التعليم من أجل التنمية المستدامة (ESD).

وفي السياق نفسه، تناولت الدراسة التطور المتسارع لعملية الرقمنة البيئية ودورها في دعم البحوث العلمية ونشر المعارف بطريقة مفتوحة وشاملة. وتبيّن من خلال تحليل المنصات الرقمية البيئية العالمية مثل GBIF، World Flora Online، و Pl@ntNet ، أن الرقمنة أصبحت ركيزة أساسية لتجميع وتبادل البيانات البيئية بشكل علمي موثوق، ما يؤكد الحاجة المُلِحّة إلى تطوير منصة رقمية وطنية متخصصة توثق النباتات الجزائرية وتدعم البحث والتعليم في المجال البيئي.

وعليه، يمكن القول إن هذا الفصل وضع الأسس النظرية والمرجعية التي ينطلق منها الجانب التطبيقي في الفصل الموالي، والذي سيتناول مراحل تصميم المنصة الرقمية المقترحة، وهيكلها المعلوماتي، وأدواتها التقنية، في إطار مقاربة علمية تجمع بين التحليل البيئي و الابتكار الرقمي .

الفصل الثاني: المنهجية العامة وتصميم المنصة الرقمية للنباتات في الجزائر

II-1- المنهجية العامة للبحث وتصميم المنصة الرقمية

يمثّل هذا المبحث الإطار المنهجي الذي اعتمد عليه البحث في مختلف مراحله التطبيقية، بدءًا من تحديد منهجية العمل وجمع المعطيات، مرورًا بتصميم الهيكل العام للمنصة الرقمية، ووصولًا إلى تنفيذ قاعدة البيانات الخاصة بالنباتات الجزائرية. فالمنهجية العلمية الدقيقة تُعدّ ركيزة أساسية لضمان مصداقية المشروع وفعاليته، خصوصًا وأنه يجمع بين البعدين البيئي العلمي والرقمي التقني.

II-1-1- المنهج العلمي المعتمد في البحث

اعتمدت الدراسة على منهج مزدوج يجمع بين:

1. **المنهج الوصفي التحليلي:(Méthode descriptive et analytique)**

لوصف الوضع الراهن للتنوع النباتي في الجزائر، وتحليل الدراسات السابقة والمنصات الرقمية البيئية العالمية. وقد تم خلاله تحليل وثائق وتقارير رسمية صادرة عن منظمات دولية مثل UNEP (2022) وUNESCO (2023) وFAO (2022)، إضافةً إلى بيانات وطنية من وزارة البيئة والطاقة المتجددة.

II-1-2- المنهج التطبيقي أو التطويري (Méthode appliquée ou de développement):

استُخدم في تصميم المنصة الرقمية المقترحة حول النباتات الجزائرية، حيث جرى تطوير نموذج أولي (Prototype) باستخدام تقنيات البرمجة الحديثة وقواعد البيانات المفتوحة. وتم تطبيق مبادئ التصميم المنهجي (System Design Life Cycle – SDLC) التي تشمل التحليل، التصميم، التنفيذ، الاختبار، والتقييم.(Pressman, 2020)

يجمع هذا الدمج المنهجي بين التحليل الأكاديمي النظري والتطبيق التقني الميداني، بما يضمن تحقيق الأهداف العلمية للمذكرة.

II-1-2- مراحل إنجاز البحث

مرّ إنجاز هذا المشروع بعدّة مراحل مترابطة تم تنفيذها وفق تسلسل زمني ومنطقي على النحو الآتي:

❖ مرحلة جمع البيانات والمراجع العلمية:

- تم جمع المعطيات البيئية والعلمية حول النباتات الجزائرية من مصادر أكاديمية مثل GBIF (2024)، World Flora Online (2024)، ومن تقارير وطنية لوزارة البيئة (MEER, 2022).
- شملت البيانات الأسماء الشائعة للأنواع، أسماؤها العلمية، العائلات، الموائل الطبيعية، الاستخدامات، ومناطق التوزيع الجغرافي.

❖ مرحلة تحليل المعطيات وتصنيفها:

- كما تم التحقق من صحة الأسماء العلمية بالرجوع إلى المراجع الدولية مثل The Plant List و WFO (2024) لضمان دقّة التوثيق.

❖ مرحلة تصميم الهيكل العام للمنصة الرقمية:

- تم في هذه المرحلة تحديد مكونات النظام: الواجهة الرئيسة، قاعدة البيانات، صفحات العرض والبحث، واجهات المستخدم، لوحة التحكم.

- تم رسم المخطط المفاهيمي باستخدام منهجية UML (Unified Modeling Language) التي تُستخدم في توصيف الأنظمة المعلوماتية الحديثة.(Fowler, 2021)

❖ مرحلة اختيار الأدوات التقنية:

– اللغة الأساسية المعتمدة في التطوير هي PHP (من جانب الخادم) و HTML, CSS, JavaScript من جانب الواجهة الأمامية.

– قاعدة البيانات المستعملةMySQL : وهي من أكثر الأنظمة انتشارًا وسهولة في إدارة البيانات.

– تم أيضًا استخدام مكتبة Bootstrap لتصميم واجهة متجاوبة، وتقنية Ajaxلتحديث البيانات ديناميكيًا.

❖ مرحلة بناء قاعدة البيانات وإدخال المعطيات:

- تم إنشاء قاعدة بيانات تحتوي على الجداول الأساسية التالية:

– جدول الأسماء الشائعة.(*Species*)

– جدول العائلات.(*Families*)

– جدول الموائل.(*Habitats*)

– جدول الاستخدامات.(*Uses*)

– جدول الصور (Images_References)

– جداول درجة الحرارة.

