



Ressources naturelles
Canada

Natural Resources
Canada

**COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
DOSSIER PUBLIC 9288f**

**Palynologie du Groupe de Mannville dans le centre nord de la
Saskatchewan (feuillets cartographiques 73-I/10-15 du
Système national de référence cartographique)**

J.M. Galloway et M.M. Gilbert

2026

Canada 

**COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
DOSSIER PUBLIC 9288f**

**Palynologie du Groupe de Mannville dans le centre nord de la
Saskatchewan (feuillet cartographique 73-I/10-15 du
Système national de référence cartographique)**

J.M. Galloway¹ et M.M. Gilbert²

¹Commission géologique du Canada, 3303-33rd Street N.W., Calgary (Alberta) T2L 2A7

²Saskatchewan Geological Survey, 610-1945 Hamilton Street, Regina (Saskatchewan) S4P 2C7

2026

© Sa Majesté le Roi du chef du Canada, représenté par le ministre des Ressources naturelles, 2026

Le contenu de cette publication ou de ce produit peut être reproduit en tout ou en partie, et par quelque moyen que ce soit, sous réserve que la reproduction soit effectuée uniquement à des fins personnelles ou publiques mais non /commerciales, sans frais ni autre permission, à moins d'avis contraire.

On demande seulement :

- de faire preuve de diligence raisonnable en assurant l'exactitude du matériel reproduit;
- d'indiquer le titre complet du matériel reproduit et le nom de l'organisation qui en est l'auteur;
- d'indiquer que la reproduction est une copie d'un document officiel publié par Ressources naturelles Canada (RNCAN) et que la reproduction n'a pas été faite en association avec RNCAN ni avec l'appui de celui-ci.

La reproduction et la distribution à des fins commerciales sont interdites, sauf avec la permission écrite de RNCAN. Pour de plus amples renseignements, veuillez communiquer avec RNCAN à copyright-droitdauteur@nrcan-rncan.gc.ca.

On peut télécharger cette publication gratuitement à partir du Dépôt ouvert des sciences et technologie de RNCAN (<https://ostrnrcan-dostrncan.canada.ca/>).

Notation bibliographique conseillée

Galloway, J.M. et M.M. Gilbert. 2026. Palynologie du Groupe de Mannville dans le centre nord de la Saskatchewan (feuillet cartographique 73-I/10-15 du Système national de référence cartographique); Commission géologique du Canada, Dossier public 9288f, 34 p. <https://doi.org/10.4095/paxv5pd0h5>

Les publications de cette série ne sont pas révisées; elles sont publiées telles que soumises par l'auteur.

ISSN 2816-7163
ISBN 978-0-660-98517-6
N° de catalogue M183-2/9288F-PDF
<https://doi.org/10.4095/paxv5pd0h5>

Tables des matières

AVANT-PROPOS	1
RÉSUMÉ DU PROJET	1
INTRODUCTION	1
MÉTHODES.....	3
Prélèvement d'échantillons	6
Traitement palynologique.....	7
Microscopie.....	7
RÉSULTATS	8
ANALYSE	15
Taxinomie et biostratigraphie	15
Âge et corrélation du groupe de Mannville.....	24
REMERCIEMENTS	28
RÉFÉRENCES.....	28

AVANT-PROPOS

Ce projet a été entrepris dans le cadre d'une initiative visant à améliorer la stratigraphie du groupe de Mannville du Crétacé précoce dans le centre-nord de la Saskatchewan en vue de l'évaluation de son potentiel économique en tant que ressource en placers aurifères. Des échantillons ont été prélevés à des fins d'analyse palynologique afin de fournir des interprétations de l'âge biostratigraphique.

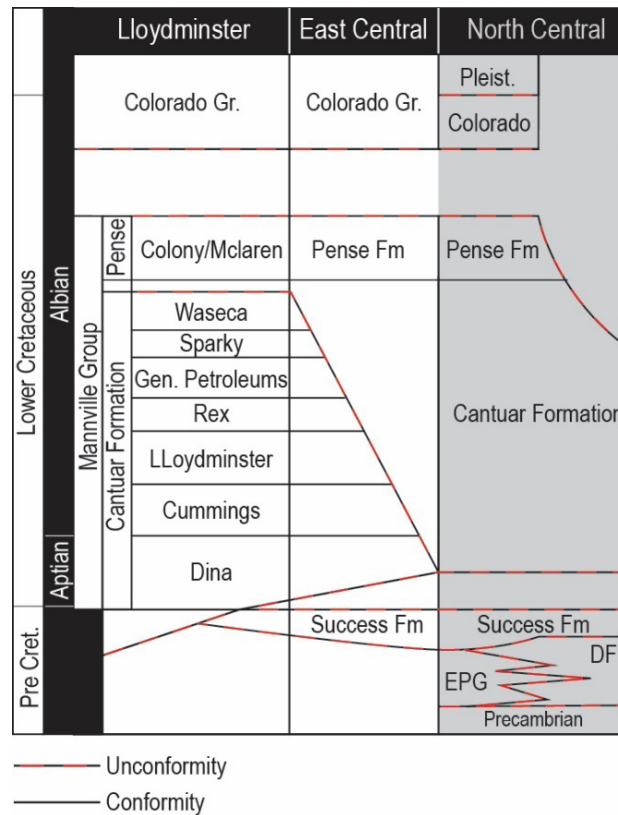
RÉSUMÉ DU PROJET

Selon l'interprétation, l'âge des matières examinées provenant du groupe de Mannville, dans le sud-est de la Saskatchewan, va du Barrémien précoce à l'Albien précoce moyen selon la présence de spores et de pollens dispersés identifiés comme des *Impardecispora trioreticulosa* (Barrémien précoce ou Aptien) et des *Tricolpites* spp. (Albien), associée à l'absence de spores d'*Appendicisporites* et de pollen plus complexe d'angiospermes. Plus précisément, nous interprétons que l'âge de la formation de Cantuar va d'avant l'Albien moyen à tardif jusqu'à l'Albien précoce à précoce moyen, et que la formation de Success prédate l'Albien moyen à tardif. Les échantillons tirés de la formation de Deadwood n'ont pas produit de palynomorphes.

INTRODUCTION

Le groupe de Mannville est l'une des plus anciennes successions Mésozoïques (étages Albien à Aptien; figure 1), s'étendant sur la totalité du bassin sédimentaire intérieur de l'Ouest (BSIO) sous la forme d'un prisme sédimentaire silicoclastique qui s'amincit vers le sud-est. Les sédiments du groupe de Mannville ont été déposés au cours d'un important épisode de subsidence et de sédimentation, durant lequel les sédiments provenaient d'épisodes complexes d'élévation et

d'érosion régionale, en grande partie sous l'effet de l'orogénèse laramienne (Dawson et coll. 1994; Hayes et coll. 1994; Christopher 2003).



	Lloydminster
	Centre-est
	Centre-nord
	Avant le Crét.
	Crétacé inférieur
	Gr. Colorado
	Pléist.
	Aptien
	Albien
	Groupe de Mannville
	Formation de Cantuar
	Pense
	Colony/Mclaren
	Fm de Pense
	Waseca
	Sparky
	Gen. Petroleums
	Rex
	Cummings
	Dina
	Fm de Success
	GEP
	FD
	Précambrien
	Discordance
	Concordance

Figure 1. Nomenclature stratigraphique avec les régions de Lloydminster et du centre-est de la Saskatchewan incluses comme références régionales. Modifié d'après Christopher (2003). Abréviations : Crét. – Crétacé; FD – Formation de Deadwood; GEP – Groupe d'Elk Point; Fm – Formation; Gr. – Groupe; Gen. – General; Pléist. – Pléistocène. Les lignes noires continues indiquent les surfaces concordantes; les lignes rouges et noires indiquent les surfaces discordantes. On ignore si la formation de Pense est présente en raison du manque de résolution de la carotte et de l'affleurement. D'après Gilbert (2025).

En Saskatchewan, le groupe de Mannville est limité par une discordance et se compose de dépôts hétérogènes fluviaux à marins marginaux subdivisés entre les formations inférieure de Cantuar et supérieure de Pense (Price 1963; Maycock 1967; Caldwell 1984a, 1984b; Christopher 2003). La formation de Cantuar peut être subdivisée à l'échelle de la région en membres (figure 1; Hein 2015; Christopher 2003). Quelles que soient les subdivisions régionales, la formation de Cantuar est composée d'un cycle transgressif-régressif fluvial à marin marginal qui intercale des paléovallées à contrôle structural incisées dans le carbonate paléozoïque sous-jacent (Christopher 2003; Kohlruss 2012; Morshedian 2012; Hein 2015). La formation de Pense marine à marine marginale repose en discordance sur la formation de Cantuar (Christopher 2003). Le groupe de Mannville est recouvert par des dépôts transgressifs du groupe du Colorado du Crétacé.

La zone d'étude comprend la feuille de carte 73I10-15 du Système national de référence cartographique (SNRC) dans le centre-nord de la Saskatchewan, où le groupe de Mannville forme le substratum rocheux dominant et affleure le long de plusieurs lacs et rivières de la région (figure 2). Il est surmonté par le groupe du Colorado dans les collines Wapawekka à l'est et repose en ordre stratigraphique descendant sur la formation de Success du Jurassique-Crétacé, les calcaires paléozoïques du groupe d'Elk Point, les silicoclastiques des formations de Deadwood et de Winnipeg et le Bouclier canadien (Gilbert 2025).

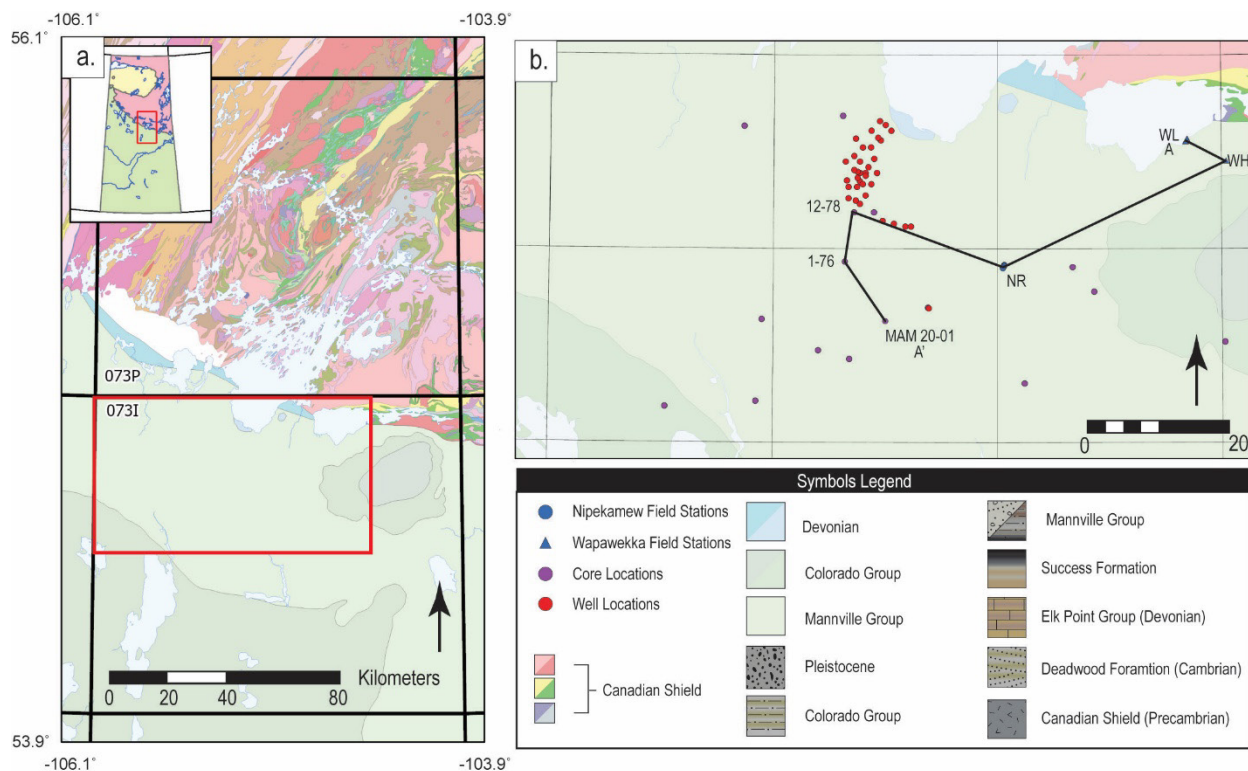
Gilbert (2025) a résumé les faciès et l'association des faciès du groupe de Mannville dans la zone d'étude. Les strates les plus basses sont composées de plaines côtières interdigitées et de chenaux défluents fluvio-estuariens faiblement bioturbés. Ces dépôts sont recouverts par érosion de sédiments anastomosés à grains grossiers constitués de kaolinite (probablement des grains et des clastes de feldspath altérés) et de quartz provenant du Bouclier canadien au nord. Les mesures des paléocourants indiquent un paléo-écoulement sud et sud-ouest, démontrant un drainage vers le sud avec l'eau provenant des hautes terres topographiques au nord (Gilbert 2025).

Cette étude vise à améliorer le contrôle de l'âge biostratigraphique du groupe de Mannville dans la zone d'étude.

