

# Les enregistrements stratigraphique et paléontologique ordoviciens et siluriens d'Anticosti comme valeur universelle exceptionnelle

André Desrochers

Volume 147, Number 1, Spring 2023

Les enjeux de la recherche à Anticosti : état des lieux et perspectives

URI: <https://id.erudit.org/iderudit/1098170ar>

DOI: <https://doi.org/10.7202/1098170ar>

[See table of contents](#)

Publisher(s)

Société Provancher d'histoire naturelle du Canada

ISSN

0028-0798 (print)

1929-3208 (digital)

[Explore this journal](#)

Cite this article

Desrochers, A. (2023). Les enregistrements stratigraphique et paléontologique ordoviciens et siluriens d'Anticosti comme valeur universelle exceptionnelle. *Le Naturaliste canadien*, 147(1), 13–23. <https://doi.org/10.7202/1098170ar>

Article abstract

The steps that the Municipality of Anticosti Island (Québec, Canada) and its many partners are taking with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) for the island to be included on the World Heritage List, create an opportunity to highlight, protect and conserve its natural heritage. This nomination stands out because the geology of Anticosti meets the criteria for Outstanding Universal Value, as it offers the best natural laboratory in the world for studying fossils and sedimentary strata from the first mass extinction of life that occurred at the end of the Ordovician period. The abundance, diversity, and state of preservation of the fossils are remarkable and allow world-leading research. The boundaries of the nominated property are clearly defined and include all the fossiliferous strata exposed along the seacoast and the Vauréal and Jupiter rivers. The stratigraphic and paleontological record within these boundaries contains all the attributes necessary for it to fully express its Outstanding Universal Value. Furthermore, the property and buffer zone are part of a network of publicly held protected areas managed by the Québec provincial government and so have strong long-term legislative protection.

# Les enregistrements stratigraphique et paléontologique ordoviciens et siluriens d'Anticosti comme valeur universelle exceptionnelle

André Desrochers

## Résumé

Les démarches menées par la Municipalité de L'Île-d'Anticosti et ses nombreux partenaires auprès de l'UNESCO pour son inscription sur la Liste des sites du patrimoine mondial constituent une occasion de protéger, de conserver et de mettre en valeur son patrimoine naturel. Cette candidature se distingue en raison du potentiel de valeur universelle exceptionnelle (VUE) en lien avec sa géologie. Anticosti constitue le meilleur laboratoire naturel au monde pour l'étude des fossiles et des strates sédimentaires issus de la première extinction de masse du vivant, à la fin de l'Ordovicien. L'abondance, la diversité et l'état de conservation des fossiles sont remarquables et permettent un travail scientifique de classe mondiale. Les limites du bien proposé sont clairement définies et comprennent les strates fossilifères exposées le long du littoral maritime et des rivières Vauréal et Jupiter. À l'intérieur de ces limites, les enregistrements stratigraphique et paléontologique contiennent tous les attributs nécessaires à l'expression intégrale de sa VUE. Le bien proposé et sa zone tampon jouissent de rigoureuses mesures législatives de protection à long terme, car ils se trouvent dans un réseau d'aires protégées de tenure publique géré par le gouvernement provincial (Québec).

**MOTS-CLÉS :** paléontologie, patrimoine mondial, site naturel, stratigraphie, UNESCO

## Abstract

The steps that the Municipality of Anticosti Island (Québec, Canada) and its many partners are taking with the United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) for the island to be included on the World Heritage List, create an opportunity to highlight, protect and conserve its natural heritage. This nomination stands out because the geology of Anticosti meets the criteria for Outstanding Universal Value, as it offers the best natural laboratory in the world for studying fossils and sedimentary strata from the first mass extinction of life that occurred at the end of the Ordovician period. The abundance, diversity, and state of preservation of the fossils are remarkable and allow world-leading research. The boundaries of the nominated property are clearly defined and include all the fossiliferous strata exposed along the seacoast and the Vauréal and Jupiter rivers. The stratigraphic and paleontological record within these boundaries contains all the attributes necessary for it to fully express its Outstanding Universal Value. Furthermore, the property and buffer zone are part of a network of publicly held protected areas managed by the Québec provincial government and so have strong long-term legislative protection.

**KEYWORDS:** natural site, paleontology, stratigraphy, UNESCO, World Heritage

## Introduction

Candidate à la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO, Anticosti<sup>1</sup> est au cœur d'un réseau d'aires protégées constitué de la réserve de biodiversité projetée d'Anticosti, du parc national d'Anticosti et de 2 réserves écologiques. Sur le plan géologique, on y trouve l'une des plus importantes successions stratigraphiques en épaisseur de la fin de l'Ordovicien au début du Silurien et le témoignage fossile le plus complet de la vie marine de l'époque couvrant 10 millions d'années (MIA, 2022). L'abondance, la diversité et l'état de préservation des fossiles permettent un travail scientifique de classe mondiale. L'objectif premier de cet article est de décrire

la valeur universelle exceptionnelle (VUE) d'Anticosti et de mettre en relief les attributs et les mesures nécessaires à sa protection, à sa conservation et à sa mise en valeur.

## Valeur universelle exceptionnelle des sites géologiques

La Convention du patrimoine mondial de l'UNESCO vise à identifier, à protéger, à conserver et à mettre en valeur certains sites naturels et culturels qui ont une valeur

*André Desrochers est directeur scientifique pour la candidature d'Anticosti au patrimoine mondial de l'UNESCO. Il est aussi professeur auxiliaire au Département des sciences de la Terre et de l'environnement de l'Université d'Ottawa.*

*andre.desrochers@uottawa.ca*

1. Le nom du bien proposé pour inscription sur la Liste du patrimoine mondial (qui se trouve en partie sur le territoire de l'île d'Anticosti) est Anticosti.



**Figure 1.** Illustration des trois piliers de la valeur universelle exceptionnelle (VUE) telle que définie par la Convention du patrimoine mondial pour les sites naturels. Le bien doit satisfaire à l'ensemble de ces conditions pour être jugé en mesure de présenter une VUE.

exceptionnelle pour le bien de l'humanité dans son ensemble (figure 1). On parle spécifiquement de patrimoine naturel dans le cas d'Anticosti où les formations géologiques ont une VUE du point de vue scientifique. Les strates fossilifères sur l'intervalle de la limite Ordovicien-Silurien<sup>2</sup> (intervalle O-S) sont considérées comme ayant une VUE en vertu du critère (viii) de la Convention du patrimoine mondial : « ... être des exemples éminemment représentatifs des grands stades de l'histoire de la terre, y compris le témoignage de la vie... » (UNESCO, 2011).

En 2021, l'Union internationale pour la conservation de la nature (UICN) répondant à une demande du Comité du patrimoine mondial de l'UNESCO a identifié un ensemble de thèmes pour guider l'application du critère (viii). Ce rapport examine également le concept de VUE, les processus d'analyse comparative et les questions d'intégrité de biens inscrits pour leurs valeurs géologiques (Mc Keever et Narbonne, 2021). Dans la proposition d'inscription d'Anticosti, la VUE proposée recoupe le premier thème portant sur l'histoire de la planète Terre et de l'évolution de la vie. Ce thème combine deux sujets liés : i) les sites stratigraphiques où l'on trouve des successions sédimentaires qui témoignent des principaux événements de

l'histoire de la Terre et ii) les sites fossilifères où l'histoire de la vie sur Terre est représentée par les fossiles.