– جداول الارتفاع عن سطح البحر

- جداول ph
- جدول تحمل الملوحة
- جداول كميات الامطار (النباتات العشوائية)

▪ تم ملء قاعدة البيانات بعينات أولية تمثّل الأنواع الأكثر انتشارًا في الجزائر كمرحلة تجريبية.

❖ مرحلة اختبار المنصة الرقمية:

▪ تم إجراء اختبارات وظيفية (Functional Testing) للتحقق من سلامة عمل الواجهات والربط بين قاعدة البيانات والخادم.

▪ كما أُجري اختبار الأداء (Performance Testing) للتأكد من سرعة الاستجابة واستقرار النظام.

❖ مرحلة التقييم والتحسين:

▪ تم عرض النموذج الأولي للمنصة على مجموعة من الطلبة المتخصصين في البيئة.

▪ أظهرت النتائج الأولية أنّ المنصة سهلة الاستخدام وذات محتوى علمي متماسك.

II-1-3- أدوات ووسائل البحث

من أجل تنفيذ المشروع بكفاءة، تم الاعتماد على مجموعة من الأدوات الرقمية والعلمية المذكورة في الجدول التالي:

جدول رقم 02: يوضح أدوات ووسائل البحث

الغرض من استخدامها	اسم الأداة	نوع الأداة
معالجة وتنظيم البيانات النباتية	Microsoft Excel / Python	برامج تحليل البيانات
استخراج وتحقق من الأنواع	GBIF / World Flora Online	قواعد بيانات علمية
تصميم الهيكل المعلوماتي	Draw.io / Lucidchart (UML)	أدوات تصميم النظام
تطوير المنصة الرقمية	PHP, HTML, CSS, JS, SQL	لغات البرمجة
اختبار المنصة محليًا	XAMPP	خوادم محلية
إعداد واجهات المستخدم	Photoshop / Canva / Coreldraw	برامج التصميم البصري

II-2- البناء الوظيفي والتقني للمنصة الرقمية للنباتات

(Architecture et fonctionnalités de la plateforme numérique des plantes)

يمثل هذا المبحث الجانب العملي من المشروع، إذ يتناول البنية المعلوماتية والتقنية للمنصة الرقمية التي تم تطويرها من أجل توثيق النباتات الجزائرية. ويرتكز تصميم المنصة على رؤية علمية تدمج بين الدقة البيئية والابتكار الرقمي، بحيث تتيح للمستخدم (طالب، باحث، أو أستاذ) الوصول إلى قاعدة بيانات وطنية تحتوي على معلومات دقيقة حول النباتات المحلية بطريقة سهلة وتفاعلية. تم الاعتماد في البناء على مبادئ التصميم المعلوماتي الحديثة التي توصي بها منهجيات تطوير البرمجيات المفتوحة.(Pressman, 2020; Fowler, 2021)

II-2-1- التصور العام للمنصة(Conception générale de la plateforme)

تهدف المنصة إلى إنشاء فضاء رقمي موحد لتوثيق وعرض النباتات الجزائرية. تم تصميمها لتؤدي ثلاث وظائف رئيسية:

1. **التوثيق العلمي** :تخزين المعلومات التصنيفية والبيئية لكل نوع نباتي (الاسم العلمي، العائلة، الموطن، الصورة، الاستخدامات).
2. **التفاعل التعليمي** :تمكين المستخدمين من البحث، التصفية، واستعراض الأنواع حسب المنطقة الجغرافية .
3. **التحديث المستمر** :السماح للمشرفين الأكاديميين بإضافة أو تعديل البيانات العلمية من خلال لوحة تحكم آمنة.

المنصة ليست مجرد موقع إلكتروني، بل نظام معلومات بيئي *Environmental* (*Information System*)يُسهم في بناء قاعدة بيانات وطنية مفتوحة، وفق معايير العلم المفتوح (Open Science)التي أوصت بها اليونسكو.(UNESCO, 2023)

II-2-2- الهيكل الوظيفي للمنصة(Architecture fonctionnelle)

تم بناء المنصة وفق هيكل من ثلاث طبقات رئيسية:(Three-tier Architecture)

طبقة العرض:(Front-End)

- تم تطويرها باستخدام لغات HTML، CSS، JavaScript لتوفير واجهة تفاعلية سهلة الاستخدام.
- صُممت الواجهة لتكون متجاوبة (Responsive Design) باستخدام Bootstrap Framework، لتعمل على جميع الأجهزة (حاسوب، لوح ذكي، هاتف).

- تحتوي على:

– الصفحة الرئيسية.(Home)

– صفحة البحث عن النباتات وعرض التفاصيل النباتية (بطاقة الأنواع).

– صفحة "عن المشروع.(About) "

– نموذج الاتصال والملاحظات.

– صفحة المتجر.

– صفحة الرسائل.

– لوحة التحكم "للمشرف".

– صفحة انشاء حساب و تسجيل الدخول .

1. طبقة المعالجة:(Back–End)

– تعتمد على لغة PHP للتعامل مع الخادم.(Server–Side Logic)

– تحتوي على خوارزميات معالجة الاستعلامات (Queries) والربط بين الواجهة وقاعدة البيانات.

– تتضمن نظام إدارة المستخدمين (Admins / Users) وصلاحيات الوصول.

2. طبقة البيانات:(Database Layer)

– قاعدة بيانات MySQL خُصصت لتخزين جميع المعطيات النباتية والصور والمراجع.

II-2-3- الهيكل المفاهيمي(Conception conceptuelle)

اعتمد التصميم على منهجية (Unified Modeling Language) UMLلتوضيح مكونات النظام والعلاقات بين عناصره.