MÉTHODES

Des données sédimentologiques et stratigraphiques détaillées ont été recueillies d'affleurements et de carottes prélevées au cours de l'été et de l'automne 2022. Les surfaces des affleurements ont été nettoyées et on a déterminé la lithologie à l'aide d'une tige de Jacob et d'un niveau à lunettes. La carotte a été enregistrée au Precambrian Subsurface Laboratory (laboratoire géologique des subsurfaces précambriennes) de La Ronge, en Saskatchewan. Dans la mesure du possible, les données sédimentologiques habituelles (taille des grains, forme des clastes, structures

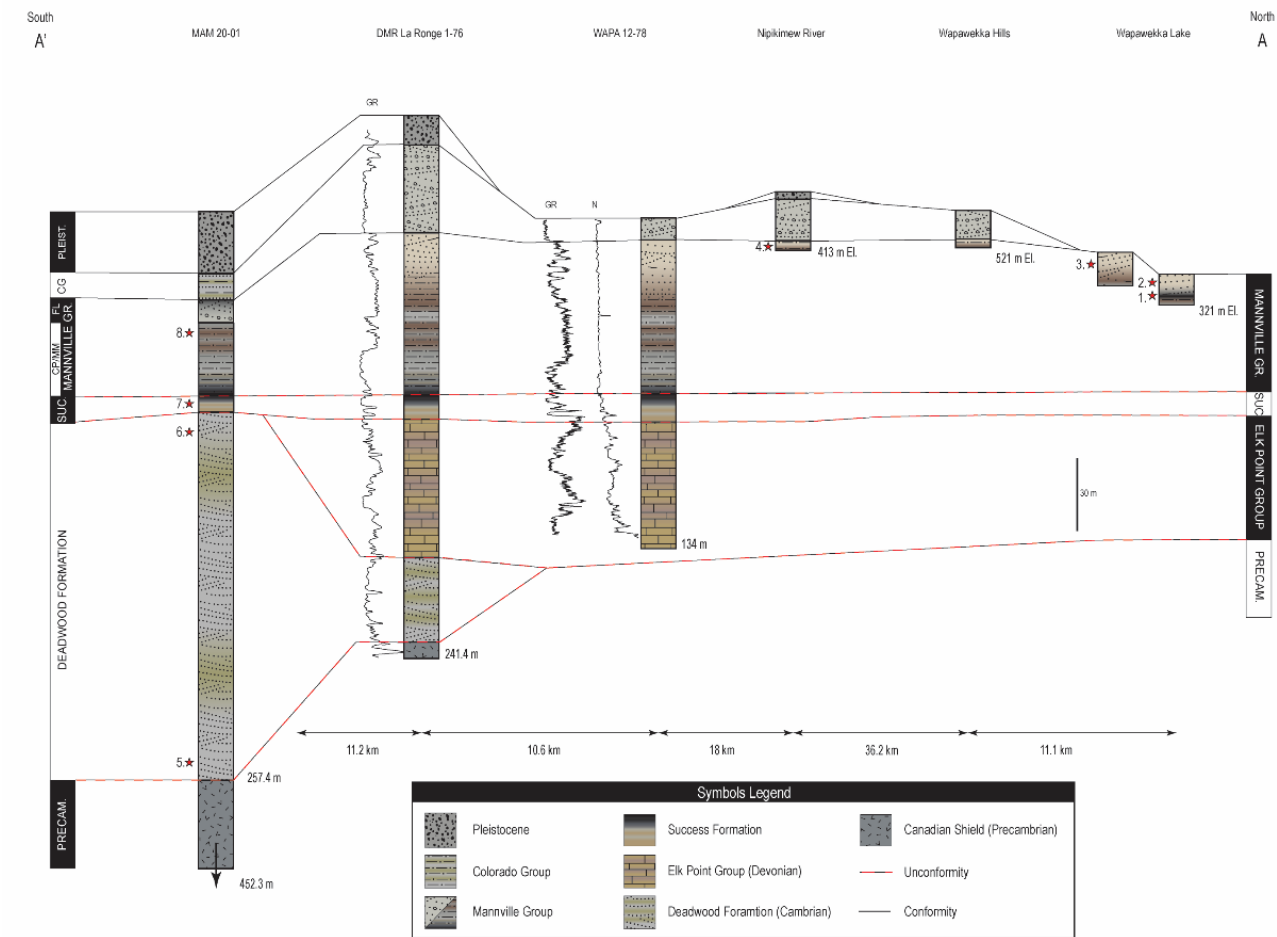
sédimentaires, indicateurs des paléocourants, géométrie du lit, contacts avec le lit, fossiles corporels, fossiles à l'état de traces) ont été consignées. La couleur des sédiments a été attribuée à l'aide du nuancier Munsell (Munsell 2000).



	-106,1
	Stations sur le terrain de Nipekamew
	Stations de terrain de Wapawekka
	Lieu des carottes
	Lieu des puits
	Bouclier canadien
	Dévonien
	Groupe du Colorado
	Groupe de Mannville
	Pléistocène
	Formation de Success
	Groupe d'Elk Point (Dévonien)
	Formation de Deadwood (Cambrien)
	Bouclier canadien (Précambrien)
	LW
	CW
	RN
	MAM

Figure 2. Cartes de la zone d'étude indiquant les points de repère régionaux et aux feuilles de carte du SNRC. a) Feuilles de carte 73I et 73P pour la province de la Saskatchewan (médaillon), tirées du Système national de référence cartographique (SNRC) à une échelle de 1:250 000. Le carré rouge indique les limites du médaillon b. b) Lieu des carottes, des puits et des affleurements (stations sur le terrain), tracé sur les cartes 73P/10, /11, /12, /13, /14 et /15 du SNRC à une échelle de 1:50 000. La section transversale illustrée à la figure 3 est indiquée sur la carte (A-A'). Abréviations : 1-76 – MRM La Ronge 1-76 (carotte); 12-78 –

WAPA 12-78 (carotte); RN – rivière Nipikimew (affleurement); CW – collines Wapawekka (affleurement); LW – lac Wapawekka (affleurement); MAM 20-02 (carotte). D’après Gilbert (2025).



	Sud
	MAM
	MRM La Ronge
	WAPA
	Rivière Nipikimew
	Collines Wapawekka
	Lac Wapawekka
	Nord
	Précamb.
	Formation de Deadwood
	Success
	CP/MM
	FL
	Groupe de Mannville
	GC
	Pléist.
	RG
	N
	Él. 413 m
	452,3 m
	Gr. de Mannville
	Groupe d'Elk Point

	Pléistocène
	Groupe du Colorado
	Groupe de Mannville
	Formation de Success
	Groupe d'Elk Point (Dévonien)
	Formation de Deadwood (Cambrien)
	Bouclier canadien (Précambrien)
	Discordance
	Concordance

Figure 3. La section transversale « A-A' » représente un transect orienté par pendage dans la zone d'étude, interprété à partir des données des rapports de carottage et de forage pour fournir le contexte stratigraphique régional. Le niveau de référence utilisée pour la section transversale est le sommet de la formation de Success. Lieu géographique des puits, des affleurements et de la section transversale A-A' illustrés à la figure 2. Abréviations : ÉL. – élévation; GC – groupe du Colorado; RG – diagraphe des rayons gamma; N – densité neutronique; PLÉIST. – Pléistocène; Précamb. – Précambrien; SUCCESS – Formation de Success; les étoiles indiquent les horizons échantillonnés pour la palynologie (tableau) : 1. Lac Wapawekka (MG-22-04-01); 2. Lac Wapawekka 1 (MG-22-04-02); 3. Lac Wapawekka 2 (MG-22-05-04); Rivière Nipikimew (MG-22-01-02); MAM-20-01 (MAM-20-01-01, MAM-20-01-02, MAM-20-01-03, MAM-20-01-04). D'après Gilbert (2025).

Prélèvement d'échantillons

Des échantillons de palynologie ont été prélevés dans les affleurements et les carottes (figures 2, 3), ciblant les lithologies riches en matières organiques (tableau 1). Les échantillons d'affleurement ont été collectés sur des surfaces nettoyées. Les échantillons de carottes et d'affleurements ont été prélevés à l'aide d'une spatule métallique lavée avec de l'eau désionisée entre les prélèvements, et le matériel était placé dans un sac à échantillons en plastique. Deux échantillons ont été prélevés de l'argilite fluviale de la formation de Deadwood (MAM-20-01-03 et 04) et un autre de la formation de Success (MAM-20-01).

Tableau 1. Échantillons analysés à des fins de palynologie. Voir aussi les figures 2 et 3.

Nom du puits/station sur le terrain	Latitude, Longitude	Nom de l'échantillon	Lithologie	Lithostratigraphie	Métrage (m) ^{a,b}	Faciès	Paléoenvironnement
Rivière Nipekamew (affleurement)	54.729, -104.985	MG-22-01-02	Argilite	Groupe de Mannville (formation de Cantuar)	2,2 ^a	SHI ^c litée ondulée à lenticulaire	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales
Lac Wapawekka 1 (affleurement)	54.888, -104.580	MG-22-04-01	Argilite	Groupe de Mannville (formation de Cantuar)	0,42 ^a	SHI ^c litée ondulée à lenticulaire	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales
Lac Wapawekka 1 (affleurement)	54.888, -104.580	MG-22-04-02	Argilite et siltite	Groupe de Mannville (formation de Cantuar)	1,13 ^a	SHI ^c litée ondulée à lenticulaire	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales
Lac Wapawekka 2 (affleurement)	54.892, -104.577	MG-22-05-04	Argilite	Groupe de Mannville (formation de Cantuar)	5,3 ^a	SHI ^c litée ondulée à lenticulaire	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales

MAM-20-01 (carotte)	54.674, -105.156	MAM-20-01-01	Argilite	Formation de Deadwood	248 ^b	Fluvial (indifféren cié)	Fluvial
MAM-20-01 (carotte)	54.674, -105.156	MAM-20-01-02	Argilite	Formation de Deadwood	114 ^b	Fluvial (indifféren cié)	Fluvial
MAM-20-01 (carotte)	54.674, -105.156	MAM-20-01-03	Charbon	Formation de Success	93 ^b	Siltite carbonée, schiste et charbon	Plaine inondable, bourbiers formant de la tourbe, marais
MAM-20-01 (carotte)	54.674, -105.156	MAM-20-01-04	Charbon et boue carbonée	Groupe de Mannville (formation de Cantuar)	60 ^b	Siltite carbonée, schiste et charbon	Plaine inondable, bourbiers formant de la tourbe, marais

^a Métrage indiqué à partir de la base de la section mesurée.

^b Métrage indiqué en mètres sous la plateforme de forage.

^c SHI – stratification hétérolithique inclinée.

Traitement palynologique

Les échantillons ont été traités chez Global GeoLabs Ltd. à Medicine Hat (Alberta). Ils ont été préparés à des fins de palynologie selon les techniques d'extraction décrites par Traverse (2007). En bref, le traitement comprenait le lavage, la digestion acide, l'oxydation avec la solution de Schulze et la coloration avec de la safranine O. Les résidus ont été montés avec du polyvinyle et du bioplastique liquide. Le pollen et les spores contenus dans tous les échantillons analysés se situent dans la fraction de taille > 10 µm. Chaque préparation est étiquetée avec un numéro R.

Microscopie

Les observations de palynomorphes terrestres ont été effectuées au moyen d'un microscope Olympus BX53® et d'un microscope à lumière transmise Olympus BX61® avec immersion dans l'huile à un grossissement de 400 et de 1 000. Les images numériques ont été prises à l'aide d'un appareil photo Olympus DP72 et du logiciel Stream Motion® avec contraste interférentiel différentiel (contraste interférentiel Nomarski) et immersion dans l'huile. Les lames de microscope et les résidus sont entreposés à la Commission géologique du Canada, à Calgary (Alberta).

Une approche quantitative a été utilisée dans l'analyse et au moins 200 spores et pollens provenant d'embryophytes mères ont été dénombrés pour chaque échantillon. Les abondances relatives sont calculées à partir de cette somme de pollens et de spores. L'abondance des palynomorphes autres que le pollen, bien qu'ils ne soient pas inclus dans la somme des pollens et des spores, est calculée par rapport à celle-ci. Les lames ont également été numérisées pour détecter les taxons importants sur le plan de la biostratigraphie. Les spécimens caractéristiques de l'époque sont mis sur plaque et leurs coordonnées England Finder sont indiquées.

L'indice d'altération thermique (IAT) selon Pearson (1984) devrait être évalué sur des lames non oxydées (kérogène), mais elles n'avaient pas été préparées. On a donc eu recours à l'absorption du colorant et à la coloration des pollens et des spores des matières colorées et oxydées pour déterminer l'indice d'altération thermique.

RÉSULTATS

Une flore diversifiée et exceptionnellement bien préservée a été récupérée (tableau 2, figure 4), en dépit d'une absence de palynomorphes dans le cas de deux préparations (MAW-20-01, R-3977-5 et MAW-20-01-02, R-3977-6). La classification taxinomique et les affinités pour les taxons des pollens et des spores rencontrés dans le cadre de cette étude sont indiquées dans le tableau 3.

La somme des pollens et des spores allait de 209 à 467. Les assemblages contiennent des pollens d'angiospermes (échantillons MG seulement) et des représentants des familles Pinaceae, Cupressaceae/Taxaceae, Auracariaceae, Podocarpaceae, Cheirolepidaceae, Cycadaceae, Ephedraceae et Caytoniaceae. Les fougères sont représentées par des spores de Gleicheniaceae, de Dipteridaceae, de Cyatheaaceae/Dicksoniaceae, de Polypodiaceae/Blechnaceae, de Schizaeaceae, d'Osmundaceae, de Marattiaceae et de Filicopside dont l'affinité est incertaine (tableau 3; figure 4). Les lycophytes comprennent des membres des Lycopodiaceae et des Selaginellaceae, et les bryophytes incluent des membres des Sphagnaceae. Les kystes de dinoflagellés, les acritarches et les palynomorphes autres que les pollens sont rares (tableau 3; figure 4).

Les pollens d'angiospermes sont absents des échantillons MAW-20-03 et MAW-20-04, mais on trouve des *Tricolpites* et des *Clavatipollenites* dans l'ensemble d'échantillons MG (MG-22-01-02, MG-22-04-01, MG-22-04-02, MG-22-05-04; tableau 2). Des membres du complexe *Trilobosporites-Impardecispora-Concavissimisporites* peuvent également fournir de l'information sur l'âge biostratigraphique. Les palynomorphes autres que les pollens sont absents ou rares.

Tableau 2. Sommaire des résultats palynologiques. Unité lithostratigraphique du tableau 1. Voir également la figure 4.

Nom de l'échantillon	Numéro R	Paléoenvironnement interprété à partir des analyses de faciès selon Gilbert (2025)	Résumé palynologique	Interprétation de l'âge
MG-22-01-02 (Fm de Cantuar)	R-3877-1	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales	Pollen d'angiospermes <i>Clavatipollenites</i> et <i>Tricolpites</i> présent. Dominé par le pollen à deux ballonnets (40 %). Pollen des Cupressaceae-Taxaceae absent. <i>Classopollis classoides</i> présent (1 %). <i>Vitreisporites pallidus</i> abondant (19 %). Présence de spores de <i>Concavissimisporites</i> . Spores d' <i>Impardecispora</i> courantes (6 %).	Albien précoce à précoce moyen
MG-22-04-01 (Fm de Cantuar)	R-3877-2	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales	Pollen d'angiospermes <i>Clavatipollenites</i> et <i>Tricolpites</i> présent. Dominé par le pollen à deux ballonnets (73 %). Pollen des Cupressaceae-Taxaceae courant (8 %). Spores d' <i>Impardecispora</i> présentes (2 %).	Albien précoce à précoce moyen
MG-22-04-02 (Fm de Cantuar)	R-3877-3	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales	Pollen d'angiospermes <i>Tricolpites</i> présent. Dominé par le pollen à deux ballonnets (55 %) et le pollen des Cupressaceae-Taxaceae (28 %).	Albien précoce à précoce moyen
MG-22-05-04 (Fm de Cantuar)	R-3877-4	Chenaux de l'estuaire moyen et des barres de méandre tidales	Pollen d'angiospermes <i>Clavatipollenites</i> et <i>Tricolpites</i> présent. Dominé par le pollen à deux ballonnets (32%) et le pollen des Cupressaceae-Taxaceae (36%). Pollen des <i>Cycadopites</i> courant (12 %). Présence de spores d' <i>Impadecispora apiverrucata</i> .	Albien précoce à précoce moyen
MAM-20-01-01 (Fm de Deadwood)	R-3977-5	Fluvial	Stérile pour les palynomorphes.	S. O.
MAM-20-01-02 (Fm de Deadwood)	R-3977-6	Fluvial	Stérile pour les palynomorphes.	S. O.
MAM-20-01-03 (Fm de Success)	R-3977-7	Plaine inondable, bourniers formant de la tourbe, marais	Dominé par le pollen à deux ballonnets (22 %) et le pollen des Cupressaceae-Taxaceae (43 %). Spores de <i>Deltoidospora hallii</i> courantes (11 %). Absence de pollen d'angiospermes.	Plus vieux que l'Albien moyen à tardif
MAM-20-01-04 (Fm de Cantuar)	R-3977-8	Plaine inondable, bourniers formant de la tourbe, marais	Dominé par le pollen à deux ballonnets (17%) et le pollen des Cupressaceae-Taxaceae (53%). Absence de pollen d'angiospermes.	Plus vieux que l'Albien moyen à tardif

Échantillon MAW-20-01-04, R-3977-8 (formation de Cantuar)

La préparation de cet échantillon a révélé des palynomorphes abondants (total de 467 pollens et spores) et bien conservés avec un indice d'altération thermique de 1+ à 2-. Le pollen à deux ballonnets indifférencié représente 17 % de l'assemblage, le pollen de *Cerebropollenites mesozoicus* 2 %, le pollen de Cupressaceae-Taxaceae 53 %, le pollen de *Perinopollenites elatoides* 3 %, le pollen de *Cycadopites follicularis* 5 % et le pollen de *Monosulcites* 2 %. Parmi les Filicopsides, les taxons présents à une abondance > 1 % sont *Glecheniidites senonicus* (4 %), *Baculatisporites comaumensis* (2 %), *Osmundacidites wellmannii* (2 %) et *Deltoidospora hallii*

(4 %). Les spores de bryophytes sont rares (p. ex. les *Stereisporites antiquasporites* représentent < 1 % de l'assemblage). Un seul spécimen de dinokyste est présent.