### Historique de la candidature d'Anticosti

Le patrimoine mondial de l'UNESCO vise à reconnaître universellement, comme appartenant à tous les peuples, des lieux de patrimoines culturel et naturel, afin d'en assurer la conservation et de les transmettre aux générations futures (UNESCO, 2011). En décembre 2017, le gouvernement du Canada a inscrit Anticosti sur la Liste indicative des sites du patrimoine mondial de l'UNESCO au Canada, une étape préalable pour cette reconnaissance internationale. La proposition d'inscription d'Anticosti au patrimoine mondial a été reçue au Centre du patrimoine mondial à Paris en janvier 2022. Une évaluation indépendante a alors été amorcée par l'UICN qui fournit au Comité du patrimoine mondial des évaluations des biens naturels proposés pour inscription. Le dossier de candidature a été évalué de 2 façons. Premièrement, l'UICN a fait appel à ses experts pour effectuer des « examens sur dossier » axés sur la VUE potentielle d'Anticosti (UNESCO, 2011). Parallèlement, une experte a été envoyée à Anticosti en septembre 2022 dans le cadre d'une mission d'évaluation pour vérifier les limites du bien proposé et de sa zone tampon, les éléments d'intégrité et les régimes de protection et de gestion, en plus de rencontrer les gestionnaires du site et les intervenants. À la suite de l'évaluation de l'UICN, le Comité du patrimoine mondial pourrait rendre sa décision concernant

2. L'intervalle de la limite Ordovicien-Silurien ne doit pas être confondu avec la limite définissant la base du système Silurien. Il s'agit ici d'un intervalle de temps incluant les changements globaux de la biosphère marine lors de l'extinction massive à la fin de l'Ordovicien. Cet intervalle comprend aussi les changements précédant et suivant l'extinction massive, il y a environ 447 à 437 millions d'années.

l'inscription d'Anticosti sur la Liste du patrimoine mondial au cours de son assemblée annuelle prévue à l'été 2023.

### Déclaration de la valeur universelle exceptionnelle d'Anticosti

Anticosti constitue le meilleur laboratoire naturel du monde pour l'étude des fossiles et des strates sédimentaires issus de la première extinction de masse du vivant, à la fin de l'Ordovicien (MIA, 2022). On y trouve l'une des plus importantes successions stratigraphiques en épaisseur et le témoignage fossile le plus complet de la vie marine de l'époque couvrant 10 millions d'années de l'histoire de la Terre, soit de l'Ordovicien supérieur au Silurien inférieur, il y a 447 à 437 millions d'années. L'abondance, la diversité, et l'état de conservation des fossiles sont remarquables et soutiennent une forte activité scientifique depuis plusieurs décennies.

### Contexte général

L'île d'Anticosti se trouve dans la partie orientale des basses-terres du Saint-Laurent (Lavoie, 2008); une région constituée de plaines et de petits plateaux isolés sur la rive nord du golfe dans l'archipel de Mingan, d'une plaine côtière dans le nord-ouest de Terre-Neuve et de l'île d'Anticosti avec son plateau plus étendu et ondulé jusqu'à 330 m d'altitude. Anticosti, le site proposé pour inscription sur la Liste du patrimoine mondial, se trouve sur l'île d'Anticosti dans la province de Québec, au Canada (figure 2). Il comprend entre autres une section littorale longue d'environ 550 km, soit la totalité du pourtour de l'île, à l'exception du territoire urbain de la Municipalité de L'Île-d'Anticosti. Ce territoire urbain représente le seul village sur

l'île d'Anticosti : le village de Port-Menier, constitué d'une population de moins de 200 habitants. Le site proposé pour inscription est délimité du côté marin par la ligne des basses eaux et se prolonge à l'intérieur des terres jusqu'au haut d'un talus ou d'une falaise. L'action des vagues domine les processus dynamiques le long de son littoral alors que l'amplitude de la marée dépasse rarement 2 m. Il comporte aussi un secteur fluvial avec le lit majeur et les principaux embranchements des rivières Jupiter et Vauréal. Pour ces 2 rivières, le site proposé s'étale du cours d'eau jusqu'au haut du talus ou de la falaise. Ces 2 grandes rivières avec un lit rocheux plat et des eaux cristallines montrent de nombreux affleurements le long de grandes vallées avec des canyons larges et profonds lorsqu'on s'éloigne du plateau central. Collectivement, les secteurs marins et terrestres englobent tous les affleurements fossilifères offrant une continuité aux enregistrements stratigraphique et paléontologique sur tout l'intervalle O-S (voir ci-dessous). Une zone tampon, soit un supplément de protection, a été délimitée en périphérie du bien proposé (figure 2). Il est bon de noter que les limites du bien proposé et de sa zone tampon sont mobiles dans le temps afin de prendre en considération l'érosion naturelle.

### Recherche sur la valeur universelle exceptionnelle d'Anticosti

Anticosti a fait l'objet d'un nombre impressionnant d'études en lien avec sa VUE (figure 3). En date de novembre 2021, on trouve une bibliographie de plus de 850 publications portant partiellement ou entièrement sur la géologie d'Anticosti (MIA, 2022). Ces publications comprennent des articles de



Tiré de MIA, 2022

Figure 2. Carte générale montrant l'emplacement de l'île d'Anticosti dans l'est de l'Amérique du Nord et carte détaillée illustrant les limites du bien proposé pour inscription et de sa zone tampon sur le territoire de l'île d'Anticosti.

journaux évalués par des pairs, des chapitres de livres, des rapports et des mémoires de gouvernements et de musées, des thèses universitaires et des documents de conférences. On observe depuis le début du 21<sup>e</sup> siècle un accroissement marqué des travaux scientifiques entrepris par des universitaires canadiens et une collaboration internationale avec de nombreux groupes de recherche américains et européens (figure 3). Cette période faste de recherche se démarque par des travaux s'appuyant sur la théorie astronomique des paléoclimats avec un niveau de résolution stratigraphique supérieur à celui basé sur les fossiles index comme les graptolites ou les conodontes. Ces nouvelles données nous aident à mieux comprendre les processus physiques, biologiques et chimiques qui se sont produits lors de l'extinction de masse à la fin de l'Ordovicien et de la phase de récupération au début du Silurien. Les projets de recherche sont maintenant multidisciplinaires, couplant la paléontologie à la stratigraphie de haute résolution et les traceurs géochimiques, ce qui permet de quantifier empiriquement les paramètres environnementaux utilisés pour les reconstitutions paléoclimatiques. L'abondance, la diversité et la préservation des fossiles dans le bien proposé pour inscription apportent un nouvel éclairage passionnant sur les processus et les causes de l'extinction massive de la fin de l'Ordovicien. Il est permis de penser que le bien proposé pour inscription demeurera pour les prochaines décennies un « point chaud » de la recherche sur l'extinction de masse de la fin de l'Ordovicien.

### Enregistrement stratigraphique d'Anticosti

La succession sédimentaire dans les secteurs littoral et fluvial d'Anticosti expose une suite composite complète de strates fossilifères sur tout l'intervalle O-S. Anticosti se distingue des autres successions du même âge dans le monde par sa structure monoclinale simple, son épaisseur, son étendue latérale, son état de conservation et son accessibilité. L'épaisseur de sa succession totalise plus de 900 m de strates sédimentaires (figure 4), ce qui offre une haute résolution temporelle capable de reconstituer la séquence des bioévénements qui se sont succédé lors de l'intervalle O-S. L'enregistrement stratigraphique représente un registre géologique qui était situé à l'époque dans les tropiques de l'hémisphère Sud et éloigné des grandes calottes glaciaires couvrant l'hémisphère Sud (Jin et collab., 2013). Les vestiges sédimentaires de ces calottes glaciaires se trouvent aujourd'hui en Afrique et en Amérique du Sud (figure 5). L'enregistrement stratigraphique se segmente en 3 épisodes en fonction de l'extinction massive de la fin de l'Ordovicien : le Katien ayant précédé l'extinction, l'Hirnantien ou l'intervalle de crise avec ses 2 phases distinctes d'extinction, et le Llandovery (Rhuddanien au Télychien médian) avec ses phases de survie, de rétablissement et de post-extinction (figure 4).