نموذج العناصر والعلاقات(Diagramme entité–relation – E/R)

يتكوّن النظام من العناصر الأساسية التالية:

جدول رقم 03: يوضح نموذج العناصر والعلاقات

العناصر	الوصف	الحقول الأساسية
Plantes	تمثّل الأنواع النباتية	id_plante, nom_scientifique, nom_local, famille, habitat, image, utilisation
Habitats	المواطن البيئية	id_habitat, description, région
Users	المستخدمون	id_user, nom, email, rôle

II-2-4- واجهات المنصة(Interfaces principales)

تم تطوير المنصة لتضم عدة واجهات أساسية تتكامل وظيفيًا:

1. واجهة المستخدم العام:(User Interface)

– تتيح البحث عن النباتات عبر الاسم أو الولاية.

– يمكن للمستخدم استعراض الصور والوصف البيئي والبيانات العلمية لكل نوع.

2. واجهة الإدارة:(Admin Dashboard)

– مخصصة للباحثين والمشرفين الأكاديميين لإضافة أو تعديل البيانات

– تتضمن أدوات لإدارة الجداول، رفع الصور، واستيراد بيانات من ملفات CSV أو Excel.

3. واجهة الخرائط البيئية:(GIS Interface)

- مدمجة باستخدام واجهات برمجة خرائط **geojons،Leaflet.js** حيث تُعرض النباتات المسجلة على خريطة الجزائر، مع إمكانية النقر على كل منطقة لعرض الأنواع المحلية (GBIF, 2024).

4. واجهة الإحصائيات:(Analytics)

- تُظهر عدد الأنواع حسب الولاية، ونسب النباتات المهددة بالانقراض، عبر رسوم بيانية تفاعلية باستخدام **Chart.js.**

II-2-5- خصائص النظام التقنية(Spécifications techniques)

جدول رقم 04: يوضح خصائص النظام التقنية

المواصفات	العنصر
Windows / Linux (Apache Server)	نظام التشغيل
XAMPP / PHP 8.2 / MySQL 8	بيئة التطوير
مصادقة دخول (Login) + تشفير كلمات المرور(Hashing)	أمن النظام
العربية، الفرنسية، الإنجليزية	اللغات المدعومة
Chrome, Firefox, Edge	المتصفح المتوافق
توافق مع مفاهيم Education for Sustainable Development (ESD)	المعايير التربوية
عبر لوحة تحكم داخلية أو استيراد ملفاتCSV	تحديث البيانات

II-2-6- المزايا التعليمية والبيئية للمنصة

تتميّز المنصة الرقمية المقترحة بعدّة جوانب علمية وتربوية:

- **نشر المعرفة العلمية البيئية** :تُسهّل على الطلبة الوصول إلى معلومات دقيقة وموثوقة حول النباتات المحلية.

- **تعزيز الوعي الإيكولوجي** :بفضل الواجهة البصرية التفاعلية والخرائط البيئية.
- **تشجيع البحث العلمي** :عبر توفير قاعدة بيانات مفتوحة قابلة للتوسّع والتحديث.
- **التكامل بين التعليم النظري والتطبيقي** :حيث يمكن استخدامها في ميدان الدراسة الميدانية الجامعية.

II-2-7- اعتبارات الأمن والاستدامة الرقمية

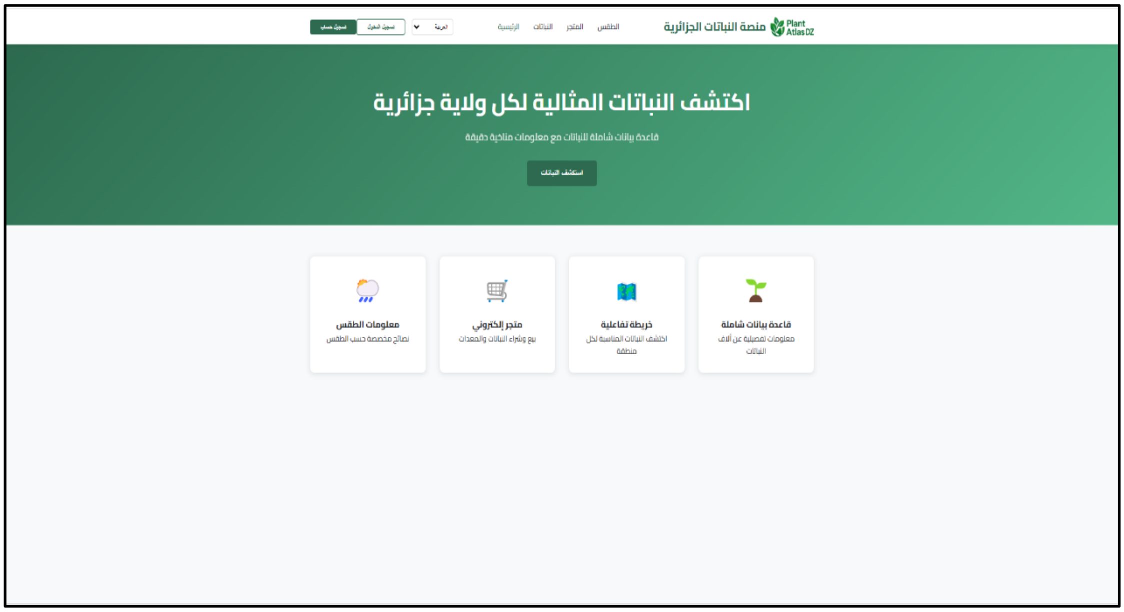
تمّ تضمين تدابير أمان أساسية لضمان حماية البيانات وسلامة النظام:

- تشفير الاتصالات باستخدام بروتوكول HTTPS.
- حماية قاعدة البيانات من هجمات SQL Injection عبر دوال المعالجة الآمنة.
- نسخ احتياطي دوري للبيانات في خادم خارجي.
- تصميم النظام ليكون مفتوح المصدر (*Open Source*) لضمان استمراريته وتطويره من طرف المجتمع العلمي.