Âge : L'absence de pollen d'angiospermes suggère un âge plus avancé que l'Albien moyen à tardif (Singh 1971, 1983; Galloway et coll. 2012 et les références qui s'y trouvent).

Échantillon MAW-20-01-03, R-3977-7 (formation de Success)

La préparation de cet échantillon contenait des palynomorphes abondants (277) et bien conservés avec un indice d'altération thermique de 1. Le pollen à deux ballonnets indifférencié représente 22 % de l'assemblage. Les autres taxons de pollen ayant des affinités avec les plantes mères gymnospermes sont *Cerebropollenites mesozoicus* (1 %), Cupressaceae-Taxaceae (43 %) et *Perinopollenites elatoides* (4 %; figure 4, ay). Le pollen de *Cycadites follicularis* représente 5 %. Le pollen de *Vitreisporites pallidus*, dispersé à partir d'une plante mère ptéridosperme, représente 1 % de l'assemblage. Parmi les Filicopsides, les spores de *Gleicheniidites senonicus* constituent 5 % de l'assemblage et celles de *Baculatisporites comaumensis* (1 %), d'*Osmundacidites wellmannii* (1 %), de *Deltoidospora hallii* (11 %), de *Foveosporites subtriangularis* (1 %) sont également importantes. Parmi les taxons dispersés à partir de plantes mères ayant des affinités avec les lycophytes et les bryophytes (p. ex. *Stereisporites antiquasporites*, figure 4, ao, ap), seules les spores de *Cingultriletes clavus* atteignent 1 %. Les palynomorphes autres que le pollen sont absents.

Âge : La personne ayant prélevé les échantillons souligne que cet échantillon peut provenir du haut de la veine de houille qui représente la formation de Success (figure 3), ce qui signifierait que l'échantillon remonte au Jurassique supérieur-Crétacé inférieur. L'absence de pollen d'angiospermes concorde avec cette interprétation.

Échantillon MAW-20-01-02, R-3977-6 (formation de Deadwood)

La préparation de cet échantillon s'est avérée infructueuse.

Échantillon MAW-20-01-01, R-3977-5 (formation de Deadwood)

La préparation de cet échantillon s'est avérée infructueuse.

Échantillon MG-22-05-04, R-3877-4 (formation de Cantuar)

La préparation de cet échantillon a révélé des palynomorphes abondants (211) et bien conservés avec un indice d'altération thermique de 1+ à 2-. La préparation est remplie d'intertinite et de cutinite (les matières macérales représentant respectivement le charbon de bois et les cuticules végétales). Les genres de pollen d'angiospermes *Tricolpites* (0,5 %) et *Clavatipollenites* (1 %) sont présents. Le pollen à deux ballonnets indifférencié représente 32 % de l'assemblage. Le pollen de *Cerebropollenites mesozoicus* en constitue 1 %; les pollens de *Callialasporites* (1 %), des Cupressaceae-Taxaceae (36 %), de *Monosulcutes* (2 %) et de *Cycadites follicularis* (12 %; figure 4, az) sont également présents. La présence de pollen d'*Equisetosporites* (0,5 %) est notable. Parmi les Filicopsides, les spores de *Laevigatosporites ovatus* (4 %) et de *Deltoidospora hallii*

(6 %) sont présentes en grande abondance. Un certain nombre de spécimens d'*Impardecispora apiverrucata* (5) ont été découverts lors du balayage de la lame, en plus des deux spécimens trouvés pendant le dénombrement (< 1 %). On a trouvé une spore tuberculée non identifiée (figure 4, ai) et un spécimen de dinokyste.

Âge : Albien précoce à précoce moyen selon l'occurrence du pollen d'angiospermes, mais non selon son abondance ou sa diversité (Singh 1971, 1983; Galloway et coll. 2012 et les références qui s'y trouvent).

Échantillon MG-22-04-02, R-3877-3 (formation de Cantuar)

La préparation de cet échantillon contenait des palynomorphes abondants (240) et bien conservés avec un indice d'altération thermique de 2-. Le pollen de *Tricolpites* est présent à 0,4 %, mais celui de *Clavatipollenites* est absent. Le pollen à deux ballonnets indifférencié représente 55 % de l'assemblage et le pollen des Cupressaceae-Taxaceae, 28 %. Le pollen de *Cycadopites follicularis* est présent à 2 %. Parmi les taxons ayant des affinités avec les Filicopsides, les spores attribuées à *Gleichenioidites senonicus* représentent 1 %, celles attribuées à *Osmundacidites wellmannii*, 4 % et celles attribuées à *Deltoidospora hallii*, 3 %. Les palynomorphes autres que le pollen sont absents.

Âge : Albien précoce à précoce moyen selon l'occurrence du pollen d'angiospermes, mais non selon son abondance ou sa diversité (Singh 1971, 1983; Galloway et coll. 2012 et les références qui s'y trouvent).

Échantillon MG-22-04-01, R-3977-2 (formation de Cantuar)

La préparation de cet échantillon contenait des palynomorphes abondants (286) et bien conservés avec un indice d'altération thermique de 2-. Les pollens de *Tricolpites* (figure 4, au) et de *Clavatipollenites* (figure 4, ar) sont présents dans cette préparation (tous deux à 0,3 % de l'assemblage total). Le pollen à deux ballonnets indifférencié (figure 4, aw, aab) représente 73 % de l'assemblage. Le pollen de *Cerebropollenites mesozoicus*, celui de *Callialasporites* et celui des Podocarpaceae (*Podocarpidites*) représentent chacun 1 %. Le pollen des Cupressaceae-Taxaceae ne constitue que 8 % de l'assemblage (figure 4, ax). Le pollen de *Perinopollenites elatoides* est présent à 1 % et celui de *Cycadopites follicularis*, à 2 %. Parmi les Filicopsides, les spores de *Gleichenioidites senonicus* et celles de *Laevigatisporites ovatus* constituent 1 % de l'assemblage pour chaque taxon, tandis que les spores de *Deltoidospora hallii* en représentent 3 %. Les spores d'*Impardecispora apiverrucata* (figure 4, d) sont relativement abondantes et représentent 2 % de l'assemblage. Les spores d'*Osmundacidites wellmannii* (figure 4, ah) et de *Baculatisporites comaumensis* (figure 4, aj) sont également présentes, mais leur abondance est < 1 %. Les palynomorphes autres que le pollen sont absents. Un spécimen d'*Entylissa* a été découvert au cours du balayage de cette préparation. Une spore non identifiée est enregistrée dans cette préparation et illustrée sur la figure 4 (Z); il pourrait s'agir de *Dictyophyllidites*.

Âge : Albien précoce à précoce moyen selon l'occurrence du pollen d'angiospermes, mais non selon son abondance ou sa diversité (Singh 1971, 1983; Galloway et coll. 2012 et les références qui s'y trouvent).

La préparation de cet échantillon contenait des palynomorphes abondants (260) et bien conservés avec un indice d'altération thermique de 2-. Le taxon d'angiospermes *Tricolpites* (figure 4, as, at) a été trouvé lors d'un balayage de la préparation, mais pas pendant le dénombrement. Le pollen de *Clavatipollenites* était également rare (< 0,5 % de l'assemblage). Le pollen à deux ballonnets indifférencié représente 40 % de l'assemblage. Le pollen des Cupressaceae-Taxaceae est absent et celui de *Perinopollenites elatoides* représente 1,5 % de l'assemblage. Le pollen de *Classopollis classoides* est présent à 1 % (figure 4, av). Le pollen de *Cycadopites follicularis* constitue 4 % de l'assemblage (figure 4, aaa) et celui de *Vitreisporites pallidus*, 19 %. Parmi les taxons de Filicopsides, les spores de *Gleicheniidites senonicus* (figure 4, aa, al) représentent 4 % de l'assemblage et celles de *Cyathidites australis* (1 %; figure 4, t, v), de *Cyathidites minor* (2 %) (figure 4, ab), de *Concavissimisporites* (figure 4, q, r, u), d'*Osmundacidites wellmannii* et de *Laevigatosporites ovatus* (figure 4, ag) sont présentes à près de 1 %. Comme dans l'échantillon MG-22-04-01, les spores d'*Impardecispora apiverrucata* (figure 4, a, b, e, f, g, h, I, j) sont courantes (6 %), y compris un spécimen mal formé (figure 4, s). *Impardecispora triobotrys* (figure 4, p) et *Impardecispora trioreticuluosus* (figure 4, m, n, o) sont également représentés. Les spores de *Deltoidospora hallii* (figure 4, aa) représentent 7 % de l'assemblage et celles de *Dicytophyllidites harissii* (figure 4, am, an) 2 %. Cinq spécimens de *Pilosisorites trichopapillosus* (figure 4, w, x, y) et un spécimen de *Neoraistrickia truncata* ont été découverts lors d'un balayage de la préparation. Les spores de bryophytes sont rares, mais présentes (p. ex. *Triporoletes*; figure 4, ak). Un spécimen de dinokyste et deux d'acritarques ont été dénombrés, et on a trouvé un spécimen de *Schizophacus* pendant le balayage de la préparation (figure 4, aq). Cet assemblage comprend également des spores de *Baculatisporites comaumensis* (figure 4, ac), de *Biretisporites potoniaei* (figure 4, ad) et d'*Undulatisporites undulapolus* (figure 4, ae, af), bien qu'en faible abondance (< 1 %).

Âge : Albien précoce à précoce moyen selon l'occurrence du pollen d'angiospermes, mais non selon son abondance ou sa diversité (Singh 1971, 1983; Galloway et coll. 2012 et les références qui s'y trouvent).