### Enregistrement paléontologique d'Anticosti

L'enregistrement paléontologique d'Anticosti offre un superbe échantillonnage d'assemblages fossiles marins capable de renseigner sur les associations de taxons et les communautés récurrentes de la fin de l'Ordovicien au début du Silurien, ainsi que sur les phases évolutives de l'extinction

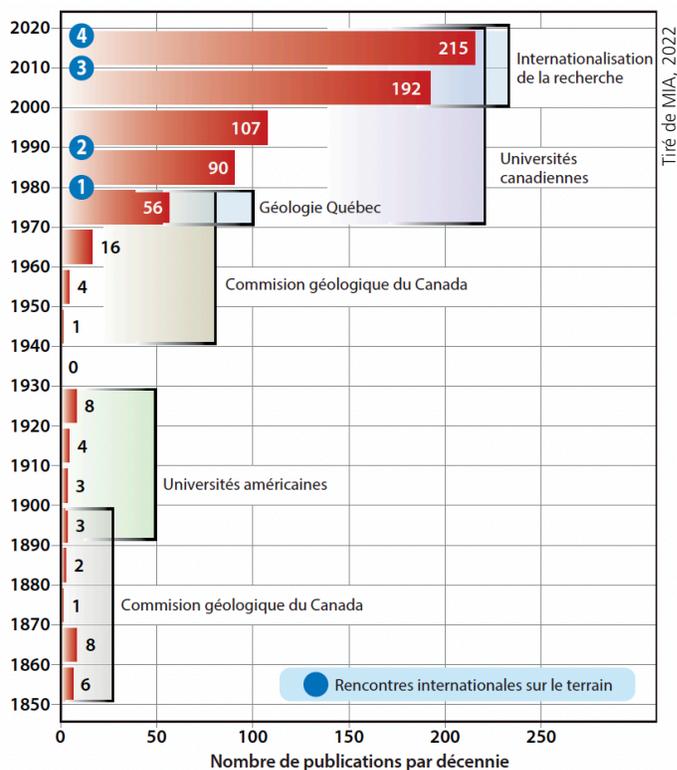
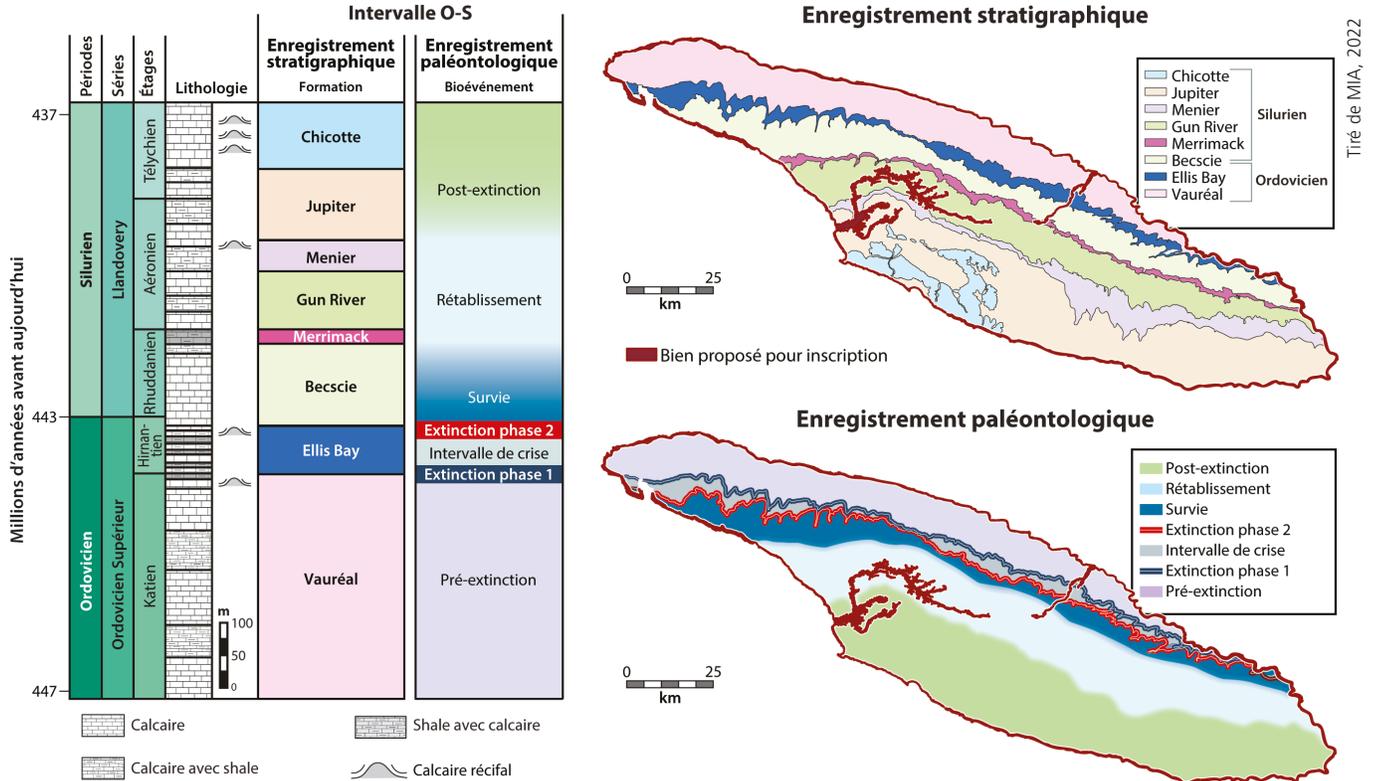


Figure 3. Historique des publications sur la géologie d'Anticosti et les principaux acteurs responsables de la recherche depuis 1850.