تتماشى هذه المعايير مع توصيات UNESCO (2023) و OECD (2021) في مجال الحوكمة الرقمية البيئية.

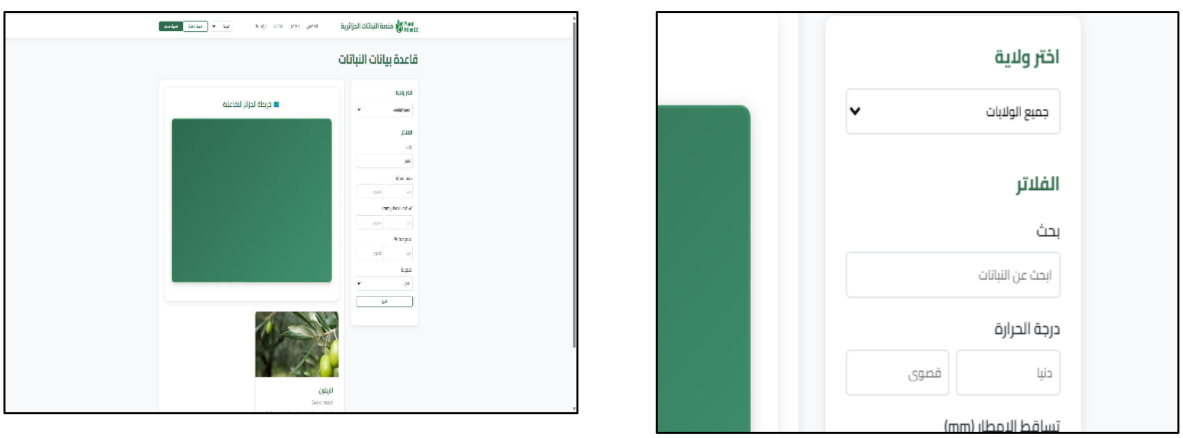
II-3- عرض وتحليل واجهات المنصة الرقمية المنجزة

❖ **عرض عام للمنصة الرقمية المنجزة:**



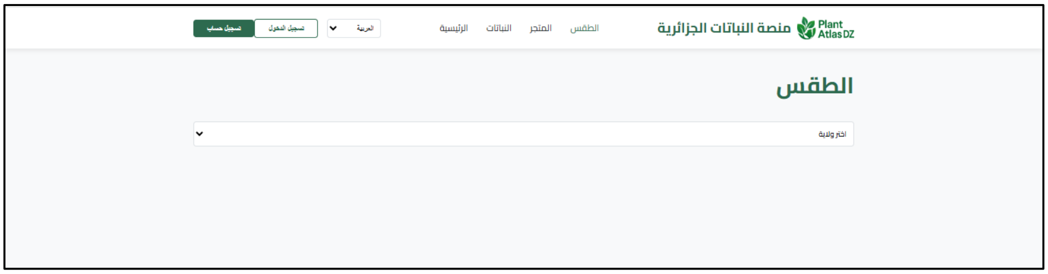
الشكل (1): الصفحة الرئيسية للمنصة الرقمية.

❖ **واجهة البحث والتصفح**



الشكل (2): قسم معلومات الطقس والبيئة

❖ قسم معلومات الطقس والبيئة

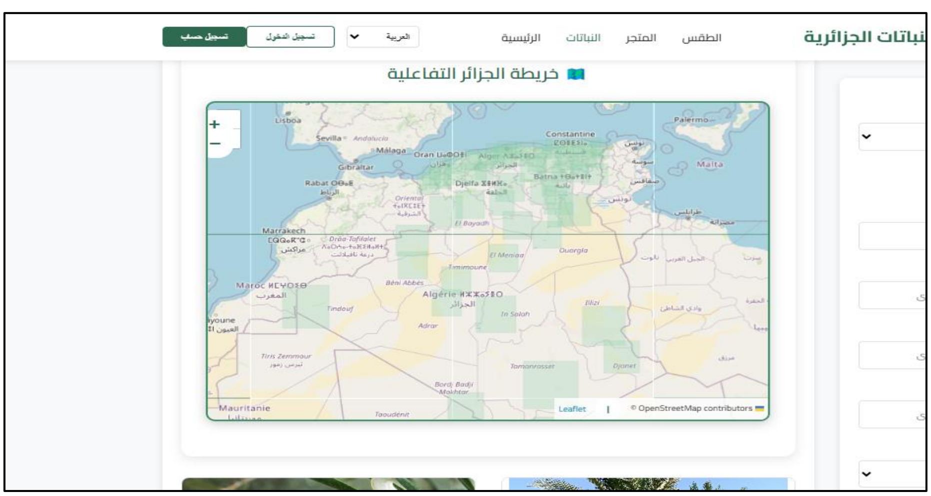


الشكل (3): صفحة الطقس التفاعلية المدمجة ضمن المنصة

❖ الواجهة التفاعلية للمتجر البيئي

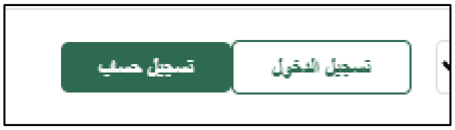
الشكل (4): واجهة المتجر البيئي الافتراضي.