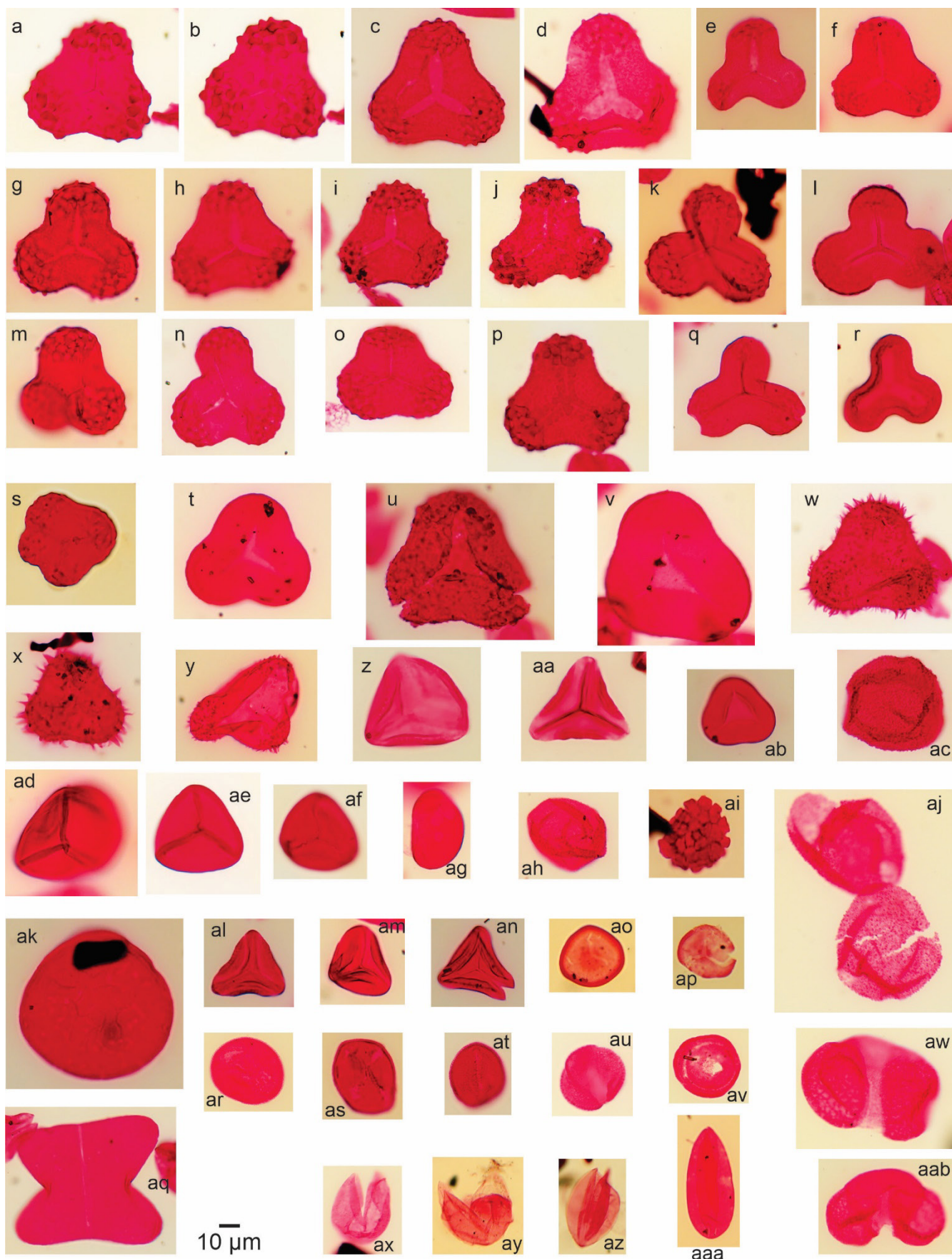


Figure 4. Photomicrographies de pollen, de spores et de palynomorphes autres que le pollen conservés dans les préparations d'échantillons du groupe de Mannville. Nom du taxon, nom de l'échantillon, nom de la préparation (numéro R), coordonnées England Finder. Voir aussi les tableaux 1, 2 et 3. A. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, X41/3; b. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, X41/3; c. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, S40/4; d. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-04-01, R-3977-2, JW19/2; e. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, J29/4; f. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, U35/4; g. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, P40/4; h. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, J29/4; i. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, Y37/2; j. *Impardecispora apiverrucata*, MG-22-01-02, R-3977-1, Y38/2; k. *Concavissimisporites* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, J29/4; l. *Concavissimisporites* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, U33/2; m. *Impardecispora trioreticululosa*, MG-22-01-02, R-3977-1, P40/4; n. *Impardecispora trioreticululosa*, MG-22-01-02, R-3977-1, R33/1; o. *Impardecispora trioreticululosa*, MG-22-01-02, R-3977-1, R40/4; p. *Impardecispora triobotrys*, MG-22-01-02, R-3977-1, X35/4; q. *Concavissimisporites* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, U41/4; r. *Concavissimisporites* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, G25/1; s. *Impardecispora lobata*, MG-22-01-02, R-3977-1, E19/4; t. *Cyathidites australis*, MG-22-01-02, R-3977-1, U35/4; u. *Concavissimisporites* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, S41/3; v. *Cyathidites australis*, MG-22-01-02, R-3877-1, V40/4; w. *Pilosisorites trichopapillosus*, MG-22-01-02, R-3977-1, S33/2; x. *Pilosisorites trichopapillosus*, MG-22-01-02, R-3977-1, X34/2; y. *Pilosisorites trichopapillosus*, MG-22-01-02, R-3977-1, S41/1; z. Inconnu, MG-22-04-01, R-3977-2, Q19/4; aa. *Gleicheniidites senonicus*, MG-22-01-02, R-3977-1, T41/3; ab. *Cyathidites minor*, MG-22-01-02, R-3877-1, N40/3; ac. *Baculatisporites comaumensis*, MG-22-01-02, R-3977-1, U41/3; ad. *Biretisporites potoniaei*, MG-22-01-02, R-3977-1, V40/4; ae. *Undulatisporites undulapolus*, MG-22-01-02, R-3977-1, P40/3; af. *Undulatisporites undulapolus*, MG-22-01-02, R-3977-1, X41/3; ag. *Laevigatisporites ovatus*, MG-22-01-02, R-3977-1, U33/2; ah. *Osmundacidites wellmannii*, MG-22-04-01, R-3977-2, N25/2; ai. Spore tuberculée inconnue, MG-22-05-04, R-3977-4, L36/2; aj. *Baculatisporites comaumensis*, MG-22-04-01, R-3877-2, M25/1; ak. *Triporoletes* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, P40/4; al. *Gleicheniidites senonicus*, MG-22-01-02, R-3977-1, P40/4; am. *Dictyophyllidites harrisii*, MG-22-01-02, R-3977-1, N32/3; an. *Dictyophyllidites harrisii*, MG-22-01-02, R-3977-1, M32/2; ao. *Stereisporites antiquasporites*, MAW-20-01-03, R-3977-7, M30/4; ap. *Stereisporites antiquasporites*, MAW-20-01-03, R-3977-7, J35/1; aq. *Schizophacus* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, X41/3; ar. *Clavatipollenites* sp., MG-22-04-01, R-3977-2, L22/3; as. *Tricolpites* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, F21/4; at. *Tricolpites* sp., MG-22-01-02, R-3977-1, R33/1; au. *Tricolpites* sp., MG-22-04-01, R-3977-2, R38/3; av. *Classopollis classoides*, MG-22-01-02, R-3977-1, Y38/2; aw. Pollen à deux ballonnets indifférencié, MG-22-04-01, R-3977-2, R38/3; ax. Cupressaceae-Taxaceae, MG-22-04-01, R-3977-2, O20/2; ay. *Perinopollenites elatoides*, MAW-20-01-03, R-3977-7, O23/2; az. *Cycadopites follicularis*, MAW-20-01-03, R-3977-7, M38/4; aaa. *Cycadopites follicularis*, MG-22-01-02, R-3977-1 G25/1; aab. Pollen à deux ballonnets indifférencié, MG-22-04-01, R-3977-2, L24/1.

Tableau 3. Liste des taxons identifiés dans les préparations d'échantillons énumérées dans les tableaux 1 et 2 avec leurs classifications taxinomiques et leurs affinités connues.

Division	Classe	Ordre	Famille	Genre et espèce	Classification		
Trachéophytes	Magnoliopsida	<i>incertae sedis</i>		<i>Tricolpites</i>	Cookson 1947 ex Couper 1953		
				<i>Clavatipollenites</i>	Couper 1958		
	Pinopsides	Pinales	Pinacées	Pollen à deux ballonnets de type pinacées	S. O.		
				<i>Cerebropollenites mesozoicus</i>	(Couper 1958) Nilsson 1958		
				<i>Araucariacites australis</i>	Cookson 1947		
			<i>Callialasporites</i>	Sukh Dev 1961			
			Podocarpacees	<i>Podocarpides</i>	Cookson 1947 ex Couper 1953		
		Cupressales	Cupressaceae/Taxaceae	<i>Perinopollenites elatoides</i>	Couper 1958		
				Cupressaceae-Taxaceae	S. O.		
		Cycadopsides/Ginkgoopsida	Cycadales/Ginkgoales	<i>incertae sedis</i>	Cheiolépidadées	Pflug 1953	
				Cycadacées	Wilson et Webster 1946		
	<i>incertae sedis</i>			<i>Monosulcites</i>	Cookson 1947 ex Couper 1953		
				<i>Entylissa</i>	Naumova 1939 ex Ishchenko 1952		
	Gnétopsides	Ephedrales	Éphédracées	<i>Equisetosporites</i>	Daugherty 1941		
	Ptéridospermopsides	Caytoniales	Caytoniacées	<i>Vitreisporites pallidus</i>	(Reissinger 1938) Nilsson 1958		
	Filicopsides	Polypodiales	Cycatheaceae/Dicksoniaceae	<i>Concavissimisporites</i>	Delcourt et Sprumont 1955		
				<i>Cyathidites australis</i>	Couper 1953		
				<i>Cyathidites minor</i>	Couper 1953		
			Polypodiacees/Blechnacées	<i>Laevigatosporites ovatus</i>	Wilson et Webster 1946		
				Gleicheniacées	Ross 1949		
				<i>Gleichenioidites senonicus</i>	Brenner 1963		
		Polypodiopsida	Schizales	<i>Trilobosporites</i>	Pant 1954 ex Potonié 1956		
				<i>Trilobosporites trioreticulosa</i>	Cookson et Dettmann 1958		
		Osmundales	Osmundacées	<i>Baculatisporites comaumensis</i>	(Cookson 1953) Potonié 1956		
				<i>Osmundacidites wellmannii</i>	Couper 1953		
				<i>Biretisporites potoniaei</i>	Delcourt et Sprumont 1955		
				<i>Deltoidospora hallii</i>	Miner 1935		
				<i>Dictyophyllidites</i>	Couper 1958		
				<i>Dictyophyllidites harrisii</i>	Couper 1958		
				<i>Pilosporites</i>	(Thiergart 1949) Delcourt et Sprumont 1955		
				<i>trichopapillosus</i>			
				<i>Impardecispora</i>	Venkatachala et coll. 1968		
				<i>Impardecispora apiverrucata</i>	(Couper 1958) Venkatachala et coll. 1968		
				<i>Impardecispora lobata</i>	Venkatachala 1969		
				<i>Undulatisporites undulapulus</i>	Brenner 1963		
				<i>Foveosporites subtriangularis</i>	Brenner 1963		
	Lycopodiopsida			Lycopodiales	Lycopodiacees	<i>Retitriteles austroclavatidites</i>	(Cookson 1953) Döring, Krutzsch, Mai et Schulz dans Krutzsch 1963
	Isoétopsida			Selaginellales	Selaginellacées	<i>Neoraistrickia truncata</i>	(Cookson 1953) Potonié 1956
	Bryophytes	Sphagnopsida	Sphagnales	Sphagnacées	<i>Stereisporites antiquasporites</i>	(Wilson et Webster 1946) Dettmann 1963	
					<i>Cingutritetes clavus</i>	(Balme 1957) Dettmann 1963	
					<i>Zlivisporis reticulatus</i>	Pactlová et Simoncsics (1970)	
<i>incertae sedis</i>				Pollen ou spores indéterminés	S. O.		
Dinophytes	Dinophycées	<i>incertae sedis</i>		Dinokyste	S. O.		
<i>incertae sedis</i>				<i>Schizophacus</i> sp.	S. O.		

ANALYSE

Taxinomie et biostratigraphie

Complexe *Trilobosporites* – *Impardecispora* – *Concavissimisporites*

Dörhöfer et Norris (1977) ont analysé des sédiments du Tithonien, du Berriasien et du Valanginien déposés dans des faciès marins et non marins marginaux dans le sud de l'Angleterre et le nord de l'Allemagne. Ils ont noté des gradations morphologiques entre *Trilobosporites*, *Concavissimisporites* et *Impardecispora* qu'ils ont considérées comme des tendances

évolutionnaires qui ont pu être importantes sur le plan stratigraphique pendant l'intervalle du Berriasien au Valanginien. C'est pourquoi ces genres de forme sont considérés comme un complexe. Il convient également de noter la première occurrence de *Pilosisorites* et de *Plicatella* au Crétacé dans les strates étudiées dans Maljavkina 1949.

Dörhöfer et Norris (1977) ont décrit différents ensembles palynologiques pour chaque région étudiée. En Grande-Bretagne, l'ensemble A a été interprété comme datant du Tithonien et contenait des pollens inaperturés très abondants de *Corolline* (cf. *Classopollis*) et des Taxodiacées (Cupressaceae-Taxaceae). Les autres taxons dignes de mention sont *Klukisorites pseudoreticulatus* et *Cicatricosisporites australiensis* (*Ruffordiaspora australiensis*). L'ensemble B de ces auteurs (en Grande-Bretagne) a été considéré comme datant du Berriasien inférieur (Volgien supérieur) et les premières apparitions comprennent *Acanthotriletes varispinosus* et *Converrucosisporites* (*Concavissimisporites*) *variverrucatus*. C'est dans leur ensemble C (Berriasien supérieur-Valanginien inférieur) que sont apparus pour la première fois *Plicatella* (*P. pseudo-macrorrhiza*) et *Impardecispora apiverrucata*. Deux espèces de *Trilobosporites* (*T. aornatus* et *T. bernissartensis*) sont apparues pour la première fois dans cet intervalle. Certains taxons de l'ensemble A ont persisté tout au long de l'ensemble C, notamment *Cicatricosisporites australiensis* et *Klukisorites pseudoreticulatus*. On observe une diversification des spores de ptéroridophytes vers la fin de l'ensemble C, avec de nouvelles espèces de *Pilosisorites* (*P. ericius* et *P. delicatulus*) et de *Trilobosporites* (*T. obsitus*).

En Allemagne, Dörhöfer (1977) a décrit quatre palyno-assemblages (Hils 1 à 4) du Berriasien au Valanginien dans la formation de Bückeberg, dans le bassin de la Basse-Saxe. Hils 1 (nommé d'après les Hils Clays près de Hanovre, en Allemagne) contenait des spores de *Trilobosporites* en grande abondance. Dans les Hils 2, les mêmes éléments que ceux des Hils 1 persistaient, mais avec l'ajout de 22 nouvelles espèces, dont *Plicatella pseudo-macrorrhiza*. Dans les Hils 3, la limite inférieure est marquée par une augmentation des espèces de *Cicatricosisporites*. Les spores de *Trilobosporites* étaient abondantes et on note la première apparition de *Concavissimisporites verrucosus* dans les Hils 4.

Dörhöfer et Norris (1977) ont décrit une gradation morphologique parmi les genres de forme *Trilobosporites* et *Concavissimisporites* : les espèces de *Trilobosporites* présentes au Berriasien inférieur sont volumineuses et possèdent des valves prononcées (p. ex. le groupe *Trilobosporites bernissartensis*). À partir de cette morphologie basale, les formes suivantes présentent une division des valves dans la zone apicale ou une réduction des valves (figure 4, Dörhöfer et Norris 1977). La division des valves ne semble pas avoir d'importance stratigraphique, mais la deuxième variation apparaît d'abord dès que des spores de type *Concavissimisporites* prononcé sont présents – c.-à-d. des formes à l'amb plus « concavissime » telles que définies par Delcourt et Sprumont (1955; cf. seulement légèrement concaves). Dans l'assemblage Hils 2 de Dörhöfer (1977), les espèces de *Concavissimisporites* présentent ensuite une tendance morphologique de concavité faible à élevée. *Impardecispora*, un genre qui présente une concentration d'éléments aux apex, mais pas de valve, résulte alors à la fois de la réduction des valves à partir d'une lignée de forme de *Trilobosporites* ou du résultat de l'évolution de la concentration d'éléments aux apex à partir de la lignée de forme *Concavissimisporites* (figure 4, Dörhöfer et Norris 1977), et est présent couramment dans le « Crétacé inférieur supérieur » (p. ex. au Valanginien).

Contrairement à l'importance stratigraphique accordée à la gradation parmi les spores verruqueuses concaves par Dörhöfer et Norris (1977) et plusieurs autres auteurs, d'autres affirment que « à l'exception des *Trilobosporites* et des *Concavissimisporites*, l'utilisation de plusieurs autres genres couramment appliqués aux spores verruqueuses Mésozoïques, comme *Converrucosisporites* et *Impardecispora*, est jugée inutile » (Polette et coll. 2018). Polette et ses collaborateurs (2018) fondent cette affirmation sur le fait que l'analyse des composantes principales, à partir de 120 spores verruqueuses (catégorisées avec environ 10 variables morphologiques différentes) préservées dans des matières du Crétacé inférieur (Berriasien-Valanginien) d'Angeac-Charente, dans le sud-ouest de la France, n'a séparé que des *Trilobosporites* et des *Concavissimisporites*.

Malgré des points de vue opposés sur la validité de la différenciation des *Trilobosporites*, des *Concavissimisporites* et des *Impardecispora*, les trois genres sont tous fréquemment mentionnés dans les publications. Venkatachala et ses collaborateurs (1969) ont désigné *Impardecispora apiverrucatus* Couper 1958 comme le type d'*Impardecispora*. L'espèce avait déjà été rattachée aux *Trilobosporites*, qui se distinguaient des *Concavissimisporites* par une ou plusieurs valves à chaque apex. Nous distinguons ici *Impardecispora* des autres spores verruqueuses concaves par la concentration d'éléments sculpturaux aux apex et par l'absence de valves. En revanche, nous utilisons *Concavissimisporites* pour inclure les spores concaves présentant des verrues réparties uniformément.

Trilobosporites Potonié 1955

L'espèce type du genre *Trilobosporites* est *T. hannonicus* (Delcourt et Sprumont 1955) Potonié 1956, *ibid*. Le genre a des valves. *Trilobosporites* a été désigné « *nomen nudum* » dans Pant (1954). L'espèce type a été décrite à nouveau et illustrée par Delcourt, Dettmann et Hughes (1963).

Les spécimens observés dans le présent document sont attribués au genre *Impardecispora* du fait de l'absence de valves. Cependant, en raison de ce qui semble être un degré de subjectivité, découlant peut-être de la gradation des formes, de nombreux auteurs ont identifié en tant que *Trilobosporites* ce qui a ensuite été évalué comme des formes non valvaires. Voir l'analyse de Venkatachala (1969). C'est pourquoi nous abordons la morphologie de certaines espèces de *Trilobosporites* ci-après.

Trilobosporites apiverrucatus Couper 1958

L'holotype de *Trilobosporites apiverrucatus* (Couper 1958, p. 142 et pl. 21, figure 11) a été recombinaison en *Impardecispora apiverrucata* par Venkatachala et ses collaborateurs (1968).

De l'avis de ces auteurs, les spécimens mis sur plaque dans Singh (pl. 8, figures 16-18, 1964) comme des *Trilobosporites apiverrucatus* devraient également être assignés à *Impardecispora apiverrucata* car ils n'ont pas de valve. Les spécimens de *Trilobosporites hannonicus* présentés (pl. 8, figures 14, 15, Singh 1964) ont des valves et il est donc correct de les rattacher au genre *Trilobosporites*. Voir aussi Venkatachala et coll. (1968).