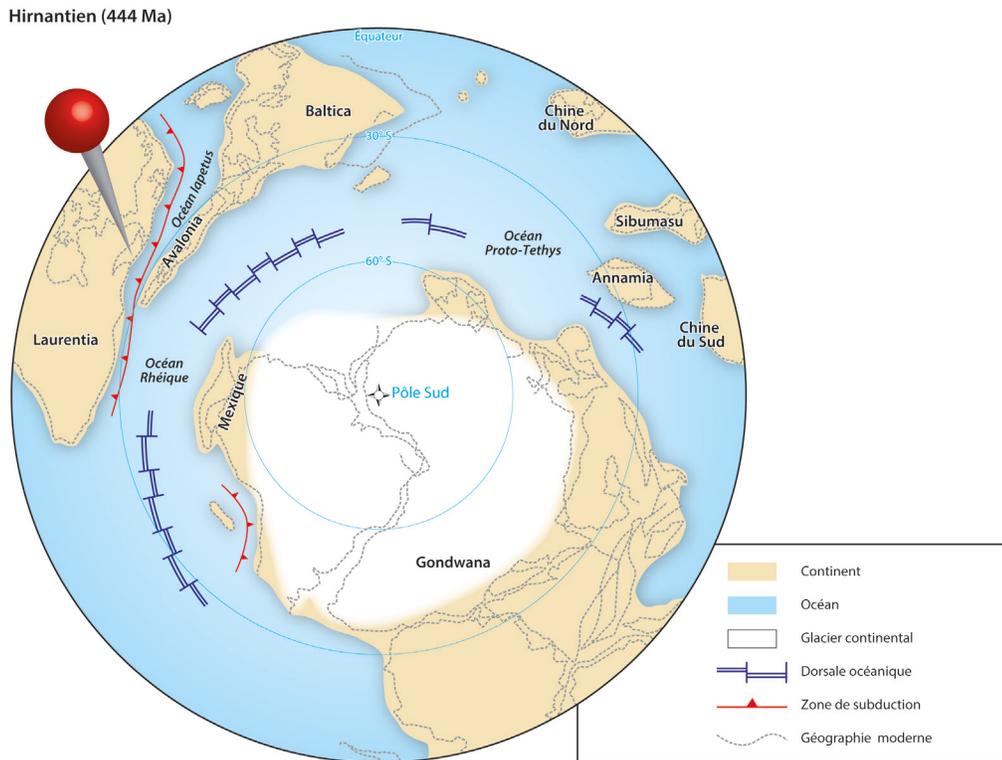
de masse de la fin de l'Ordovicien (figure 4). Au total, plus de 1 440 espèces fossiles ont été décrites (MIA, 2022), ce qui fait du bien proposé pour inscription l'endroit le plus riche en taxons de tout rang et le plus diversifié en assemblages fossilifères au monde sur l'intervalle O-S (tableau 1). Un assemblage typique de fossiles est composé de brachiopodes, de crinoïdes, d'ostracodes, de trilobites, de coraux solitaires et coloniaux, d'éponges stromatopores et de gastéropodes, de céphalopodes, de bivalves et de graptolites (figure 6). On trouve aussi en grande abondance des microfossiles utiles pour dater les roches ordoviciennes et siluriennes (figure 6) comme les conodontes (vertébrés primitifs avec des appareils buccaux solides), et les acritarches et les chitinozoaires (microfossiles marins à paroi organique d'affinité biologique incertaine). Quoique la plupart de ces groupes aient fait l'objet d'études paléontologiques approfondies, certains d'entre eux sont en attente de révision taxinomique ou de travaux scientifiques plus étoffés.

Plus récemment, une méiofaune constituée de petits animaux benthiques (< 1 mm) qui se trouve dans les premiers centimètres de sédiments sur les fonds marins a été décrite dans les strates ordoviciennes d'Anticosti (Knaust et Desrochers, 2019). On a identifié les plus anciens vers rubanés, ronds et plats connus à ce jour grâce à une bonne préservation de ces petits animaux à corps mou. On trouve aussi des algues thallophytes bien préservées dans certaines strates siluriennes d'Anticosti (Yi et collab., 2014). Des cryptospores similaires à celles des plantes terrestres primitives ont aussi été trouvées



Tiré de MIA, 2022

Figure 4. Colonne stratigraphique et cartes montrant en parallèle les enregistrements stratigraphique et paléontologique d'Anticosti.



Tiré de MIA, 2022

Figure 5. Carte paléogéographique avec une projection polaire sud montrant l'emplacement d'Anticosti (épingle) dans les tropiques de l'hémisphère Sud, alors que les palécontinents centrés sur le pôle Sud étaient englacés à la fin de l'Ordovicien (Hirnantien), il y a environ 444 millions d'années (Ma).

Tableau 1. Inventaire des taxons fossiles présents à Anticosti sur l'intervalle de la limite Ordovicien-Silurien (MIA, 2022).

| Taxons                     | Nombre de classes | Nombre d'ordres | Nombre de familles | Nombre de genres | Nombre d'espèces | Nombre d'espèces en nomenclature ouverte | <i>Incertae sedis</i> |
|----------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|------------------|------------------|--|-----------------------|
| Algues vertes              | 2                 | 2               | 4                  | 8                | 8                | 2  | s.o.                  |
| Cyanobactéries             | 1                 | 1               | 1                  | 3                | 3                | s.o.                                     | s.o.                  |
| Acritarches                | s.o.              | s.o.            | s.o.               | 60               | 110              | 21                                       | s.o.                  |
| Spores                     | s.o.              | s.o.            | s.o.               | s.o.             | 1                | s.o.                                     | s.o.                  |
| Foraminifères              | 2                 | 2               | 3                  | 3                | 1                | 3  | s.o.                  |
| Chitinozoaires             | 1                 | 2               | 3                  | 17               | 62               | 22                                       | 1                     |
| Éponges                    | 2                 | 4               | 8                  | 17               | 38               | 1  | s.o.                  |
| Cnidaires : coraux tabulés | 1                 | 6               | 11                 | 14               | 15               | 8  | s.o.                  |
| Cnidaires : coraux rugosés | 1                 | 2               | 14                 | 40               | 55               | 9  | 1                     |
| Autres cnidaires           | 1                 | 1               | 1                  | 2                | 4                | 0  | s.o.                  |
| Annélidés                  | 1                 | s.o.            | 11                 | 16               | 16               | 11                                       | s.o.                  |
| Bryozoaires                | 2                 | 10              | 29                 | 52               | 82               | 3  | 1                     |
| Brachiopodes               | 4                 | 11              | 48                 | 121              | 169              | 47                                       | 1                     |
| Mollusques : bivalves      | 1                 | 7               | 7                  | 13               | 27               | 4  | s.o.                  |
| Mollusques : céphalopodes  | 1                 | 9               | 26                 | 44               | 98               | 14                                       | s.o.                  |
| Mollusques : gastéropodes  | 1                 | 3               | 18                 | 29               | 46               | 1  | s.o.                  |
| Autres mollusques          | 3                 | 5               | 7                  | 7                | 5                | 3  | s.o.                  |
| Arthropodes : trilobites   | 1                 | 7               | 15                 | 47               | 65               | 15                                       | s.o.                  |
| Arthropodes : ostracodes   | 1                 | 4               | 41                 | 93               | 141              | 30                                       | s.o.                  |
| Autres arthropodes         | s.o.              | s.o.            | s.o.               | s.o.             | s.o.             | 2  | s.o.                  |
| Échinodermes : crinoïdes   | 1                 | 11              | 33                 | 45               | 58               | 27                                       | s.o.                  |
| Autres échinodermes        | 9                 | 3               | 8                  | 9                | 7                | 5  | s.o.                  |
| Hémicordés : graptolites   | 1                 | 3               | 11                 | 32               | 53               | 14                                       | s.o.                  |
| Cordés : conodontes        | 1                 | s.o.            | 12                 | 35               | 82               | 15                                       | s.o.                  |
| Traces fossiles            | 2                 | s.o.            | 9                  | 28               | 25               | 12                                       | s.o.                  |
| <b>Total</b>               | <b>40</b>         | <b>93</b>       | <b>320</b>         | <b>735</b>       | <b>1 171</b>     | <b>269</b>                               | <b>4</b>              |

(Richardson et Ausich, 2007), ce qui permet de penser que les plantes avaient envahi le continent au voisinage de la mer anticostienne, une ancienne mer intérieure ayant recouvert la région à l'Ordovicien et au Silurien (voir ci-dessous).