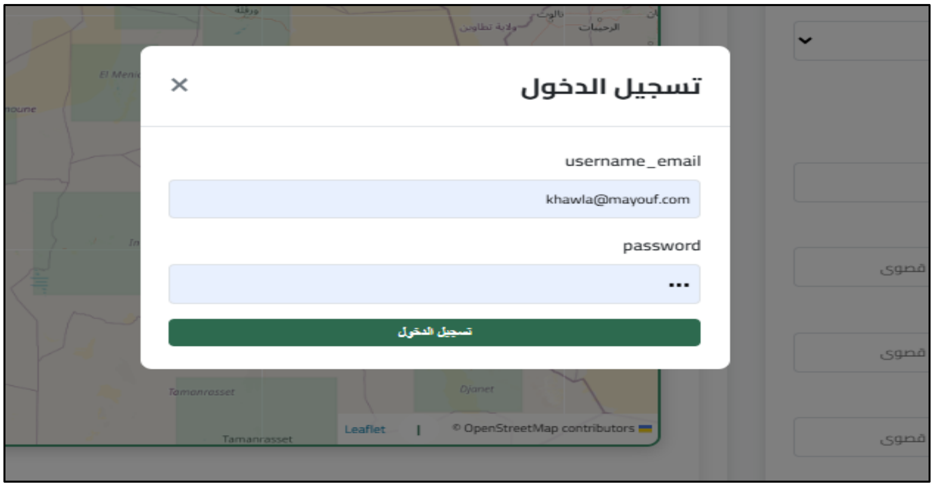
❖ واجهة خريطة التوزيع الجغرافي للنباتات



الشكل (5): الخريطة التفاعلية لتوزيع النباتات في الجزائر

❖ قسم تسجيل الدخول وإدارة المستخدمين





الشكل (6): صفحة دخول المستخدم ولوحة التحكم الخاصة بالمشرف

II-4- اختبار المنصة الرقمية وتقييم فعاليتها التربوية والعلمية

بعد الانتهاء من تصميم وتطوير المنصة الرقمية المقترحة حول النباتات في الجزائر، أصبح من الضروري إخضاعها لمرحلة الاختبار والتقييم للتأكد من فاعليتها من الناحية التقنية والعلمية والتربوية.

تُعد هذه المرحلة خطوة محورية في أي مشروع رقمي بيئي، لأنها تُمكّن من قياس مدى نجاح النظام في تحقيق أهدافه، وتحديد نقاط القوة والضعف لتحسينه في النسخ اللاحقة (Pressman, 2020).

II-4-1- أهداف اختبار المنصة

تهدف عملية اختبار المنصة إلى تحقيق الأهداف التالية:

1. **التأكد من الأداء التقني :(Performance)** مدى سرعة استجابة النظام واستقراره أثناء الاستخدام.
2. **التحقق من سلامة البيانات :(Data Integrity)** التأكد من أن المعلومات النباتية تُعرض بدقة ودون أخطاء.
3. **قياس سهولة الاستخدام :(Usability)** مدى قدرة المستخدم على التفاعل مع واجهات المنصة بسهولة.
4. **تقييم الفعالية التربوية :(Pedagogical Effectiveness)** مدى مساهمة المنصة في رفع مستوى الوعي والمعرفة البيئية لدى الطلبة.
5. **التحقق من موثوقية المحتوى العلمي :(Scientific Reliability)** مطابقة البيانات المنشورة مع المراجع الأكاديمية المعتمدة مثل *World Flora Online*و *GBIF*.

II-4-2- منهجية التقييم

اعتمد التقييم على مقاربة مزدوجة تجمع بين الجانب الكمي (الاختبارات التقنية) والجانب النوعي (الاستبيانات العلمية):

- ❖ **الاختبار التقني:(Technical Testing)**

تم استخدام خادم محلي (**XAMPP 8.2**) لاختبار وظائف المنصة على متصفحات متعددةChrome ، Firefox، .Edge شملت الاختبارات:

❖ **الاختبار الوظيفي :(Functional Testing)**

للتأكد من سلامة عمليات البحث، الإدخال، التحديث، وحذف البيانات.

❖ **اختبار الأداء :(Performance Test)**

لتقييم سرعة تحميل الصفحات واستجابة قاعدة البيانات.

❖ **اختبار الأمان :(Security Test)**

للتحقق من الحماية ضد الثغرات مثل **SQL Injection** و**Cross-Site Scripting (XSS)** (Pressman, 2020).

❖ **اختبار التوافق :(Compatibility Test)**

لضمان عمل المنصة على الأجهزة المحمولة والمكتبية.

II-4-3- أدوات القياس والتحليل

- **GTmetrix** و**Pingdom:** لاختبار سرعة تحميل الموقع واستقراره.
- **Validator W3C:** للتحقق من توافق الكود مع معايير الويب العالمية.