Trilobosporites tribotrys Dettmann 1963

Trilobosporites tribotrys a été désigné « species nova » par Dettmann (1963, p. 61) pour décrire :

Miospores trilètes; amb triangulaire avec des côtés droits ou concaves et un angle arrondi; contour polaire elliptique. Laesurae droites, radius des spores $\frac{3}{4}$ de la longueur et avec des lèvres verruqueuses bien visibles de 5 à 7 μm de largeur. Exine de 2-3 μm d'épaisseur, plus épaisse dans les régions équatoriales et radiales (valvaires). Valves avec des muri anastomosés bas et étroits (2-3 μm de large) qui enveloppent des lumina polygonaux (4-5 μm de diamètre) et d'où sortent des verrues visibles, hémisphériques à sphériques (4-5 μm de haut, 4-5 μm de diamètre basal). Le reste de l'exine présente des granules irrégulières, peu espacées et basses, ainsi que des verrues (1 à 3 μm de diamètre basal, 1 à 2 μm de hauteur).

Cependant, l'holotype de *Trilobosporites tribotrielles* (pl. 12, figure 10, Dettmann 1963) n'a pas de valve et devrait donc être attribué à *Impardecispora tribotrys* (Venkatachala et coll. 1968).

Ce sont les grandes verrues sphériques développées dans les régions apicales qui distinguent l'espèce de *T. trioreticulosus* Cookson et Dettmann 1963 et de *T. purvelulentus* (Verbitskaya 1958) Dettmann 1963 (ou son synonyme *Lygodium pulverulenus* Verbitskaya 1958, et donc d'*I. trioreticulosa* et d'*I. purvelulentus*) (voir les nouvelles combinaisons dans Venkatachala et coll. [1968]). Même si *T. apiverrucata* (et donc *I. apiverrucata*) ressemble à *T. tribotrys* (et donc à *I. tribotrys*), le premier se distingue par la présence de verrues plus volumineuses dans les régions polaires et par l'absence de muri anastomosés dans les régions apicales.

Trilobosporites trioreticulosus Cookson & Dettmann 1958

Cette espèce de *Trilobosporites* apparaît dans la documentation sous différents noms : *T. trioreticulosa* (p. ex. Venkatachala et coll. 1968) et *T. trioreticulosus*. La description originale dans Cookson et Dettmann (1958) renvoie à *Trilobosporites trioreticulosus*.

Cookson et Dettman (1958) ont utilisé *Trilobosporites trioreticulosus* pour décrire les spores valvaires appartenant aux genres *Trilobosporites* qui ont développé un réticulum sur leurs valves. Ce réticulum est muni de muri anastomosés faiblement sinueux (3-5 μm de large, 2-3 μm de haut) et de 14 à 20 lumina polygonaux à subcirculaires de 7-9 μm de diamètre. Cependant, l'holotype de Cookson et Dettmann (1958) n'est pas valvaire (pl. 17, figure 3, Cookson et Dettmann 1958), mais il pourrait être interprété comme une valve réticulée ou fovéolée. C'est pourquoi Venkatachala et ses collaborateurs (1968) ont recombinaé *Trilobosporites trioreticulosus* dans *Impardecispora trioreticulosa*. Les spécimens présentés comme *T. trioreticulatus* (pl. 9, figures 1, 2, Singh 1964) devraient également être assignés à *I. trioreticulosa* car ils n'ont pas de valve.

Impardecispora Venkatachala, Kar et Razi 1968

Venkatachala et ses collaborateurs (1968) ont noté que plusieurs auteurs, parmi lesquels Dettmann (1963) et Cookson et Dettmann (1958), ont illustré des spécimens assignés à *Trilobosporites* et créé de nouvelles espèces qui n'étaient pas distinctement valvaires. Selon Venkatachala et ses collaborateurs (1968), cette affirmation venait de la tendance à confondre l'ornementation concentrée sur les régions apicales avec des valves. Cependant, les véritables valves sont des zones bien définies et séparées de la gradation de la densité de la taille des éléments ornementaux.

Venkatachala et ses collaborateurs (1968) ont proposé un nouveau genre, *Impardecispora*, pour décrire les spores triangulaires non valvaires présentant des régions inter-apicales (interradiales) concaves et des éléments sculpturaux granuleux à verruqueux qui sont concentrés aux apex angulaires (voir Venkatachala et coll. 1968, p. 124).

Les spécimens illustrés dans Singh (pl. 9, figures 1, 2, 1964) et dans Singh (pl. 19, figures 7, 8, pl. 20, figures 1, 2, 1971) comme *Trilobosporites* devraient être considérés comme des *Impardecispora* car ils ne présentent pas de valves apparentes.

Impardecispora apiverrucata (Couper 1958) Venkatachala, Kar et Raza 1968

L'holotype de *Impardecispora* est *I. apiverrucata* (Couper 1958) Venkatachala, Kar et Razi 1968, *ibid.* *Trilobosporites apiverrucatus* Couper 1958. Son diagnostic dans Venkatachala et coll. (1968, p. 124) est le suivant :

Spores triangulaires, trilobées avec des marges inter-apicales concaves. Trilètes. Exine épaisse, granuleuse-verruqueuse ou recouverte de muri aux apex angulaires, éléments sculpturaux également entassés aux apex angulaires.

Venkatachala et ses collaborateurs (1968) utilisent l'holotype de Couper (pl. 21, figure 11, 1958) pour *Trilobosporites apiverrucatus* (pl. 1, figures 1, 2, Venkatachala et coll. 1968) pour *Impardecispora apiverrucata* (noter que le nom de l'espèce passe de *apiverrucatus* à *apiverrucata* dans cette recombinaison, bien que ce changement ne soit pas toujours suivi dans la documentation – voir Williams 2006, p. 3). Venkatachala et ses collaborateurs (1968) transfèrent également un certain nombre de spécimens considérés comme des *Trilobosporites* à *Impardecispora*, notamment *T. trioreticulosus* Cookson et Dettmann 1958 (pl. 167, figure 3, Cookson et Dettmann 1958) et *T. tribotrys* Dettmann 1963 (pl. 12, figure 10, Dettmann 1963).

Âge : *Impardecispora apiverrucata* va du Jurassique tardif au Cénomanién précoce ou date entièrement du Crétacé. La première et dernière occurrence de *I. apiverrucata* se trouve dans la formation albienne d'Eider préservée dans le puits de pétrole et de gaz H-09 de Grand Falls dans le bassin de la Baleine, sur les Grands Bancs de Terre-Neuve, bien que la première occurrence du genre date de l'Oxfordien (partie supérieure de la formation de Voyager) sous l'appellation *I. sp.* A Dörhöfer 1977 (Williams 2006). Les occurrences de *I. apiverrucata* dans les dépôts antérieurs au Tithonien sont rares et douteuses (Sajjadi et coll. 2007). Le genre est présent dans les gisements du Tithonien et du Berriasien de Porto Pinheiro et Vale Painho au Portugal (Mohr 1989; Mendes et coll. 2011) et dans le bassin de Cameros en Espagne (Rodríguez-Barreiro et coll. 2022). On le trouve également dans la formation de Lastres, dans le nord-ouest de l'Espagne, interprété comme étant de l'âge du Kimmeridgien au Tithonien (Santos et coll. 2022).

Impardecispora tribotrys (Dettmann 1963) Venkatachala, Kar et Razi 1968

Impardecispora tribotrys est une nouvelle combinaison proposée par Venkatachala et ses collaborateurs (1968) dans laquelle ils ont recombiné l'holotype de Dettmann (1963) de *Trilobosporites tribotrys* en *I. tribotrys* parce que le spécimen type n'avait pas de valve.

Âge : *Impardecispora tribotrys* est un élément d'un assemblage de l'Hauterivien à l'Aptien en Chine, où il coexiste avec les *Clavatipollenites* (Li et Liu 1994).

Impardecispora trioreticulosa (Cookson et Dettmann 1958) Venkatachala 1969

Venkatachala et ses collaborateurs (1969) ont recombinaé *Trilobosporites trioreticulosus* en *Impardecispora trioreticulosa* (p. 124). La description de cette espèce est la suivante, dans Venkatachala 1969 (p. 212) :

Microspores trilètes, amb triangulaire avec des côtés légèrement concaves, 60 µ. Marque en Y distincte, rayons allant jusqu'à ¾ du radius. Exine jusqu'à 3 µ d'épaisseur, lèvigée – infraponctuée, zones apicales fovéo-réticulée avec des muri fins enclouissant des fovéoles de moins de 2 µ de largeur.

Impardecispora lobata Venkatachala 1969

Impardecispora lobata est une nouvelle espèce proposée par Venkatachala (1969, p. 211). Ce taxon est décrit comme suit dans la section sur la rivière Pat, près de Bhuj, dans la série de Bhuj (Crétacé inférieur) :

Microspores, trilètes, diversement lobées (4 microspores lobées illustrées ici), ornementation verruqueuse, verrues espacées uniformément sauf aux lobes où elles sont concentrées. L'espèce se rapproche de *I. apiverrucatus* pour ce qui est de la répartition de l'ornementation et de la nature de la marque, etc. Cette espèce est considérée ici comme une variation du type illustré dans *T. apiverrucata*.

Impardecispora lobata constitue probablement une aberration des spores de *Impardecispora apiverrucata*.

Concavissimisporites (Delcourt et Sprumont 1955) Delcourt, Dettmann et Hughes 1963

La description de *Concavissimisporites* Delcourt et Sprumont 1955 a été émendée par Delcourt, Dettmann et Hughes (1963; p. 284) pour se lire comme suit :

Microspores trilètes; amb triangulaire avec des côtés concaves à presque droits. Exine d'épaisseur uniforme (y compris la sculpture), verruqueuse; verrues plus ou moins uniformément développées et réparties également sur toute la surface des spores.

Delcourt et ses collaborateurs (1963, p. 284) ont indiqué que le genre avait été initialement créé pour inclure les microspores trilètes azonales caractérisées par un amb « concavissime ». « Concavissime » est une description française utilisée par Delcourt et Sprumont (1955, p. 22) pour décrire les spores dont l'amb présente des apex arrondis et dont le contour est fortement concave. Les auteurs définissent de façon morphométrique le niveau de concavité requis pour répondre aux critères d'une microspore « concavissime » (qui est un ratio de 1,4/1 de différents paramètres définis dans leur description; tableau 2, Delcourt et Sprumont 1955). *Concavissimisporites* (*Concavisporites* dans Delcourt et Sprumont 1955) ne comprend pas les spores trop concaves.

Delcourt et ses collaborateurs (1963) ont également précisé que Potonié (1956) avait suggéré, mais n'avait pas proposé formellement, que le genre ne devrait contenir que des spécimens avec une sculpture verruqueuse. Delcourt et ses collaborateurs (1963) restreignent formellement le genre aux spores verruqueuses qui ont des ambes concaves, mais pas nécessairement fortement concaves, conformément à la description originale dans Delcourt et Sprumont (1955).

Pollen d'angiospermes

Les taxons d'angiospermes sont identifiés au niveau du genre seulement. La morphologie des grains de pollen d'angiospermes (p. ex. les types tri(poly)colpés ou tri(poly)colporés) est importante sur le plan biostratigraphique (Galloway et coll. 2012). En général, la diversité des morphologies (p. ex. les formes tri(poly)colpées, tricolporoïdes, tricolporées, triporées) des types de pollens d'angiospermes est plus élevée sous les latitudes moyennes en Amérique du Nord que sous les latitudes septentrionales supérieures (figure 10, Galloway et coll. 2012 et les références qui s'y trouvent).

Le fait de se concentrer sur l'identification ou la morphologie au niveau du genre réduit également les biais associés à la taxinomie. Les problèmes taxinomiques sont associés à certaines formes, en particulier *Tricolpites* Cookson 1947 ex Couper 1953 émend. Potonié 1960 et *Retitricolpites* van der Hammen 1956 ex Pierce 1961 (voir l'analyse de Srivastava 1966; Playford 1971; Singh 1971).

Tricolpites Cookson 1947 ex Couper 1953 *ibid.*

On utilise *Tricolpites* sp. pour décrire de petits (environ 20 à 25 µm d'axe polaire) pollens sphéroïdaux à prolés tricolpés avec une sculpture micro-réticulée (lumen d'un diamètre ≤ 1 µm de largeur; voir Galloway et coll. 2012). Les colpi sont longs, s'étendant presque jusqu'aux pôles, étroits à larges et psilés. En revanche, les grains de pollen qui mesurent entre 20 et 25 µm de long environ sur l'axe polaire et sont sphéroïdaux à prolés, mais qui ont un réticulum dont les lumina ont un diamètre de plus de 1 µm, sont attribués à *Retitricolpites* sp. (Singh 1971, p. 199). Comme chez *Tricolpites* sp., les colpi sont étroits à larges, psilés et s'étendent presque jusqu'aux pôles (Burden et Hills 1989). Il convient de noter que certains auteurs (p. ex. Playford 1971) remettent en question la validité d'une séparation significative pour les genres *Tricolpites* et *Retitricolpites*.

Clavatipollenites Couper 1958

Certains problèmes de définition du genre *Clavatipollenites* demeurent (Friis et coll. 2011), et *Clavatipollenites hughesii* pourrait aussi comprendre plusieurs types morphologiques (Hughes et coll. 1979).

Clavatipollenites (espèce type *C. hughesii*) Couper 1958 (p. 159, pl. 31, figures 19-22 est décrit comme suit :

Pollen monosulqué, sulcus large et long; grains généralement elliptiques à presque sphériques en contour équatorial; exine clairement stratifiée, consistant en une couche interne non sculptée (nexine) dont provient une couche sculptée (sexine) composée de projections clavées, tendance à se dilater et à fusionner aux extrémités pour former une exine tectée.

L'espèce type *C. hughesii* mesure 15-20 x 18-39 μm ; nexine de 0,75 μm d'épaisseur, projections clavées d'environ 1 μm de longueur; vu de la surface, le motif de l'exine forme un micro-réticulum. L'espèce a été décrite pour la première fois dans le groupe de Wealden du sud de l'Angleterre.

Kemp (1968, p. 424) après avoir examiné des spécimens de l'échantillon du type de Couper, a rédigé la description suivante de *C. hughesii* :

Grain de pollen monosulqué; sulcus s'étendant sur toute la longueur du grain, béant dans sa région centrale et se rétrécissant légèrement vers les extrémités, marge souvent irrégulière; sulcus fréquemment indistinct ou représenté comme une déchirure indéterminée dans l'exine. Contour équatorial variable, allant de (fortement) elliptique à (sub)circulaire. Exine constituée d'une nexine interne non sculptée de 0,5 à 1 μm d'épaisseur et d'une sexine formée de projections baculées d'environ 1 μm de longueur, qui demeurent discrètes ou fusionnent aux extrémités pour former un micro-réticulum; lumina du réticulum irrégulièrement polygonaux, de 1 à 2 μm de diamètre. Les grains sont souvent pliés, les longs axes des plis étant parallèles au sulcus.

Laing (1976) a rephotographié l'holotype de *C. hughesii* et remarqué que les columelles dans les régions polaires et sulcales semblent plus grossières que celles qui sont situées sur les côtés, dans les parties centrales.

Juhász et Góczán (1985) ont considéré que la reformulation (et la description détaillée) de Kemp (1968) équivalait à une émendation, qui ne comprend pas l'holotype, mais plutôt les spécimens illustrés dans Kemp (qui provenaient des matières examinées à l'origine par Couper). Ils considèrent que les projections sont des bacula et que les extrémités des bacula columellés sont interconnectées par les muri ou un tectum réticulé, et donc que les spécimens appartiennent à *Retimonocolpites* Pierce 1961 émend. Juhász et Góczán 1985. Jansonius et Hills (1987) ne sont pas d'accord avec cette évaluation. Par conséquent, chez *Clavatipollenites*, on peut considérer que les têtes des clavae sont fusionnées pour former un réticulum et que, chez *Retimonocolpites*, les bacula columellés sont interconnectés de manière distale par des muri formant un tectum. Les formes morphologiquement similaires *Liliacidites* et *Brenneripollis* ont des columelles qui ne sont pas espacées régulièrement et dont la hauteur n'est pas uniforme.