Au-delà du nombre d'espèces fossiles présentes à Anticosti, il est possible de reconstruire assez fidèlement le réseau trophique et les modes de vie des organismes marins de cette époque (figure 6). On peut déterminer les principales relations d'alimentation des organismes à partir d'études de leur morphologie fonctionnelle. Les plantes et le plancton (végétal et animal) étaient la nourriture de base. Il y avait de nombreux organismes suspensivores par rapport à aujourd'hui ainsi que relativement peu d'organismes détritivores et herbivores ou grands prédateurs. Les organismes pélagiques, soit le plancton

qui flottait de façon passive suivant les courants dans la mer anticostienne, comprenaient les acritarches, les chitinozoaires et les graptolites (figure 6). Leur présence dans les strates sédimentaires d'Anticosti atteste d'une bonne connexion entre cette mer et l'océan avoisinant au cours de l'intervalle O-S. Ces organismes planctoniques ont été touchés à divers degrés par les 2 phases de l'extinction massive de la fin de l'Ordovicien, ce qui est bien démontré dans les strates fossilifères d'Anticosti (figure 4). Les organismes nectoniques qui se déplaçaient librement ou près du fond marin comprennent les céphalopodes, les ostracodes et les conodontes (figure 6). Tout comme le plancton, ce groupe écologique, bien présent dans le bien proposé pour inscription, a été perturbé par les 2 phases de l'extinction massive de la fin de l'Ordovicien (figure 4). Sur

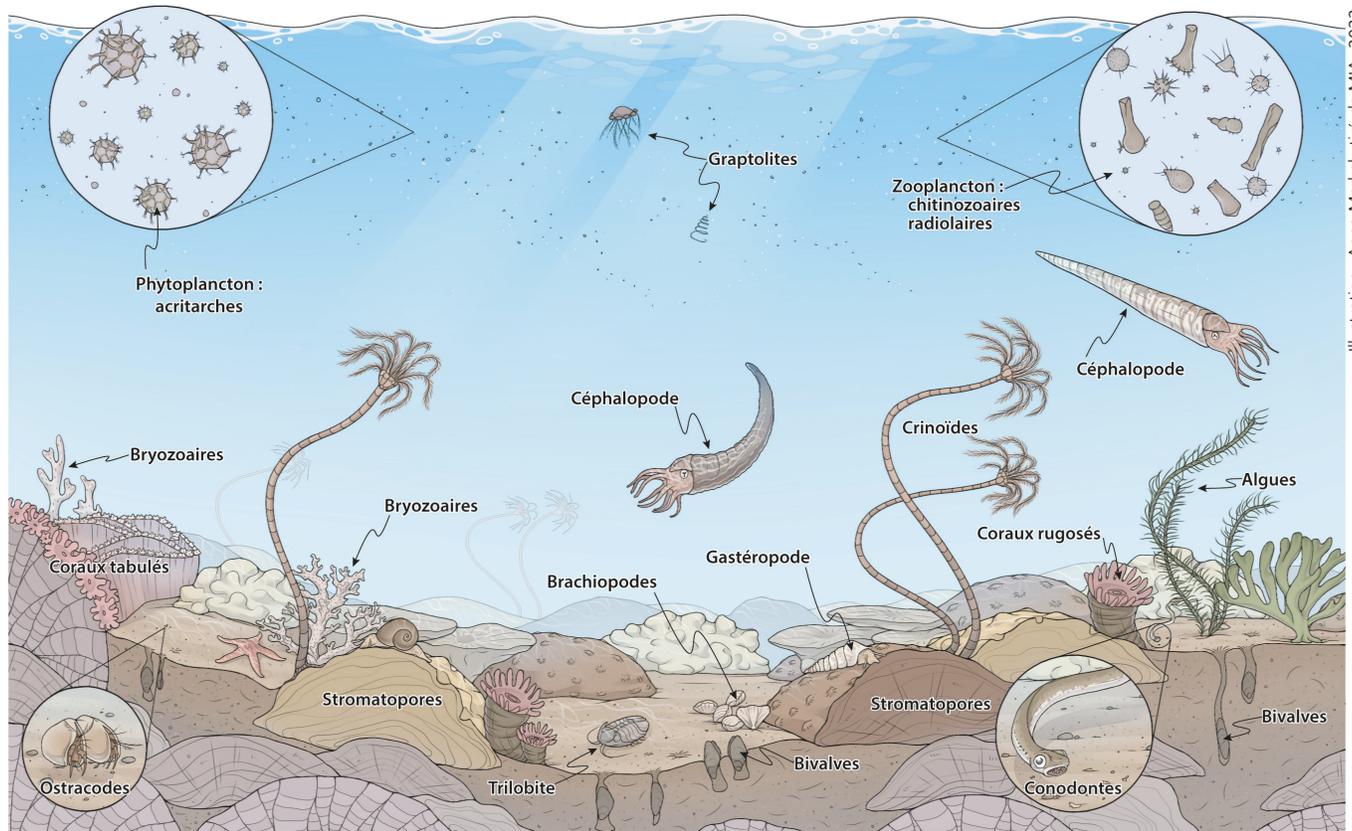


Illustration : Anna Merkel ; tiré de MIA, 2022

Figure 6. Reconstruction montrant les principaux organismes marins préservés comme fossiles de la fin de l'Ordovicien et du début du Silurien à Anticosti.

le substrat et à l'intérieur de celui-ci foisonnaient les organismes benthiques qui étaient soit sessiles (fixés sur le fond) comme les brachiopodes articulés, les bryozoaires, les crinoïdes, les coraux tabulés et rugosés et les éponges stromatopores, soit vagiles (mobiles sur le fond) comme les trilobites, les bivalves et les gastéropodes (figure 6). L'enregistrement paléontologique d'Anticosti (figure 4) montre que les animaux benthiques, tant sessiles que mobiles, ont été touchés et ont subi des pertes importantes et dramatiques de diversité lors des 2 phases de l'extinction massive de la fin de l'Ordovicien (Copper et collab., 2011). En général, le benthos sessile a été le plus sévèrement touché, le benthos mobile moins (Harper et collab., 2014).

## Autres attributs importants

### Faciès sédimentaires

Les faciès sédimentaires sont superbement bien exposés et préservés, ce qui permet de reconnaître aisément les conditions sédimentaires de transport, de dépôt et de diagenèse, et donc de reconstruire intégralement les anciens milieux de vie des invertébrés fossiles. Les faciès changent latéralement le long d'un gradient de déposition à travers le bien proposé pour inscription, avec des faciès mixtes silicoclastiques et carbonatés près du paléorivage dans le secteur oriental et des faciès carbonatés de milieu plus profond dans les secteurs central et occidental (Desrochers et collab., 2010; Long, 1993). La mer

anticostienne à la fin de l'Ordovicien était une plate-forme ou une rampe avec une pente douce ouverte vers le sud-ouest où les vagues et la houle océanique pouvaient balayer directement les fonds marins peu profonds jusqu'au rivage (figure 7).

### Tempestites

Les calcaires fossilifères déposés lors du passage répété de tempêtes et d'ouragans représentent les faciès sédimentaires les plus communs dans la succession d'Anticosti (Long, 2007; Sami et Desrochers, 1992). Ceci s'explique par la paléogéographie de la mer anticostienne située à l'époque 15° à 20° au sud du paléoéquateur dans le cœur de la ceinture d'ouragans de l'océan Iapetus (figure 5). Presque chaque lit calcaire massif (de 1 à 80 cm d'épaisseur) de la succession anticostienne résulte d'un dépôt appelé « tempestite » qui permet la préservation et la représentation physique d'un événement violent comme une tempête ou un ouragan. On trouve toute la gamme de structures sédimentaires normalement associées aux tempestites (figures 8A et 8B). Un calcul sommaire montre jusqu'à 10 000 tempestites enregistrées lors de l'intervalle O-S (de 447 à 437 millions d'années avant aujourd'hui [AA]) à Anticosti, ce qui représente au minimum une tempête tropicale majeure ou un ouragan tous les 1 000 ans sur la trajectoire d'Anticosti.