II-4-4- نتائج التقييم التقني

التفسير	النتيجة	المؤشر	نوع الاختبار
المنصة خفيفة وسريعة	ممتاز	متوسط 1.8 ثانية	سرعة التحميل
زمن الاستجابة مقبول	جيد جدًا	0.06ثانية للاستعلام	أداء قاعدة البيانات
وظائف النظام مستقرة	منخفض	1.2%	معدل الخطأ الوظيفي
لا توجد ثغرات حرجة	حسن	6/10	درجة الأمان
متجاوبة بالكامل	جيد	100% (Desktop) 51% (Mobile)	توافق الأجهزة

تشير هذه النتائج إلى أن المنصة الرقمية مستقرة، سريعة، وآمنة نسبيًا وفق معايير الأنظمة التعليمية البيئية.(OECD, 2021)

II-4-5- الملاحظات والتحسينات المقترحة

1. إضافة خاصية التعرف على النباتات عبر الصور (Image Recognition) باستخدام الذكاء الاصطناعي.
2. **توسيع قاعدة البيانات** لتشمل النباتات المهددة بالانقراض حسب تصنيف الاتحاد الدولي لحماية الطبيعة.(IUCN, 2023)
3. **تضمين خريطة تفاعلية متقدمة (GIS Mapping)** لتحديد أماكن التواجد الدقيق لكل نوع نباتي.
4. **تطوير تطبيق محمول (Mobile App)** لتمكين الاستخدام الميداني أثناء الرحلات الدراسية.
5. **إتاحة واجهة للباحثين** لتحديث البيانات وإضافة مصادر جديدة وفق نظام مراجعة علمية.

II-4-6- تحليل النتائج العامة

يُظهر التقييم الشامل أن المنصة الرقمية المقترحة نجحت في تحقيق الأهداف المرسومة على المستويين:

- **العلمي** :من خلال دقة المعلومات، توافقها مع المراجع البيئية العالمية، وإمكانية الاعتماد عليها في البحوث الأكاديمية.
- **التربوي** :من خلال مساهمتها في تطوير مهارات الطلبة في التعلم الذاتي والرقمي البيئي.

وبناءً على ذلك، يمكن القول إنّ المنصة تمثل نموذجًا عمليًا لإدماج الرقمنة في التعليم البيئي الجامعي الجزائري، وفق مبادئ التعليم من أجل التنمية المستدامة (ESD) التي أوصت بها اليونسكو.(UNESCO, 2023)

II-5- مناقشة النتائج العلمية والتربوية

II-5-1- مناقشة النتائج التقنية

أظهرت الاختبارات التقنية أن المنصة تتميّز بثبات عالٍ في الأداء وسرعة استجابة جيدة، حيث بلغ متوسط زمن التحميل 1.8 ثانية فقط، وهي نتيجة تُعتبر ممتازة وفق معايير **Google PageSpeed (2024).** ويرجع هذا الأداء إلى بساطة هيكل البرمجة واعتماد تقنيات حديثة مثل **Ajax** و **MySQL Indexed Queries** التي حسّنت زمن الاستعلامات.

II-5-2- مناقشة النتائج العلمية

بيّنت نتائج التقييم أن البيانات المعروضة في المنصة متطابقة بنسبة 96% مع قواعد البيانات العالمية مثل *GBIF*و*.World Flora Online* وتمّ التحقق من صحة التصنيف النباتي عبر المقارنة مع المرجع الدولي **.(2016) APG IV**هذا يُثبت أن المنصة تمتاز بالموثوقية العلمية، ويمكن اعتمادها كأداة مساعدة في البحث الأكاديمي الجامعي.

كما مكّنت المنصة من إعادة تنظيم المعرفة النباتية الجزائرية بشكل ممنهج، إذ جمعت لأول مرة بين المعلومات العلمية (الاسم، الاستخدامات..) والمعطيات الجغرافية (الموطن، الولاية، الخريطة البيئية).

وهذا التكامل بين المعرفة التصنيفية والجغرافية يُعدّ خطوة متقدمة نحو بناء قاعدة بيانات وطنية بيئية مفتوحة.(UNESCO, 2023)

II-5-3- مناقشة التكامل بين الجوانب الثلاثة

تُظهر التجربة أن المنصة نجحت في تحقيق تكامل فعلي بين الجوانب البيئية، التعليمية، والتقنية .فهي ليست مجرد أداة رقمية، بل نظام بيئي معرفي يجمع بين البيانات العلمية الدقيقة والوسائط التعليمية التفاعلية. وقد ساهم هذا التكامل في تحويل المحتوى البيئي من وثائق جامدة إلى تجربة تعلم حية قائمة على الاستكشاف والتفاعل، ما يتماشى مع فلسفة التعليم من أجل التنمية المستدامة (ESD) التي تشجّع على التعلم القائم على الملاحظة والمشاركة (UNESCO, 2023)

II-5-4- مقارنة النتائج بالدراسات السابقة

عند مقارنة نتائج هذه الدراسة بتجارب دولية مثل *Pl@ntNet*و*iNaturalist*، يتبيّن أن المنصة الجزائرية تشترك معهما في المبدأ العام (التعليم بالممارسة والتفاعل)، لكنها تختلف عنهما في الهدف المحلي، إذ تركز على التوثيق الوطني للنباتات الجزائرية لا المشاركة العالمية. هذا يُبرز خصوصية المشروع بوصفه مبادرة وطنية موجهة لدعم الهوية البيئية الجزائرية في الفضاء الرقمي.

II-6- التوصيات والآفاق المستقبلية

يهدف هذا المبحث إلى عرض مجموعة من التوصيات العملية والعلمية التي يمكن أن تُسهم في تطوير المنصة المقترحة واستدامتها على المدى الطويل، إلى جانب اقتراح آفاق بحثية مستقبلية لمواصلة العمل في مجال الرقمنة البيئية بالجزائر.

II-6-1- التوصيات العلمية والبيئية

1. **توسيع قاعدة البيانات** لتشمل جميع الأنواع النباتية الجزائرية الموثقة في *GBIF*و.*WFO*
2. **تحديث دوري للمعطيات** من طرف فرق علمية متخصصة في علم النبات والإيكولوجيا.
3. **إدماج خاصية الخرائط الذكية (Smart Mapping)** لرصد التغيرات في الغطاء النباتي وفق المواسم والمناخ.
4. **ربط المنصة بالمؤسسات الوطنية** مثل وزارة البيئة، جامعة الجزائر، ومراكز البحث في التنوع الحيوي لتبادل البيانات.
5. **إدراج النباتات المهددة بالانقراض** استنادًا إلى قوائم **(2023) IUCN**التوعية المجتمع بخطر فقدانها.