Importance biostratigraphique du pollen d'angiospermes

Il est difficile d'évaluer les preuves de la présence d'angiospermes avant le Crétacé (Hochuli et Feist-Burkhardt 2013). Certaines découvertes datant du Jurassique se sont révélées fondées sur des âges erronés (He et coll. 2004, 2006; Sun et coll. 1998) et d'autres interprétations des angiospermes au Jurassique sont controversées en raison de mauvaises contraintes d'âge indépendantes ou de contamination (Wang et coll. 2007; van Konijnenburg-van Cittert et coll. 2010; Wang 2010; Friis et coll. 2011; Doyle 2012) (selon Hochuli et Feist-Burkhardt 2013). Hochuli et Feist-Burkhardt (2013) considèrent que le pollen d'angiospermes signalé comme remontant à l'Oxfordien de France (Cornet et Habib 1992) est contaminé (voir aussi Friis et coll. 2011). *Clavatipollenites* a été signalé dans des strates du Jurassique à de nombreuses reprises

(p. ex. Pocock 1960, 1962, 1970; Schulz 1967; Vigran et Thusu 1975; Abbink 1998). Pour au moins une partie de ces grains, Doyle et ses collaborateurs (1975) et Batten et Dutta (1997) ont prouvé une affinité claire avec les gymnospermes. Hochuli et Feist-Burkhardt (2013) soulignent que dans les études palynologiques de routine, il pourrait être difficile de distinguer les petits grains monosulqués ayant une structure columellée d'angiosperme distincte de ceux qui ont une structure alvéolaire spongieuse clairement apparentée aux gymnospermes. *Clavatipollenites* est documenté par Pocock (1960) dans la partie supérieure de la formation de Vanguard (qu'il a datée du Purbeckien; Jurassique tardif). L'affinité possible de ce taxon avec les angiospermes a d'abord été examinée par Couper (1958) et Pocock (1960, p. 145), qui remarque que « c'est le seul genre du Jurassique supérieur ou du Néocomien du Canada pour lequel des allégations convaincantes d'origine angiosperme peuvent être formulées ».

Le pollen des angiospermes précoces, y compris de ceux qui étaient présents au début du Crétacé précoce (Valanginien/Hauterivien), a tendance à être de petite taille, monosulqué ou parfois trichotomosulqué, réticulé finement à perforé, et présente une structure columellée distincte (Hochuli et Feist-Burkhardt 2013). Le genre *Clavatipollenites* et l'espèce *C. hughesii* figurent parmi les taxons les plus fréquemment recensés dans cet intervalle (p. ex. Doyle 1969; Gübeli et coll. 1984; Burger 1990, 1996; Trincão 1990). Il existe des preuves stratigraphiquement bien limitées pour *C. hughesii* dans le Valanginien du Maroc, où ce taxon est présent avec les kystes de dinoflagellés caractéristiques de cette époque (Gübeli et coll. 1984). Cependant, à l'intérieur de cette fourchette, le pollen des angiospermes est encore rare et il n'existe des enregistrements continus qu'à partir du Barrémien pour les latitudes basses et moyennes (Hickey et Doyle 1977; Crane et Lidgard 1989; Hughes 1994; Schrank et Mahmoud 2002). Sous les hautes latitudes septentrionales du Canada, le pollen des angiospermes n'apparaît qu'à la fin de l'Albien (Galloway et coll. 2012 et les références qui s'y trouvent).

Clavatipollenites hughesii a été décrit pour la première fois par Couper (1958) dans le groupe de Wealden (Barrémien) d'Angleterre. Hughes (1994) documente également *Clavatipollenites* dans la preuve palynologique du groupe de Wealden dans la phase la plus ancienne (Phase 0, Hauterivien) de son schéma (Hughes 1994; Hochuli et Feist-Burkhardt 2013); les autres phases contiennent des grains qui pourraient se situer dans la plage morphologique du complexe *Retimonocolpites* ou être attribués aux morphotypes *Clavatipollenites* ou *Tucanopolis* (Hochuli et Feist-Burkhardt 2013). *Clavatipollenites hughesii* est également documenté à partir du Hauterivien tardif du Maroc (Gübeli et coll. 1984) et d'Israël (Brenner 1996), mais dans ce dernier cas, la conservation des spécimens préservés (figures 5.4 a-d) est trop mauvaise pour soutenir une affinité avec les angiospermes selon Hochuli et Feist-Burkhardt (2013).

D'après les similitudes morphologiques, *Clavatipollenites* a été associé à la famille des Chloranthaceae (Magnoliales) (plus précisément, *Ascarina lucida* dont la répartition se situe en Nouvelle-Zélande aujourd'hui; Couper 1960; Doyle 1969; Walker et Walker 1984; Endress 1987; Eklund et coll. 2004). Cependant, les travaux détaillés de Hughes (1994) donnent à penser que les grains déterminés comme *Clavatipollenites* pourraient avoir une affinité hétérogène. Des grains de *Clavatipollenites* ont été décelés *in situ* à partir d'une anthère carbonisée très semblable à celles de l'actuelle *Ascarina* dans la formation de Baqueró du Crétacé précoce (début de l'Aptien) en Argentine (Archangelosky et Taylor 1993). *Clavatipollenites hughesii* a également été détecté *in situ* attaché à la zone stigmatique du fruit fossile *Couperites mauldinensis* du Cénomanién précoce

dans le groupe de Potomac, dans le Maryland (Pedersen et coll. 1991). Il peut également être lié à l'ordre des *Austrobaileyales* (Endress et Honegger 1980).

Âge et corrélation du groupe de Mannville

On sait que l'âge de la formation de Cantuar va de l'Aptien à l'Albien. C'est la plus ancienne des deux formations du groupe de Mannville dans le sud de la Saskatchewan (figure 1). On sait que la formation de Success s'étend de façon générale du Jurassique au Crétacé inférieur. La majorité des échantillons traités ici proviennent de la formation de Cantuar. Un échantillon est issu de la formation de Success (MAM-20-01-03; tableau 1). Les préparations de la formation de Deadwood n'ont pas donné de palynomorphes (tableau 2). Cette étude révèle que l'âge de la formation de Cantuar varie, d'avant l'Albien moyen à tardif jusqu'à l'Albien précoce à précoce moyen, et que la formation de Success prédate l'Albien moyen à tardif (tableau 2).

Des études palynologiques antérieures ont permis de relever des assemblages abondants et diversifiés de palynomorphes terrestres et marins dans le groupe de Mannville du Crétacé inférieur (Pocock 1962; Singh 1964; Norris 1967; Vagvolgyi et Hills 1969; Playford 1971; Burden 1984; Banerjee et Davies 1988; Burden et Hills 1989; Papadimitriou et Burden 2000) et offrent un moyen d'établir l'âge et les corrélations dans les strates du Crétacé inférieur de l'est de l'Alberta et de l'ouest de la Saskatchewan (p. ex. tableau 4, Singh 1964, 1983). Pour résumer, les déterminations de l'âge sont les suivantes :

Membre Deville, formation de McMurray : Barrémien tardif (Singh 1964)
Membre Ellerslie, formation de McMurray : Aptien (Singh 1964)
Membre Calcareous, formation de McMurray : Albien précoce à précoce moyen (Singh 1964)
Formation de McMurray : Albien précoce à précoce moyen (Vagvolgyi et Hills 1969)

Pocock (1962) a attribué l'âge du Néocomien (Berriasien-Barrémien) aux strates inférieures de Mannville qu'il a examinées et qui provenaient de 18 localités de l'Alberta et du sud de la Saskatchewan, et Singh (Singh 1964) a fourni une étude exhaustive de la palynoflore préservée dans le groupe de Mannville du centre-est de l'Alberta (près d'Edmonton). Dans cette localité, la base du groupe de Mannville repose en discordance sur des strates paléozoïques et date probablement du Hauterivien ou après (Singh 1964). Singh (1964) considère que le groupe de Mannville du centre de l'Alberta est en corrélation avec d'autres strates du bassin sédimentaire de l'Ouest canadien (tableau 4). Il a fourni un certain nombre d'espèces indicatrices et d'interprétations de l'âge pour les membres Deville, Ellerslie et « calcaires » (maintenant appelé le membre Calcareous) de la formation de McMurray, les membres Wabiskaw et schisteux de la formation de Clearwater, ainsi que pour la formation de Grand Rapids (tableaux 4 et 5). Ses matières provenaient de sections de carottes du groupe de Mannville échantillonnées dans les puits suivants : Imperial Namao n° 1, Anglo-Home-C. et E., Fort Augustus n° 1 et Imperial Willingdon n° 1.

Tableau 4. Unités corrélatives des strates du groupe de Mannville selon Singh (1964, 1983).

Groupe de Mannville	Âge	Centre-nord de la Saskatchewan	Contreforts	Plaines du nord
Formation de McMurray	Albien précoce et plus ancien	Inconnues	Formations de la partie inférieure de Blairmore, de la partie inférieure de Luscar, de Gladstone, de Gething	Formations de McMurray et de « Bullhead »
Formations de Clearwater et de Grand Rapids	Albien moyen	Inconnues	Formations du centre de Blairmore, de la partie supérieure de Luscar et de Mountain Park, ainsi que les formations de Moosebar et de la partie inférieure de Commotion	Formations de Loon River, de Clearwater, de Fort Augustus et de Beaver Mines

Tableau 5. Quelques taxons indicateurs de pollen et de spores du groupe de Mannville dans le centre-est de l'Alberta selon Singh (1964). Voir de plus amples explications sur les groupes de taxons dans Singh (1964).

Unité lithostratigraphique	Taxons du groupe A (entrée la plus jeune enregistrée dans les strates du Crétacé inférieur à l'extérieur de l'Ouest canadien)	Taxons du groupe B (entrée ailleurs dans des strates plus anciennes du Crétacé ou du Jurassique)	Taxons du groupe C (entrée ailleurs dans les strates plus anciennes du Crétacé ou du Jurassique)	Taxons du groupe D	Microplancton
Formation de McMurray, membre Deville	<i>Trilobosporites hannonicus</i> Première occurrence : Aptien?, « Wealden » belge (Barrémien).	<i>Trilobosporites apiverrucatus</i> maintenant <i>Impardecispora apiverrucata</i> Première occurrence : Berriasien, Fairlight Clay du Wealden anglais (Barrémien).	<i>Pilosporites trichopapillosus</i> Plage connue : Purbeck supérieur (Tithonien) à Crétacé inférieur.	<i>Trilobosporites canadensis</i> ; maintenant <i>Impardecispora canadensis</i>	Aucun noté
	<i>Pilosporites verus</i> Première occurrence : Aptien?, « Wealden » belge (Barrémien).	<i>Appendicisporites crimensis</i> Première occurrence : Hauterivien, Crimée, Russie. Plage : Hauterivien à Albien.	<i>Appendicisporites cooksonii</i> Plage connue : Callovien à Albien supérieur, Australie de l'Ouest.	<i>Concavissimisporites parkinii</i>	
		<i>Appendicisporites tricornitatus</i> Première occurrence : haut du Berriasien, argile Fairlight du groupe de Wealden anglais.			
		<i>Concavissimisporites punctatus</i> Première occurrence : haut du Berriasien, argile Fairlight du groupe de Wealden anglais.			
Interprétation de l'âge	Pas plus ancien que le Barrémien tardif	Les strates d'avant le Barrémien sont absentes.	Les strates d'avant le Barrémien sont absentes.		
Membre Ellerslie, formation de McMurray	<i>Impardecispora trioreticulosus</i>	Diverses espèces d' <i>Appendicisporites</i>	<i>Pilosporites trichopapillosus</i>	<i>Impardecispora canadensis</i>	Aucun noté
	<i>Cicatricosisporites perforatus</i> Première occurrence : Aptien, Sibérie, U.R.S.S.	<i>Trilobosporites hannonicus</i>			
		<i>Impardecispora apiverrucatus</i>			
		<i>Pilosporites verus</i>			
		<i>Concavissimisporites punctatus</i>			
Interprétation de l'âge	<i>C. perforatus</i> et <i>I. trioreticulosa</i> sont présents à la base du membre et sont les premières espèces d'âge aptien défini à apparaître dans la formation de McMurray.	Âge général du Crétacé précoce	Âge général du Crétacé précoce		

Membre « Calcareous », formation de McMurray	Divers taxons de dinoykstes.				Trois espèces de microplancton apparaissent d'abord près du haut du membre.
Membre Wabiskaw, formation de Clearwater	<i>Appendicisporites trichacanthus</i> Plage connue : Albien à Cénomaniien, Sibérie occidentale, U.R.S.S.	Diverses espèces d' <i>Appendicisporites</i>	<i>Pilosporites trichopapillosus</i>	<i>Appendicisporites perplexus</i>	Divers microplanctons
		<i>Impardecispora apiverrucata</i>			
		<i>Impardecispora trioreticulosa</i>			
Interprétation de l'âge	Albien moyen				
Membre schisteux, formation de Clearwater		Diverses espèces d' <i>Appendicisporites</i>	<i>Pilosporites trichopapillosus</i>	Divers	Divers microplanctons
		<i>Impardecispora apiverrucata</i>			
Interprétation de l'âge	Albien moyen				
Formation de Grand Rapids	<i>Appendicisporites unicus</i> Plage connue : Cénomaniien, Sibérie, U.R.S.S.	Diverses espèces d' <i>Appendicisporites</i>	<i>Pilosporites trichopapillosus</i>	Divers	Divers microplanctons
		<i>Impardecispora apiverrucata</i>			
		<i>Impardecispora trioreticulosa</i>			
Interprétation de l'âge	Albien à Cénomaniien, d'après l'occurrence de <i>A. unicus</i> , mais sinon entièrement Albien.				

Classification taxinomique des taxons mentionnés dans le tableau 5 et autrement énumérés ci-après :

Appendicisporites crimensis (Bolkhovitina 1961) Pocock 1964
Appendicisporites perplexus Singh 1964
Appendicisporites cooksonii (Balme 1957) Pocock 1964
Appendicisporites trichacanthus (Maljavkina 1958) var. *dissectus* (Markova 1961) Singh 1964
Appendicisporites tricornitatus Weyland et Greifeld 1953
Appendicisporites unicus (Markova 1961) Singh 1964
Cicatricosisporites perforatus (Baranov, Nemkova, Kondratiev 1957) Singh 1964
Concavissimisporites parkinii (Pocock 1962) Singh 1964
Concavissimisporites punctatus (Delcourt et Sprumont 1955) Singh 1964
Impardecispora trioreticulosus (Cookson et Dettmann 1958) Venkatachala, Kar et Razi 1968
Pilosporites trichopapillosus (Thiergart 1949) Delcourt et Sprumont 1955
Pilosporites verus Delcourt et Sprumont 1955
Trilobosporites apiverrucatus Couper 1958; maintenant *Impardecispora apiverrucata* (Couper 1958) Venkatachala et al 1968
Trilobosporites canadensis Pocock 1962; maintenant *Impardecispora canadensis* (Pocock 1962), Venkatachala et coll. 1968
Trilobosporites hannonicus (Delcourt et Sprumont 1955) Potonié 1956

D'après l'occurrence de *Impardecispora trioreticulosa* (Barrémien précoce ou Aptien; Singh 1964; Burden 1984) et de *Tricolpites* spp. (Albien), et l'absence des *Appendicisporites* et de pollen d'angiospermes plus complexes, l'âge des matières examinées provenant du groupe de Mannville du centre-nord de la Saskatchewan est interprété comme étant Barrémien précoce–Albien précoce moyen.