Katien (450 Ma)

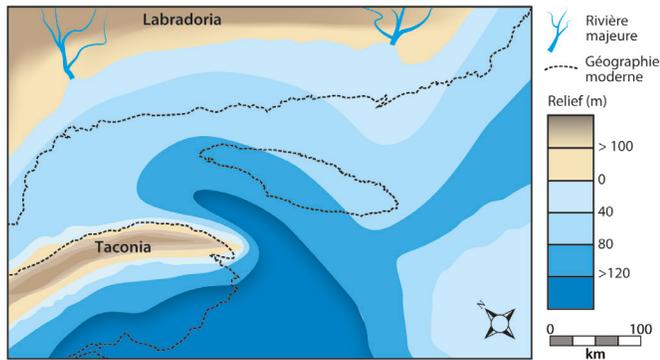


Figure 7. Carte paléogéographique à l'Ordovicien supérieur, Katien (450 millions d'années [Ma] AA) montrant les terres émergentes dans le voisinage de la mer anticostienne; « Labradoria » ou les vieilles collines du Bouclier canadien au nord et « Taconia » ou les montagnes appalachiennes plus récentes au sud-ouest en Gaspésie.

### Concentration de coquilles

On trouve par milliers des concentrations de coquilles d'invertébrés fossiles sur les grandes surfaces de litage exposées d'Anticosti (figure 8C). On les trouve sous la forme de pavés de quelques millimètres d'épaisseur à des lits de 10 à 20 cm d'épaisseur (*shell beds*). Presque toutes ces concentrations sont dominées par d'abondants brachiopodes avec des gastéropodes, des bryozoaires et des trilobites. Elles sont une source d'information privilégiée pour les paléontologues afin d'établir la liste exhaustive des taxons fossiles d'Anticosti, de donner un aperçu des assemblages de fossiles et de renseigner sur l'écologie marine (Copper, 1997). Leur omniprésence dans les strates fossilifères d'Anticosti a été utilisée comme indicateurs environnementaux au moment de leur formation, en ce qui concerne la bathymétrie, le niveau d'énergie, la fragmentation et le transport différentiel des éléments squelettiques et les vitesses de sédimentation.

### Encrinites

La Formation de Chicotte dans le secteur centre sud d'Anticosti (figure 4) montre un faciès distinctif et composé presque uniquement de crinoïdes, une classe d'animaux marins appartenant à l'embranchement des échinodermes. En volume, plus de 80 % des particules sédimentaires des calcaires de la Formation de Chicotte sont des éléments squelettiques plus ou moins désarticulés de forte taille provenant d'individus crinoïdes. Ce faciès riche en crinoïdes s'appelle une « encrinite » (Ausich, 1997). Les encrinites de la Formation de Chicotte étaient de vastes prairies sous-marines dominées par les individus crinoïdes (Desrochers, 2006; James et collab., 2015). Les crinoïdes étaient sessiles (fixes), ressemblaient à des plantes, mais étaient pourvus d'un squelette calcaire articulé avec une sorte de racine ancrant leur tige sur le fond marin. La tige du crinoïde était utilisée pour maintenir la couronne au-dessus du fond de la mer pendant que les bras et les pinnules formaient un panache qui servait à piéger les particules en suspension

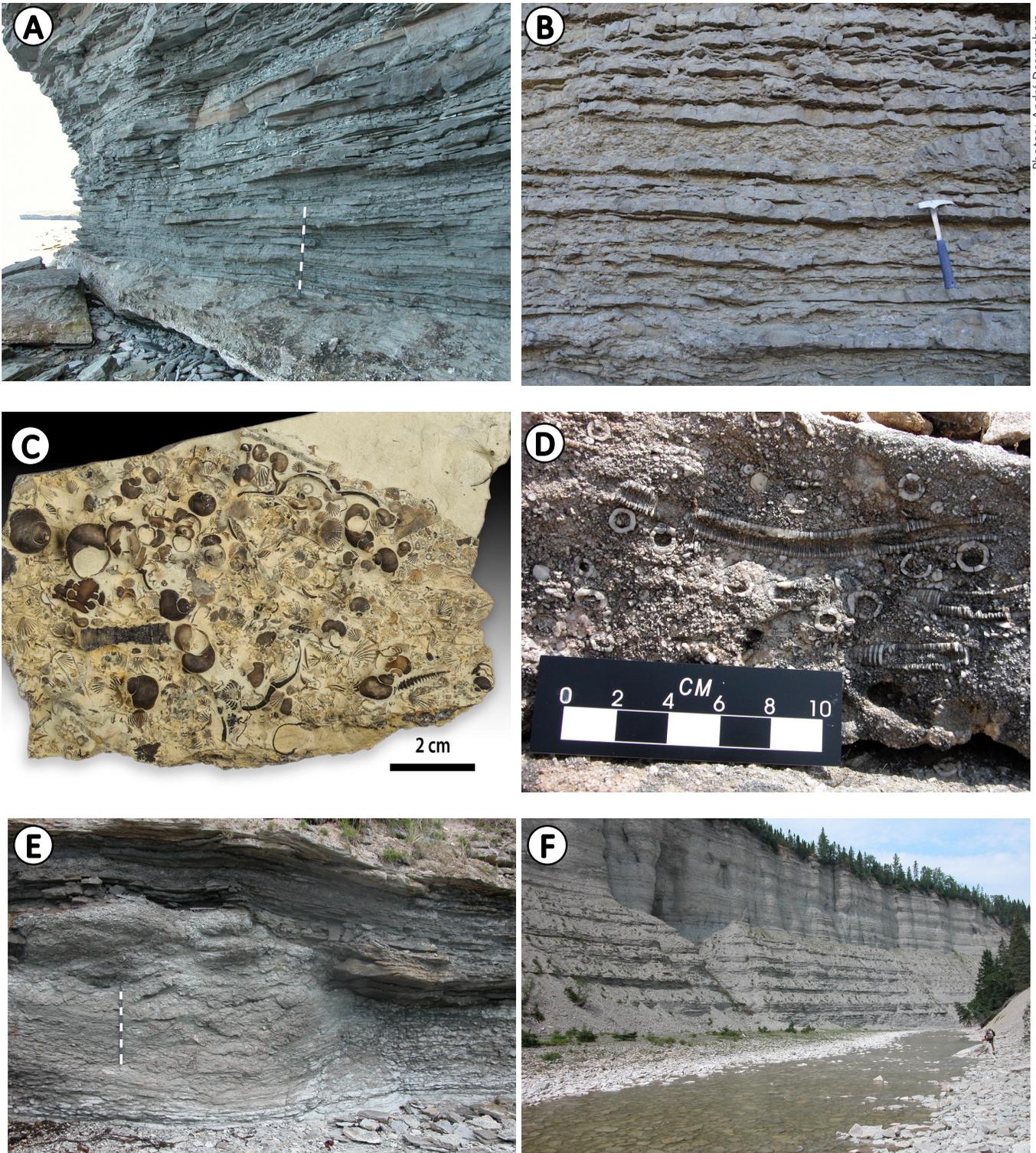
dans l'eau de mer (figure 6). La tige était de longueur variable, de sorte que chaque espèce de crinoïde mature avait accès à de la nourriture à différents niveaux au-dessus du fond marin. Quoiqu'incomplètes, les tiges et les couronnes des crinoïdes sont souvent articulées (figure 8D), attestant ici que des tempêtes les ont brisées, mais rapidement ensevelies sinon celles-ci auraient été démantelées en de nombreux petits fragments après leur mort. Les encrinites d'Anticosti sont remarquables, car parmi les plus vieilles et les mieux préservées au monde (MIA, 2022).