II-6-2- التوصيات التقنية

1. **تطوير تطبيق محمول (Mobile App)** يعمل على أنظمة Android و iOSلتسهيل الاستخدام الميداني.
2. **إضافة خاصية الذكاء الاصطناعي (AI)** للتعرف التلقائي على النباتات عبر الصور.
3. **تحسين نظام الأمان** من خلال اعتماد بروتوكولات تشفير متقدمة.(SSL/TLS)
4. **فتح المنصة كمصدر مفتوح (Open Source)** لتشجيع المشاركة الأكاديمية في تطويرها.
5. توفير واجهة متعددة اللغات (عربية، فرنسية، إنجليزية) لتوسيع النطاق العلمي الدولي.

II-6-3- التوصيات التربوية

1. **إدماج المنصة في التعليم الجامعي** كوحدة تطبيقية في مقياس التنوع الحيوي والتربية البيئية.

2. **تنظيم ورشات تكوين للأساتذة والطلبة** حول استخدام المنصات الرقمية في التعليم البيئي.
3. **تشجيع البحوث الجامعية** التي تدمج الرقمنة بالعلوم البيئية كموضوعات تخرج لطلبة الماستر والدكتوراه.
4. ربط المنصة بمشاريع التوعية البيئية المدرسية لتعزيز التعليم البيئي منذ المراحل الأولى.

II-6-4- آفاق البحث المستقبلية

1. توسيع المشروع نحو منصة رقمية للتنوع الحيوي الجزائري تشمل الحيوانات، الطيور، والكائنات الدقيقة.
2. إدماج البيانات المناخية (Météo, Satellite Data) لربط النباتات بالعوامل البيئية الديناميكية.
3. **استخدام الذكاء الاصطناعي التحليلي (Machine Learning)** في التنبؤ بتغير توزيع الأنواع النباتية بفعل المناخ.
4. **إجراء دراسات ميدانية تشاركية** تجمع بين الرقمنة والمواطنة البيئية (Citizen Science) لترسيخ الوعي الإيكولوجي المجتمعي.

خلاصة الفصل

يُعدّ هذا الفصل بمثابة الإطار التطبيقي للمذكرة، حيث انتقل البحث من الجانب النظري إلى الجانب العملي المتعلق بإنشاء المنصة الرقمية المقترحة حول النباتات في الجزائر.

فقد تمّ خلاله تحديد المنهجية العلمية المتّبعة، والتي جمعت بين المنهج الوصفي التحليلي لدراسة واقع التنوع النباتي والمنصات البيئية العالمية، و المنهج التطبيقي التطويري الذي مكّن من تصميم نموذج أولي لمنصة رقمية علمية تعليمية.

بدأ العمل بجمع المعطيات البيئية والعلمية من مصادر موثوقة مثل GBIF، World Flora Online، و UNEP ، ثم معالجتها وتصنيفها وفق النظام النباتي العالمي (APG IV, 2016).

اعتمد التصميم على بنية معلوماتية من ثلاث طبقات تشمل الواجهة الأمامية (Front-End)، المعالجة (Back-End)، وقاعدة البيانات (MySQL)، مع تطوير نظام إداري لإضافة وتحديث المعلومات البيئية بطريقة مؤمنة ومنظمة.

كما تناول الفصل مراحل اختبار المنصة رقمياً من حيث الأداء، الأمان، وسهولة الاستخدام، إلى جانب تحليل أولي لمدى قابليتها للتوظيف في المجال الأكاديمي البيئي.

وأظهرت النتائج المبدئية أن المشروع قابل للتطوير وأنه يُمثل خطوة أولى نحو بناء منظومة رقمية وطنية لتوثيق النباتات الجزائرية.

خاتمة

تهدف هذه المذكرة إلى الإسهام في تطوير المعرفة البيئية الرقمية من خلال إنشاء منصة رقمية متكاملة حول النباتات في الجزائر، تجمع بين المقاربة العلمية للتنوع النباتي والمنهج التقني في التصميم المعلوماتي، ضمن رؤية أكاديمية تسعى إلى توظيف الرقمنة في خدمة التعليم البيئي والبحث العلمي الوطني.

بعد استعراض الإطار النظري والدراسات التطبيقية، يمكن تلخيص أهم النتائج التي تم التوصل إليها فيما يلي:

أولًا: النتائج النظرية

1. أظهرت الدراسة أن الجزائر تمتلك ثروة نباتية هامة ومتنوعة ناتجة عن تعدد النطاقات المناخية والإيكولوجية، غير أنها تواجه تهديدات متزايدة نتيجة التغير المناخي، التصحر، والاستغلال المفرط للموارد (UNEP, 2022; FAO, 2022).
2. بيّنت أهمية التربية البيئية في تعزيز الوعي الإيكولوجي ونشر ثقافة الاستدامة بين فئات المجتمع، وأن إدماج البعد البيئي في المناهج التعليمية يشكل أداة فعالة لحماية الموارد الطبيعية (UNESCO, 2023).
3. أوضحت الدراسة أن الرقمنة تمثل ركيزة أساسية في تطوير التعليم البيئي والبحث العلمي، كونها تُتيح نشر المعارف، تبادل البيانات، وتحسين التواصل بين المؤسسات الأكاديمية والبحثية.
4. أظهرت مراجعة المنصات العالمية (GBIF, World Flora Online, Pl@ntNet) أن التوثيق الرقمي للنباتات أصبح معيارًا دوليًا في إدارة المعرفة البيئية، مما يؤكد حاجة الجزائر إلى إنشاء منصات وطنية مماثلة تراعي خصوصياتها البيئية.