Cette détermination de l'âge est fondée sur la présence de pollens d'angiospermes peu diversifiés et peu abondants. L'absence de taxons d'*Appendicisporites*, utilisés par Singh (1964) comme taxons indicateurs, est notable. Singh (1964) a également utilisé *Trilobosporites apiverrucatus* (*I. apiverrucatus*) comme espèce indicatrice du groupe B pour le membre Deville de la formation de McMurray et *Trilobosporites (Impardecispora) trioreticulosus* en tant qu'espèce indicatrice du groupe A pour le membre Ellerslie de la formation de McMurray, qui datent tous deux de l'Aptien. Ces espèces d'*Impardecispora* sont également présentes dans l'Albien. Singh (1971) signale *T. apiverrucata* (*I. apiverrucatus*) dans la formation de Loon River (Albien moyen), les membres Harmon, Cadotte et Paddy (Albien moyen à supérieur) de la formation de Peace River, et la partie inférieure de la formation de Shaftesbury (Albien supérieur) de la région de Peace River. *Trilobosporites apiverrucatus* est également présent dans l'Albien de l'Oklahoma (Hedlund et

Norris 1968), l'Albien moyen et tardif du Colorado et du Nebraska (Panella 1966) et le groupe de Wealden d'Angleterre (Couper 1958). *Impardecispora trioreticulosa* est présent au Barrémien précoce dans l'Ouest du Canada. Burden (1984) a examiné des spores et des pollens provenant de la formation de McMurray (groupe de Mannville) dans le nord-est de l'Alberta et a établi une corrélation avec les palynomorphes des membres Ellerslie et Calcareous du centre de l'Alberta, ainsi que de la partie inférieure de la formation de Kootenai (membre Sunburst, membre Calcareous de la formation de McMurray [Aptien] et une unité lignitique sans nom) près de Great Falls, au Montana. Il reconnaît trois zones d'assemblage de palynomorphes, en ordre ascendant : la zone d'assemblage *Trilobosporites canadensis* – *Triporoletes incertus*, de l'âge du Valanginien tardif ou du Hauterivien; la zone d'assemblage *Impardecispora trioreticulosa* – *Foraminisporis asymmetricus*, du Barrémien précoce; et la zone d'assemblage *Retimonocolpites crassatus* – *Retimonocolpites peroreticulatus*, du Barrémien tardif jusqu'au tout début de l'Albien. Burden (1984) prévient que les dépôts présentent un certain diachronisme et que les strates peuvent être légèrement plus anciennes dans le sud.

Playford (1971) a examiné la palynologie des strates du Crétacé précoce rencontrées dans un trou de forage près de Yorkton, au sud-est de la Saskatchewan, et exposées au nord-est dans la région de Swan River, au sud-ouest du Manitoba. Il a analysé les matières du groupe de Swan River (qui passe latéralement dans le groupe de Mannville) en Alberta et en Saskatchewan, puis de l'épais groupe de Blairmore des contreforts. Il remarque que l'absence d'éléments angiospermes (p. ex. *Retitricolpites*, *Tricolpites*) signifie que les strates qu'il a examinées sont un équivalent du groupe de Mannville (au moins plus ancien que le membre Harmon de la formation de Peace River). La partie inférieure de la subsurface du puits n° 11-36 de Bredenbury (en dessous de 1 353-1 395 pi) qu'il a examinée contient *Clavatipollenites rotundus* (probablement synonyme de *Liliacidites dividuus*), qui est inconnu des strates prédatant l'Albien (Kemp 1968; Brenner 1963; Hedlund 1966; Hedlund et Norris 1968). Playford décrit également la présence de *Trilobosporites purverulentus*. Ces strates inférieures sont attribuées à l'Albien précoce moyen (plus anciennes que la formation de Harmon de l'Albien moyen; mais pas avant l'Albien; Playford 1971). Dans la séquence de la partie supérieure de Swan River préservée dans le puits de Bredenbury (1 273-1 345 pi), des éléments angiospermes non contestés, notamment *Retitricolpites* spp., *Tricolpites sagax* et *Fraxinopollentites venus*, sont présents avec d'autres taxons qu'on ne trouve pas dans la section inférieure du puits. Ces strates sont interprétées comme étant de l'Albien plus tardif moyen (Playford 1971). *Pilosporites trichopapillosus* est présent avec cet assemblage et Playford (1971) note que son occurrence la plus jeune documentée est datée dans l'Albien supérieur moyen (membre Cadotte, formation de Peace River) en Alberta (Singh 1971). En conséquence, sa présence dans le groupe de Mannville examiné ici est également révélatrice d'un âge de l'Albien ou plus ancien.

Dans le centre du Canada, la première apparition de pollens d'angiospermes dicotylédones, qui comprennent les *Tricolpites* tricolpés préservés dans les matières du groupe de Mannville examinées ici, se manifeste dans des strates de l'Albien moyen (Norris 1967; Playford 1971; Singh 1971; Brideaux et McIntyre 1975; Leckie et Burden 2001). Des pollens d'angiospermes dicotylédones apparaissent également pour la première fois à l'Albien moyen aux États-Unis (Brenner 1963; Panella 1966; Hedlund et Norris 1968), dans le centre de la Russie (Bolkhovitina 1953), en Angleterre (Kemp 1968), au Portugal (Groot et Groot 1962; Hochuli et coll. 2006) et en Nouvelle-Zélande (Couper 1960). Après leur apparition initiale, les pollens

d'angiospermes dicotylédones se sont rapidement diversifiés durant l'Albien tardif et le Cénomani en Alberta (Singh 1971; Leckie et Burden 2001) et aux États-Unis (Brenner 1967; Spicer et Parrish 1986; Ward 1986). Dans les roches terrestres du sud-ouest de l'Alberta, Leckie et Burden (2001) ont constaté que la première apparition de pollen tricolpé remontait à l'Albien précoce moyen et que jusqu'à 23 espèces de huit genres de pollen tricolpé et d'un genre de pollen tricolporoïde étaient présentes à l'Albien tardif moyen à précoce tardif. De même, Singh (1971) a documenté 22 espèces de sept genres de pollen tricolpé d'angiospermes et un genre (et une espèce) de pollen tricolporé dans des roches marines de l'Albien supérieur dans le nord-ouest de l'Alberta; au Cénomani, une grande diversité de pollens d'angiospermes dicotylédones, en particulier des types tricolpés (quatre genres, 20 espèces), stéphanocolpés (un genre, deux espèces) et tricolporoïdes, tricolporés et triporés (cinq genres, 14 espèces), étaient présents dans les roches marines et non marines de l'Alberta. Plus au sud, dans les formations albiennes de Kiowa et de Cheyenne du Kansas, Ward (1986) a documenté huit genres de pollens tri(poly)colpés qui comptent environ 40 espèces et cinq genres de formes tricolporoïdes et tricolporées représentant 16 espèces. En Amérique du Nord, les pollens tricolporoïdes et tricolporés sont courants dès l'Albien tardif et le Cénomani (Pierce 1961; Brenner 1963; Ward 1986; Singh 1971; Ravn 1995; Ravn et Witzke 1995; Leckie et Burden 2001), mais ils sont absents des strates de l'Albien supérieur-Cénomani dans le Haut-Arctique canadien (Burden et Langille 1991; Galloway et coll. 2012), peut-être en raison d'obstacles à la migration ou du climat (Galloway et coll. 2012). Il est intéressant de noter que les types de pollens porés sont également absents des roches du nord-est de la Colombie-Britannique du Cénomani moyen, datées par radiométrie, où un assemblage restreint d'angiospermes composé principalement de *Tricolpites* sp. est présent (Sweet dans Bassett et Kleinspehn 1997). Ainsi, bien qu'atypiques, les assemblages de pollens d'angiospermes dépaupérés peuvent persister jusque dans le Crétacé moyen.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Russ Harms, de Global GeoLabs Ltd., qui a préparé les matières, ainsi que Jennifer McQuarrie (CGC-Calgary), qui a entré les données des échantillons dans la base de données des systèmes de gestion des échantillons. Nous remercions Manuel Bringué, Ph. D., pour sa traduction de la version originale française de Delcourt et Sprumont (1955) en anglais. Nous remercions Leah Robert et Kees Carrier pour leur aide sur le terrain. Nous sommes reconnaissants à Rob Fensome, Ph. D., de la Commission géologique du Canada, région de l'Atlantique, pour son examen interne par les pairs de ce dossier ouvert.

RÉFÉRENCES

- Abbink, O. A. (1998). Palynological investigation in the Jurassic of the North Sea region. *Laboratory of Palaeobotany and Palynology Contribution*, 8, 141-154.
- Archangelsky, S. et Taylor, T. N. (1993). The ultrastructure of in situ *Calvatipollenites* pollen from the Early Cretaceous of Patagonia. *American Journal of Botany*, 80(8), 879-885. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/j.1537-2197.1993.tb15308.x>
- Banarjee, I. et Davies, E. H. (1988). An integrated lithostratigraphic and palynostratigraphic study of the Ostracod Zone and adjacent strata in the Edmonton embayment, central Alberta. Dans D. P. James et D. A. Leckie (dir.), *Sequences, Stratigraphy, Sedimentology: Surface and*

- Subsurface. Canadian Society of Petroleum Geologists, mémoire, 15, 261-274.*
- Bassett, K. N. et Kleinspehn, K. L. (1997). Early to middle Cretaceous paleogeography of north-central British Columbia: Stratigraphy and basin analysis of the Skeena Group. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 34(12), 1644-1669. <https://doi.org/10.1139/e17-132>
- Batten, D. J. et Dutta, R. J. (1997). Ultrastructure of exine of gymnospermous pollen grains from Jurassic and basal Cretaceous deposits in Northwest Europe and implications for botanical relationships. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 99(1), 25-54. [https://doi.org/10.1016/S0034-6667\(97\)00036-5](https://doi.org/10.1016/S0034-6667(97)00036-5)
- Bolkhovitina, N. A. (1953). Characteristic spores and pollen from the Cretaceous of the central part of the U.S.S.R. *Trudy Geologicheskogo Instituta, Akademiia, Nauk S.S.S.R.*, 145(61), 1-184.
- Brenner, G. J. (1963). The spores and pollen of the Potomac Group of Maryland. *Maryland Geological Survey*, 27, 215.
- Brenner, G. J. (1967). Early angiosperm pollen differentiation in the albian to cenomanian deposits of delaware (U.S.A.). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 1(1), 219-227. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(67\)90124-8](https://doi.org/10.1016/0034-6667(67)90124-8)
- Brenner, G. J. (1996). Evidence for the earliest stage of angiosperm pollen evolution: a paleoequatorial section from Israel. Dans D. W. Taylor et L. J. Hickey (dir.), *Flowering Plant Origin, Evolution and Phylogeny*. (p. 91-115). Chapman and Hall, New York.
- Brideaux, W. W. et McIntyre, D. J. (1975). Miospores and Microplankton from Aptian-Albian rocks along Horton River, District of Mackenzie. *Commission géologique du Canada*, 252, 85.
- Burden, E. T. (1984). Terrestrial Palynomorph Biostratigraphy of the Lower Part of the Mannville Group (Lower Cretaceous), Alberta and Montana. Dans : D. F. Stott et D. J. Glass (dir.), *The Mesozoic of Middle North America : A Selection of Papers from the Symposium on the Mesozoic of Middle North America*, Calgary, Alberta, Canada. *Canadian Society of Petroleum Geologists, mémoire, 9*, 249-269.
- Burden, E. T., et Hills, L. V. (1989). Illustrated key to genera of Lower Cretaceous terrestrial palynomorphs (excluding megaspores) of western Canada. *AASP Contribution Series*, 21, 147.
- Burden, E. T. et Langille, A. B. (1991). Palynology of cretaceous and tertiary strata, Northeast Baffin island, Northwest Territories, Canada: Implications for the history of rifting in Baffin bay. *Palynology*, 15(1), 91-114. <https://doi.org/10.1080/01916122.1991.9989392>
- Burger, D. (1990). Early cretaceous angiosperms from Queensland, Australia. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 65(1), 153-163. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(90\)90066-R](https://doi.org/10.1016/0034-6667(90)90066-R)
- Burger, D. (1996). Mesozoic palynomorphs from the North West Shelf, offshore Western Australia. *Palynology*, 20(1), 49-103. <https://doi.org/10.1080/01916122.1996.9989470>
- Caldwell, W. G. E. (1984a). Early Cretaceous transgressions and regressions in the southern interior plains. Dans : D. F. Stott et D. G. Glass (dir.), *The Mesozoic of Middle North America*. *Canadian Society of Petroleum Geology, mémoire, 9*, 173-204.
- Caldwell, W. G. E. (1984b). Some regional paleogeographic considerations and their implications for the Mannville Group in the Lloydminster heavy oil fields. *Proceedings of the Saskatchewan Heavy Oil Conference*, University of Saskatchewan., 29-55.
- Christopher, J. E. (2003). Jura-Cretaceous Success Formation and Lower Cretaceous Mannville Group of Saskatchewan. *Saskatchewan Industry and Resources, rapport 223*.

- Cornett, B. et Habib, D. (1992). Angiosperm-like pollen from the ammonite-dated Oxfordian (Upper Jurassic) of France. *Review of Palaeobotany and Palynology* 71(1-2), 269-294. [https://doi.org/10.1016/0034-6667\(92\)90167-F](https://doi.org/10.1016/0034-6667(92)90167-F)
- Cookson, I. C. et Dettmann, M. E. (1958). Some trilete spores from Upper Mesozoic deposits in the eastern Australian region. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 70, 95-128.
- Couper, R. A. (1953). Upper Mesozoic and Cainozoic spores and pollen grains from New Zealand. *New Zealand Geological Survey Palaeontology Bulletin*, 22, 1-77.
- Couper, R. A. (1958). British Mesozoic microspores and pollen grains. *Palaeontographica Abteilung B*, 103, 75-179.
- Couper, R. A. (1960). New Zealand Mesozoic and Cainozoic plant microfossils. *New Zealand Geological Survey Palaeontology Bulletin*, 32, 1-87.
- Crane, P. R. et Lidgard, S. (1989). Angiosperm diversification and palaeolatitudinal gradients in Cretaceous floristic diversity. *Science*, 246, 675-678. <https://doi.org/10.1126/science.246.4930.675>
- Dawson, F. M., Evans, C. G., Marsh, R., Richardson, R., Power, B., Sweet, A. R. et Edwards, W. A. D. (1994). Chapter 24: Uppermost Cretaceous and Tertiary Strata of the Western Canada Sedimentary Basin. *Geological Atlas of the Western Canada Sedimentary Basin*. Canadian Society of Petroleum Geologists and Alberta Research Council, 387-407.
- Delcourt, A. et Sprumont, G. (1955). Les spores et grains de pollen du Wealdien du Hainaut. *Mémoires de la Société belge de géologie, de paléontologie et d'hydrologie, Nouvelle Série*, 5, 1-73.
- Delcourt, A. F., Dettmann, M. E. et Hughes, N. F. (1963). Revision of some Lower Cretaceous microspores from Belgium. *Paleontology* 6, 282-292 et 42-45.
- Dettmann, M. E. (1963). Upper Mesozoic Microfloras from South-eastern Australia. *Proceedings of the Royal Society of Victoria*, 77, Part 1, 148.
- Dörhöfer, G. et Norris, G. (1977). Discrimination and Correlation of Highest Jurassic and Lowest Cretaceous Terrestrial Palynofloras in North-West Europe. Proceedings of the Eighth Annual Meeting, October 1975. *Palynology*, 1, 79-93.
- Dörhöfer, G. (1977). Palynologie und Stratigraphie der Bickeberg-Formation (Berriasium-Valanginium) in der Hils-Mulde (NW-Deutschland): *Geologisches Jahrbuch Reihe A, Band A*, 42, 122.
- Doyle, J. A. (1969). Cretaceous angiosperm pollen of the Atlantic Coastal Plain and its evolutionary significance. *Journal of the Arnold Arboretum*, 50, 1-35.
- Doyle, J. A. (2012). Molecular and fossil evidence on the origin of angiosperms. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 40, 301-326. <https://doi.org/10.1146/annurev-earth-042711-105313>
- Doyle, J. A., Van Campo, M. et Lugardon, B. (1975). Observations on exine structure of *Eucommiidites* and Lower Cretaceous angiosperm pollen. *Pollen et Spores*, 17, 429-486.
- Eklund, H., Doyle, J. A. et Herendeen, P. S. (2004). Morphological phylogenetic analysis of living and fossil Chloranthaceae. *International Journal of Plant Science*, 165, 107-151. <https://doi.org/10.1086/380987>
- Endress, P. K. (1987). The Chloranthaceae: reproductive structures and phylogenetic position. *Botanische Jahrbücher für Systematik, Pflanzengeschichte und Pflanzengeographie*, 109, 153-226.
- Endress, P. K. et Honegger, R. (1980). The pollen of Austrobaileyaceae and its phylogenetic significance. *Grana*, 19, 177-182.