### Récifs fossiles

Les récifs fossiles ou bioconstructions d'Anticosti forment des monticules à l'échelle métrique et décimétrique qui ont été façonnés par l'enchevêtrement de grands organismes calcaires construisant leur propre relief bathymétrique sur le fond de la mer anticostienne (Copper, 1988). On trouve ces récifs fossiles : i) au sommet de la Formation de Vauréal, du Katien ; ii) au sommet de la Formation d'Ellis Bay, à la fin de l'Hirnantien (figure 8E) ; iii) au sommet de la Formation de Menier, de l'Aéronien ; iv) à plusieurs endroits dans la Formation de Chicotte, du Télychien (figure 3). La charpente massive de ces récifs a été construite par un regroupement de coraux tabulés et rugosés, d'éponges stromatopores, et de bryozoaires souvent renforcés par des encroûtements de calcimicrobes. Leur état de conservation et la qualité des affleurements sont exceptionnels dans le secteur littoral d'Anticosti (MIA, 2022). L'absence de récifs au Rhuddanien atteste des conditions environnementales défavorables à la reconstruction rapide des communautés récifales et des communautés benthiques à la suite de l'extinction massive de la fin de l'Ordovicien (Copper et Jin, 2012).

### Architecture stratigraphique

L'analyse des faciès sédimentaires et l'interprétation séquentielle d'Anticosti fournissent un cadre stratigraphique précis capable de résoudre les corrélations intercontinentales jadis difficiles à soutenir. L'analyse sédimentologique, séquentielle et cyclostratigraphique aboutit à l'identification sur le terrain d'au moins 2 ordres de cycles stratigraphiques sur tout l'intervalle O-S (figure 8F). Les variations temporelles de facteurs importants (eustatisme, climat, production et accumulation de carbonates) de la dynamique sédimentaire de la mer anticostienne ont été mises de l'avant pour expliquer l'origine de ces cycles stratigraphiques (Mauviel et collab., 2020; Sinnesael et collab., 2021). Malgré un cadrage temporel pas toujours connu avec précision, ces variations seraient liées à un forçage climatique en lien avec des processus astronomiques cycliques (cycles de Milankovitch) comme la procession, l'obliquité et l'excentricité. Cette approche avant-gardiste adoptée par les stratigraphes permet d'affiner considérablement l'échelle des temps géologiques avec une précision de l'ordre des centaines, voire de dizaines de milliers d'années, ce qui est avantageux par rapport à la précision d'une biozone estimée à 1 ou 2 millions d'années. Il en résulte que la succession anticostienne possède un cadre stratigraphique de



Photos: André Destrochers

Figure 8. A) Enregistrement stratigraphique au contact des formations d'Ellis Bay et de Becscie (base du bâton de 1 m) à l'anse Mauvaise, dans le secteur nord-est d'Anticosti illustrant l'empilement de lits calcaires massifs ou tempestites dans la Formation de Becscie. B) Vue en coupe montrant les lits calcaires massifs ou tempestites interlités avec des lits plus récessifs et bioturbés ou intertempestites, Formation de Vauréal, cap aux Anglais, dans le secteur ouest d'Anticosti. C) Vue d'une surface de litage avec une concentration de coquilles, notamment des gastéropodes, des brachiopodes et des trilobites, Formation de Gun River. D) Vue en coupe d'une encrinite de la Formation de Chicotte, sentier des Échouries près de la rivière Chicotte. E) Enregistrement stratigraphique au contact des formations d'Ellis Bay et de Becscie, à la pointe Laframboise (secteur ouest d'Anticosti) montrant un monticule récifal avec une charpente massive construite par des coraux tabulés et rugosés, des éponges stromatopores, et de bryozoaires renforcés par des encroûtements de calcimicrobes. F) Cycles stratigraphiques à l'échelle métrique de la Formation de Vauréal, dans le canyon Vauréal (parc national d'Anticosti).

haute résolution capable d'élucider les énigmatiques scénarios paléoclimatiques et paléocéanographiques liés à l'extinction de masse à la fin de l'Ordovicien.

### Autres exigences de reconnaissance

Les limites d'Anticosti sont clairement définies et comprennent toutes les strates fossilifères exposées le long du littoral maritime et des rivières Vauréal et Jupiter (figure 2). À l'intérieur de ces limites, les enregistrements stratigraphiques et paléontologiques contiennent tous les attributs nécessaires à l'expression intégrale de sa VUE (figure 4). L'érosion naturelle joue un rôle important puisque le recul des falaises met à jour de nouveaux horizons fossilifères et sert à maintenir la VUE à long terme. Quoique la vaste majorité des fossiles présents se trouvent in situ par millions sur les surfaces de litage du bien proposé, on trouve aussi des fossiles ex situ dans les collections de grands musées du monde, notamment le Musée canadien de la nature à Ottawa, le Royal Ontario Museum à Toronto, le Redpath Museum à Montréal, et l'American Museum of Natural History à New York. Ces collections sont accessibles aux chercheurs du monde entier et ne peuvent qu'aider à la mise en valeur de la VUE d'Anticosti.

Anticosti est exempte de toute activité industrielle, et aucun habitant ne réside en permanence dans le bien proposé ou sa zone tampon. La perspective du développement moderne à l'intérieur ou à proximité du bien proposé et de sa zone tampon est minime, et tout développement potentiel sera soumis à des directives strictes. Le bien proposé et sa zone tampon jouissent de rigoureuses mesures législatives de protection à long terme, car ils se trouvent dans un réseau d'aires protégées du domaine public géré par le gouvernement du Québec. La *Loi sur la conservation du patrimoine naturel* et la *Loi sur les parcs du Québec* veillent à la protection et au maintien de tous les attributs stratigraphiques et paléontologiques essentiels à la pleine expression de la VUE d'Anticosti. Une équipe de gestion créée par le gouvernement québécois appliquera les mesures législatives de protection, réalisera les activités quotidiennes de gestion et surveillera les facteurs naturels et les activités humaines menaçant le bien proposé et sa zone tampon.

### Conclusion

Située sur la plus grande île du Québec à l'entrée du golfe du Saint-Laurent, Anticosti est candidate pour inscription sur la Liste du patrimoine mondial de l'UNESCO du fait de ses attributs stratigraphiques et paléontologiques exceptionnels.

Les formations géologiques associées à une structure monoclinale simple fournissent un impressionnant enregistrement stratigraphique de plus de 900 m s'étalant de la fin de l'Ordovicien (447 millions d'années AA) au début du Silurien (437 millions d'années AA). Toutes les formations fossilifères sont accessibles et exposées en continuité stratigraphique le long de la côte sur près de 550 km, ainsi que le long d'un « pont » géologique du nord au sud le long des rivières Vauréal et Jupiter.

Les formations géologiques recèlent des assemblages de fossiles marins qui nous renseignent sur les bioévénements avant, durant et après l'extinction de masse de la fin de l'Ordovicien. On y dénombre à ce jour plus de 1 440 espèces fossiles en taxons de tout rang qui se rattachent aux brachiopodes, aux échinodermes, aux ostracodes, aux trilobites, aux coraux solitaires et coloniaux, aux éponges stromatopores, et aux gastéropodes, ainsi qu'aux céphalopodes, aux bivalves, aux conodontes, et aux organismes pélagiques comme les acritarches, les chitinozoaires et les graptolites.