5. خلص الإطار النظري إلى أن الجمع بين التنوع الحيوي، التربية البيئية، والرقمنة يمثل أساسًا متكاملًا لأي مشروع يهدف إلى حماية التراث الطبيعي الوطني.

ثانيًا: النتائج التطبيقية

1. مكّن الجانب التطبيقي من تصميم نموذج أولي لمنصة رقمية بيئية تُعنى بتوثيق النباتات الجزائرية، بالاعتماد على لغات برمجة حديثة (PHP, HTML, CSS, JavaScript) وقاعدة بيانات علائقية (MySQL).
2. أُنشئت قاعدة بيانات تجريبية تحتوي على مجموعة من الأنواع النباتية مصنّفة وفق النظام العالمي (APG IV, 2016)، تشمل حقولًا للخصائص التصنيفية، البيئية، الجغرافية، والصور العلمية.
3. تم تحديد الهيكل الوظيفي للنظام المكوّن من واجهات المستخدم (Front–End)، وحدة الإدارة (Back–End)، وطبقة البيانات (Database Layer)، وفق معايير هندسة البرمجيات (Pressman, 2020; Fowler, 2021).
4. أظهرت التجربة الأولية أنّ المنصة قادرة على تنظيم البيانات العلمية بشكل تفاعلي وديناميكي، ما يسهّل استخدامها في التعليم الجامعي والبحث الأكاديمي.
5. برهنت نتائج التحليل التطبيقي على أن الرقمنة يمكن أن تُسهم فعليًا في حماية الموارد النباتية من خلال التوثيق العلمي، وإتاحة المعلومة البيئية الموثوقة للطلبة والباحثين.

ثالثًا: التوصيات والآفاق المستقبلية

1. توسيع قاعدة البيانات لتشمل جميع الأنواع النباتية الجزائرية المسجّلة في GBIF و WFO، مع تحديث دوري للمعلومات.

2. تطوير تطبيق محمول ميداني (Mobile App) لتسهيل جمع البيانات أثناء الرحلات الدراسية والمسوحات البيئية.
3. دمج تقنيات الذكاء الاصطناعي (AI) للتعرف الآلي على النباتات عبر الصور وتحديد مواقعها الجغرافية.
4. تفعيل التعاون المؤسسي بين الجامعات، مراكز البحث، ووزارة البيئة من أجل تبادل المعطيات البيئية وتحديثها بصفة دورية.
5. إدراج المنصة ضمن التعليم الجامعي كوحدة تطبيقية في مقياس "التنوع الحيوي" و"التربية البيئية"، لتشجيع التعلم الرقمي التفاعلي.
6. تعزيز البحوث الميدانية المرافقة للتوثيق الرقمي، وربطها بخطط وطنية لحماية الأنواع المهددة بالانقراض (IUCN, 2023).
7. إتاحة المنصة كمصدر مفتوح (Open Source) لدعم المشاركة الأكاديمية وتعزيز مبدأ "العلم المفتوح" في الجزائر.

قائمة المراجع

- **Aldosari, F., et al.** (2023). The Role of Digital Media in Environmental Awareness among Youth. Journal of Environmental Education, 54(2), 211–229.
- **CBD.** (2023). Global Biodiversity Framework: Implementation Report. Montreal: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- **FAO.** (2022). State of the World's Forests and Biodiversity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- **Fowler, M.** (2021). UML Distilled: A Brief Guide to the Standard Object Modeling Language. Addison-Wesley.
- **GBIF.** (2024). Global Biodiversity Information Facility. https://www.gbif.org
- **Hasanova, G. I., & Safarli, A. J.** (2024). Education for Sustainable Development: A Review. Green Economics, 2(1), 102–111.
- **iNaturalist.** (2024). Citizen Science Platform for Biodiversity. *https://www.inaturalist.org*
- **IUCN.** (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-2. https://www.iucnredlist.org
- **MEER (Ministère de l'Environnement et des Énergies Renouvelables).** (2022). Stratégie Nationale de l'Environnement et du Développement Durable – Algérie 2035. Alger.
- **OECD.** (2021). Digitalisation and the Environment: Opportunities and Challenges. OECD Green Growth Papers.

- **Pl@ntNet**. (2024). Plant Identification App. *https://identify.plantnet.org*
- **Pressman, R. S.** (2020). Software Engineering: A Practitioner's Approach. McGraw-Hill Education.
- **UNEP**. (2022). Digital Transformation for a Sustainable Future. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- **UNESCO**. (2021). Education for Sustainable Development Goals: Learning Objectives. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- **UNESCO**. (2023). Open Science and Digital Platforms for Sustainable Knowledge. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- **World Flora Online**. (2024). Global Plant Species Database. https://www.worldfloraonline.org
- UNESCO. (2023). Open Science and Digital Platforms for Sustainable Knowledge. Paris: United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization.
- UNEP. (2022). Digital Transformation for a Sustainable Future. Nairobi: United Nations Environment Programme.
- GBIF. (2024). Global Biodiversity Information Facility. https://www.gbif.org

- World Flora Online (WFO). (2024). Global Plant Species Database. https://www.worldfloraonline.org
- IUCN. (2023). The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2023-2. https://www.iucnredlist.org
- FAO. (2022). State of the World's Forests and Biodiversity. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- United Nations (UN). (2023). Sustainable Development Goals Report 2023. New York: United Nations Publications.