- Friis, E. M., Crane, P. R. et Pedersen, K. R. (2011). *Early Flowers and Angiosperm Evolution*. Cambridge University Press, 585.
- Galloway, J. M., Sweet, A. R., Pugh, A., Schröder-Adams, C. J., Swindles, G. T., Haggart, J. W. et Embry, A. F. (2012). Correlating mid-Cretaceous strata in the Canadian High Arctic using palynology. *Palynology*, 36, 277-302.
- Gilbert, M. (2025). *Facies associations and paleoplacer gold potential of the Mannville Group (Aptian to Albian stage), north-central Saskatchewan*. Saskatchewan Geological Survey, Saskatchewan Ministry of Energy and Resources, Geoscience Report GR2025-2, 13.
- Groot, J. J. et Groot, C. R. (1962). Plant microfossils from Aptian, Albian, and Cenomanian deposits of Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 66, 133-171.
- Gübeli, A., Hochuli, P. A. et Wildi, W. (1984). Lower Cretaceous turbiditic sediments from the Central Rif chain (northern Morocco). Palynology, stratigraphy and palaeogeographic setting. *Geologische Rundschau*, 73, 1081-1114.
- Hayes, B. J. R., Christopher, J. E., Rosenthal, L., Los, G., McKercher, B., Minken, D., DeWilton, Y. M., Fennel, J. et Smith, D. G. (1994). Chapter 19 Cretaceous Mannville Group of the western Canada sedimentary basin. Dans : *Geological Atlas of the Western Canada Sedimentary Basin*. Canadian Society of Petroleum Geologists and Alberta Research Council, 317-334.
- He, H. Y., Wang, X. L., Zhou, Z. H., Jin, F., Wang, F., Yang, L. K., Ding, X., Boven, A. et Zhu, R. X. (2006). $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating of Lujiatun Bed (Jehol Group) in Liaoning, northeastern China. *Geophysical Research Letters*, 33(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2005GL025274>
- He, H. Y., Wang, X. L., Zhou, Z. H., Wang, F., Boven, A., Shi, G. H. et Zhu, R. X. (2004). Timing of the Jiufotang Formation (Jehol Group) in Liaoning, northeastern China, and its implications. *Geophysical Research Letters*, 31(12). <https://doi.org/https://doi.org/10.1029/2004GL019790>
- Hedlund, R. W. et Norris, G. (1968). Spores and pollen grains from Fredericksburgian (Albian) strata, Marshall County, Oklahoma. *Pollen et Spores*, 10, 129-159.
- Hein, F. J. (2015). The Cretaceous McMurray oil sands, Alberta, Canada: A world-class, tidally influenced fluvial–estuarine system—An Alberta government perspective. *Developments in Sedimentology*, 68, 561-621.
- Hickey, L. J. et Doyle, J. A. (1977). Early cretaceous fossil evidence for angiosperm evolution. *The Botanical Review*, 43(1), 3-104. <https://doi.org/10.1007/BF02860849>
- Hochuli, P. A. et Feist-Burkhardt, S. (2013). Angiosperm-like pollen and Afropollis from the Middle Triassic (Anisian) of the Germanic Basin (Northern Switzerland). *Frontiers in Plant Science*, 4. <https://www.frontiersin.org/journals/plant-science/articles/10.3389/fpls.2013.00344>
- Hochuli, P. A., Heimhofer, U. et Weissert, H. (2006). Timing of early angiosperm radiation: Recalibrating the classical succession. *Journal of the Geological Society*, 163(4), 587-594. <https://doi.org/10.1144/0016-764905-135>
- Hughes, N. F. (1994). *The Enigma of Angiosperm Origins*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 320.
- Jansonius, J. et Hills, L. V. (1987). Supplement, Genera file of fossil spores and pollen. *Clavatipollenites*, Card 4394. Special Publication, Department of Geology, University of Calgary.
- Juhász, M. et Góczán, F. (1985). Comparative study of albian monosulcate angiosperms from

- hungarian Albian sediments. *Acta Universitatis Szegediensis Acta Biologica* 31(1-4), 147-172.
- Kemp, E. M. (1968). Probable angiosperm pollen from the British Barremian to Albian strata. *Palaeontology*, 11, 421-434.
- Kohlruss, D. (2012). *Stratigraphic architecture and facies analysis of the Lower Cretaceous Dina Member of the Mannville Group in northeastern Saskatchewan*. [Mémoire de maîtrise, University of Regina], 186.
- Laing, J. F. (1976). The stratigraphic setting of early angiosperm pollen. Dans : I. K. Ferguson et J. Muller (dir.), *The evolutionary significance of the exine Linnean Society Symposium Series* 1, 15-26.
- Leckie, D. et Burden, E. T. (2001). Stratigraphy, sedimentology, and palynology of the Cretaceous (Albian) Beaver Mines, Mill Creek, and Crowsnest formations (Blairmore Group) of southwestern Alberta. *Commission géologique du Canada*, 563, 103.
- Li, W. et Liu, Z. (1994). The Cretaceous palynofloras and their bearing on stratigraphic correlation in China. *Cretaceous Research*, 15(3), 333-365.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1006/cres.1994.1021>
- Maycock, I. D. (1967). Mannville Group and associated Lower Cretaceous rocks in southwestern Saskatchewan. Saskatchewan Department of Mineral Resources, rapport 96, 108.
- Mendes, M. M., Dinis, J., Pais, J. et Friis, E. M. (2011). Early cretaceous flora from Vale Painho (Lusitanian basin, western Portugal): An integrated palynological and mesofossil study. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 166, 152-162.
- Mohr, B. A. R. (1989). New palynological information on the age and environment of Late Jurassic and Early Cretaceous vertebrate localities of the Iberian Peninsula (eastern Spain and Portugal). *Berl Geowiss Abh*, 106, 291-301.
- Morshedian, A. (2012). *Sedimentology, Ichnology, and Stratigraphy of the Sparky, Waseca, and McLaren Alloformations, West-Central Saskatchewan, Canada*. [thèse de doctorat, Simon Fraser University], 248.
- Munsell, A. H. (2000). *Atlas du système de couleurs Munsell*. Wadsworth, Howland, & Co., Inc.
- Norris, G. (1967). Spores and pollen from the lower Colorado Group (Albian-?Cenomanian) of central Alberta. *Palaeontographica, Abteilung B*, 120, 72-115.
- Papadimitriou, S. et Burden, E. T. (2000). Stratigraphy and palynomorph biostratigraphy of the lower Mannville Group, western Saskatchewan and eastern Alberta - preliminary report. *Summary of Investigations, Volume I, Saskatchewan Geological Survey, Saskatchewan Energy Mines, Miscellaneous Report 2000-4.1*, 5.
- Panella, G. (1966). *Palynology of the Dakota Group and Graneros Shale (Cretaceous) of the Denver Basin, Colorado*. [thèse de doctorat, University of Colorado], 170.
- Pearson, D. L. (1984). *Pollen/spore colour "standard", version 2*. Phillips petroleum company, geology branch, Bartlesville, Oklahoma.
- Pedersen, K. R., Crane, P. R., Drinnan, A. N. et Friis, E. M. (1991). Fruits from the mid-Cretaceous of North America with pollen grains of the *Clavatipollenites* type. *Grana*, 30, 577-590.
- Pierce, R. L. (1961). Lower Upper Cretaceous plant microfossils from Minnesota. *Minnesota Geological Survey*, 42, 86.
- Playford, G. (1971). Palynology of Lower Cretaceous (Swan River) strata of Saskatchewan and Manitoba. *Palaeontology*, 14, 533-565.
- Price, L. L. (1963). Lower Cretaceous rocks of southeastern Saskatchewan. *Department of Mines*

- and Technical Surveys, Commission géologique du Canada, document 62-69, 44 .
- Pocock, S. A. J. (1960). *Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic-Cretaceous boundary in the western Canada plains*. Imperial Oil Limited, Production Department – Western Region. Exploration Research Department, Calgary, Alberta.
- Pocock, S. A. J. (1962). Microfloral analysis and age determination of strata at the Jurassic-Cretaceous boundary in the western Canada plains. *Palaeontographica Abteilung B*, 111, 1-95.
- Pocock, S. A. J. (1970). Palynology of the Jurassic sediments of western Canada. Part 1. Terrestrial species. *Palaeontographica Abteilung B*, 130, 12-72.
- Polette, F., Batten, D. J. et Néraudeau D. (2018). Re-examination of the palynological content of the Lower Cretaceous deposits of Angeac, Charente, south-west France: Age, palaeoenvironment and taxonomic determinations. *Cretaceous Research*, 90, 204-221. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2018.04.017>
- Ravn, R. L. (1995). Miospores from the Muddy Sandstone (Upper Albian), Wind River Basin, Wyoming, USA. *Palaeontographica Abteilung B*, 234, 41-91.
- Ravn, R. L. et Witzke, B. J. (1995). The palynostratigraphy of the Dakota Formation (?Late Albian-Cenomanian) in its type area, Northwestern Iowa and Northeastern Nebraska, USA. *Palaeontographica Abteilung B*, 234, 93-171.
- Rodríguez-Barreiro, I., Santos, A. A., Arribas, M. E., Mas, R., Arribas, J., Villanueva-Amadoz, U., Torcida Fernández-Baldor, F. et Diez, J. B. (2022). The Jurassic – Cretaceous transition in the West Cameros Basin (Tera Group, Burgos, Spain): Sedimentological and palynostratigraphical insights. *Cretaceous Research*, 139, 105300. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2022.105300>
- Santos, A. A., Piñuela, L., Rodríguez-Barreiro, I., García-Ramos, J. C. et Diez, J. B. (2022). "Jurassic Palynology from "The Dinosaur Coast" of Asturias (Lastres Fm., Northwestern Spain): Palynostratigraphical and Palaeoecological Insights. *Biology* 11(12), 1695.
- Sajjadi, F., Hashemi, H. et Dehbozorgi, A. (2007). Middle Jurassic palynomorphs of the Kashafrud Formation, Koppeh Dag Basin, Northeastern Iran. *Micropaleontology*, 53, 391-408.
- Schrank, E. et Mahmoud, M. S. (2002). Barremian angiosperm pollen and associated palynomorphs from the Dakhla Oasis Area, Egypt. *Palaeontology*, 45, 33-56.
- Schulz, E. (1967). Sporenpaläontologische Untersuchungen in rhätoliassischen Schichten im Zentralteil des Germanischen Beckens. *Palaeontographica Abteilung B*, 2, 541-633.
- Singh, C. (1964). Microflora of the Lower Cretaceous Mannville Group, east-central Alberta. *Research Council of Alberta, Bulletin*, 15, 238, pl. 29.
- Singh, C. (1971). Lower Cretaceous Microfloras of the Peace River Area, northwestern Alberta. *Research Council of Alberta, Bulletin*, 28, 542.
- Singh, C. (1983). Cenomanian microfloras of the Peace River area, northwestern Alberta. *Research Council of Alberta, Bulletin*, 44, 322.
- Spicer, R. A. et Parrish, J. T. (1986). Paleobotanical evidence for cool north polar climates in middle Cretaceous (Albian-Cenomanian) time. *Geology*, 14(8), 703-706. [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1986\)14<703:PEFCNP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1986)14<703:PEFCNP>2.0.CO;2)
- Srivastava, S. K. (1966). Upper Cretaceous microflora (Maestrichtian) from Scollard, Alberta, Canada. *Pollen et Spores*, 8, 497-552.
- Sun, G., Dilcher, D. L., Zheng, S. et Zhou, Z. (1998). In Search of the First Flower: A Jurassic Angiosperm, *Archaeofructus*, from Northeast China. *Science*, 282(5394), 1692-1695.

<https://doi.org/10.1126/science.282.5394.1692>

- Trincão, P. R. P. (1990). *Esporos e pólenes do Cretácio Inferior (Berriasiano-Aptiano) de Portugal: Paleontologia e Biostratigrafia*. [thèse de doctorat, Universidade Nova de Lisboa], 312.
- Vagvolgyi, A. et Hills, L. V. (1969). Microflora of the Lower Cretaceous McMurray Formation of northeast Alberta. *Canadian Society of Petroleum Geologists Bulletin*, 17(2), 155-181.
- van Konijnenburg-van Cittert, C. H. A. (2010). The Early Jurassic male ginkgoalean inflorescence *Stachyopitys preslii* Schenk and its *in situ* pollen. *Scripta Geologica*, 7, 141–149.
- Venkatachala, B. S. (1969). Palynology of the Mesozoic sediments of Kutch-4. Spores and pollen from the Bhuj exposures near Bhuj, Gujarat District. *The Paleobotanist*, 17(1-3), 208-219.
- Venkatachala, B. S., Kar, R. K. et Raza, S. (1968). Palynology of the Mesozoic sediments of Kutch, West India. 3. Morphological study and revision of the spore genus *Trilobosporites* Pant ex Potonié, 1956. *Journal of Palaeosciences* 17(1-3), 123-126.
- Vigran, J. O. et Thusu, B. (1975). *Illustrations and Distribution of the Jurassic Palynomorphs of Norway: Illustrations of Norwegian Microfossils*. NTNFKontinentalsokkelkonkontor.
- Walker, J. W. et Walker, A. G. (1984). Ultrastructure of Lower Cretaceous angiosperm pollen and the origin and early evolution of flowering plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 71, 464-521.
- Wang, X., Duan, S., Geng, B., Cui, J. et Yang, Y. (2007). Schmeissneria: a missing link to angiosperms? *BMC Evolutionary Biology*, 7(1), 1-13.
- Ward, J. V. (1986). Early Cretaceous angiosperm pollen from the Cheyenne and Kiowa Formations (Albian) of Kansas, U.S.A. *Palaeontographica Abteilung B*, 102, 1-81.
- Williams, G. L. (2006). Palynological Analysis of Pan American-Imperial Grand Falls H-09, Whale Basin, Grand Banks of Newfoundland. *Commission géologique du Canada, dossier public 4975*, 18.