### Remerciements

L'auteur tient à remercier les membres du Comité de pilotage de la proposition d'inscription d'Anticosti sur la Liste du patrimoine mondial pour leur soutien au cours des 5 dernières années à titre de directeur scientifique. Je tiens à souligner la contribution de feu Pierre Bertrand, un graphiste hors pair, qui a réalisé la plupart des figures de cet article. Un merci à Anna Merkel, étudiante à la maîtrise de l'Université Friedrich-Alexander d'Erlangen-Nuremberg, qui a réalisé la figure 6. Finalement, l'article est dédié aux amis et aux résidents de l'île d'Anticosti qui ont joué un rôle déterminant dans mon cheminement personnel et professionnel depuis 1977. Je remercie sincèrement le travail des réviseurs anonymes de même que celui de Pascale Marcotte, de François Brassard et des bénévoles de l'équipe du *Naturaliste canadien* qui ont participé aux différentes étapes menant à l'édition finale de cet article. ◀

### Références

- AUSICH, W.I., 1997. Regional encrinites: A vanished lithofacies. Dans : BRETT, C. et G. BAIRD (édit.). *Paleontologic events*. Columbia University Press, New York, 509-519.
- COPPER, P., 1997. Articulate brachiopod shellbeds: Silurian examples from Anticosti, Eastern Canada. *Géobios*, 30 (Suppl. 1): 133-148. [https://doi.org/10.1016/S0016-6995\(97\)80019-8](https://doi.org/10.1016/S0016-6995(97)80019-8).
- COPPER, P., 1988. Upper Ordovician and Lower Silurian reefs of Anticosti Island, Québec. Dans : GELDSETZER, H.H.J., N.P. JAMES et G.E. TEBBUTT (édit.). *Reefs, Canada and Adjacent Area*. Canadian Society of Petroleum Geologists — Memoir, 13: 271-276.
- COPPER, P. et J. JIN, 2012. Early Silurian (Aeronian) East Point coral patch reefs of Anticosti Island, eastern Canada: First reef recovery from the Ordovician/Silurian mass extinction in eastern Laurentia. *Geosciences*, 2: 64-89. <https://doi.org/10.3390/geosciences2020064>.
- DESROCHERS, A., 2006. Rocky shoreline deposits in the Lower Silurian (upper Llandovery, Telychian) Chicotte Formation, Anticosti Island, Québec. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 43: 1205-1214. <https://doi.org/10.1139/e06-054>.
- DESROCHERS, A., C. FARLEY, A. ACHAB, E. ASSELIN et J.F. RIVA, 2010. A far-field record of the end Ordovician glaciation: The Ellis Bay Formation, Anticosti Island, eastern Canada. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 296: 248-263. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2010.02.017>.
- JAMES, N.P., A. DESROCHERS et K.T. KYSER, 2015. Polygenetic (polyphase) karsted hardground omission surfaces in Lower Silurian neritic limestones: Anticosti Island, eastern Canada. *Journal of Sedimentary Research*, 85: 1138-1154. <https://doi.org/10.2110/jsr.2015.71>.
- JIN, J., D.A.T. HARPER, L.R.M. COCKS, P.J.A. MCCAUSLAND, C.M.Ø. RASMUSSEN et P.M. SHEEHAN, 2013. Precisely locating the Ordovician equator in Laurentia. *Geology*, 41: 107-110. <https://doi.org/10.1130/G33688.1>.

- KNAUST, D. et A. DESROCHERS, 2019. Exceptionally preserved soft-bodied assemblage in Ordovician carbonates of Anticosti Island, eastern Canada. *Gondwana Research*, 71 : 117-128. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.01.016>.
- LAVOIE, D., 2008. Chapter 3—Appalachian foreland basin of Canada. Dans : MIALL, A.D. (édit.). *The sedimentary basins of the United States and Canada. Sedimentary basins of the world*, 5 : 65-103. [https://doi.org/10.1016/S1874-5997\(08\)00003-8](https://doi.org/10.1016/S1874-5997(08)00003-8).
- LONG, D.G.F., 1993. Limits on Late Ordovician eustatic sea-level change from carbonate shelf sequences: An example from Anticosti Island, Québec. Dans : POSAMENTIER, H.W., D.P. SUMMERHAYES, B.U. HAQ et G.P. ALLEN (édit.). *Sequence stratigraphy and facies associations*. Wiley, p. 487-499. <https://doi.org/10.1002/9781444304015.ch24>.
- LONG, D.G.F., 2007. Tempestite frequency curves: A key to Late Ordovician and Early Silurian subsidence, sea-level change, and orbital forcing in the Anticosti foreland basin, Québec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 44 : 413-431. <https://doi.org/10.1139/e06-099>.
- MAUVIEL, A., M. SINNESAEEL et A. DESROCHERS, 2020. The stratigraphic and geochemical imprints of Late Ordovician glaciation on far-field neritic carbonates, Anticosti Island, eastern Canada. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 543 : 109579. <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2019.109579>.
- MC KEEVER, P.J. et G.M. NARBONNE, 2021. Geological World Heritage: A revised global framework for the application of criterion (viii) of the World Heritage Convention. *Union internationale pour la conservation de la nature*, Gland, Suisse. vi +118 p. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2021.12.en>.
- [MIA] MUNICIPALITÉ DE L'ÎLE-D'ANTICOSTI, 2022. Proposition d'inscription sur la Liste du patrimoine mondial – Anticosti: un regard exceptionnel sur la première extinction massive du vivant. Janvier 2022, 221 p.
- RICHARDSON, J.G. et W.I. AUSICH, 2007. Late Ordovician–Early Silurian cryptospore occurrences on Anticosti Island, Québec, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 44 : 1-7. <https://doi.org/10.1139/e06-100>.
- SAMI, T. et A. DESROCHERS, 1992. Episodic sedimentation on an early Silurian, storm dominated carbonate ramp, Becscie and Merrimack Formations, Anticosti Island, Canada. *Sedimentology*, 39 : 355-381. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1992.tb02122.x>.
- SINNESAEEL, M., P.I. MCLAUGHLIN, A. DESROCHERS, A. MAUVIEL, J. DE WEIRD, P. CLAEYS et T.R.A. VANDENBROUCKE, 2021. Precession-driven climate cycles and time scale prior to the Hirnantian glacial maximum. *Geology*, 49 : 1295-1300. <https://doi.org/10.1130/G49083.1>.
- UNESCO, 2011. Établir une proposition d'inscription au patrimoine mondial. 2<sup>e</sup> édition, UNESCO, 141 p. Disponible en ligne à : <https://whc.unesco.org/fr/etablir-une-proposition-d-inscription/>.
- YI, W., J. JISUO et Z. RENBIN, 2014. A new noncalcified thallophytic alga from the lower Silurian of Anticosti Island, eastern Canada. *International Journal of Plant Sciences*, 175 : 359-368. <https://doi.org/10.1086/674451>.

## AU CŒUR DE LA FORMATION ET DE LA RECHERCHE

**1 institut phare** en sciences de la mer de réputation internationale : l'ISMER.

**4 fois** nommée Université de l'année en recherche au Canada.\*

**50 millions investis** en infrastructures de recherche en 10 ans.

**Des centaines** de personnes en recherche dans une variété de disciplines.

# UQAR

uqar.ca



Credit photo Dominique Berteaux

La recherche à l'UQAR se distingue grâce à ses trois axes d'excellence que sont les sciences de la mer, le développement régional et la nordicité. Riche de la diversité de ses expertises de calibre international, elle se démarque aussi dans les domaines des sciences naturelles et du génie, des sciences humaines et sociales ainsi que de la santé.

\*Selon Research Infocource



# LA FAUNE, notre mission, notre passion!

Grâce à la générosité de nos donateurs  
et aux contributions des chasseurs,  
pêcheurs et piégeurs, 265 projets  
de conservation de la faune ont  
été soutenus en 2021-2022!



Hugues Déglaire / Québec couleur nature

› **Faites partie du mouvement faunique!**

Faites un don : [www.fondationdelafaune.qc.ca](http://www.fondationdelafaune.qc.ca)



**Gervais Comeau** Conseiller en placement

[gervais.comeau@iagestionprivee.ca](mailto:gervais.comeau@iagestionprivee.ca) · [gervaiscomeau.com](http://gervaiscomeau.com)

[iagestionprivee.ca](http://iagestionprivee.ca)



[yan\\_bedard@hotmail.com](mailto:yan_bedard@hotmail.com)

PHOTOS-LICENCES-COURS-CONSEILS

<http://yvanbedardphotonature.com>