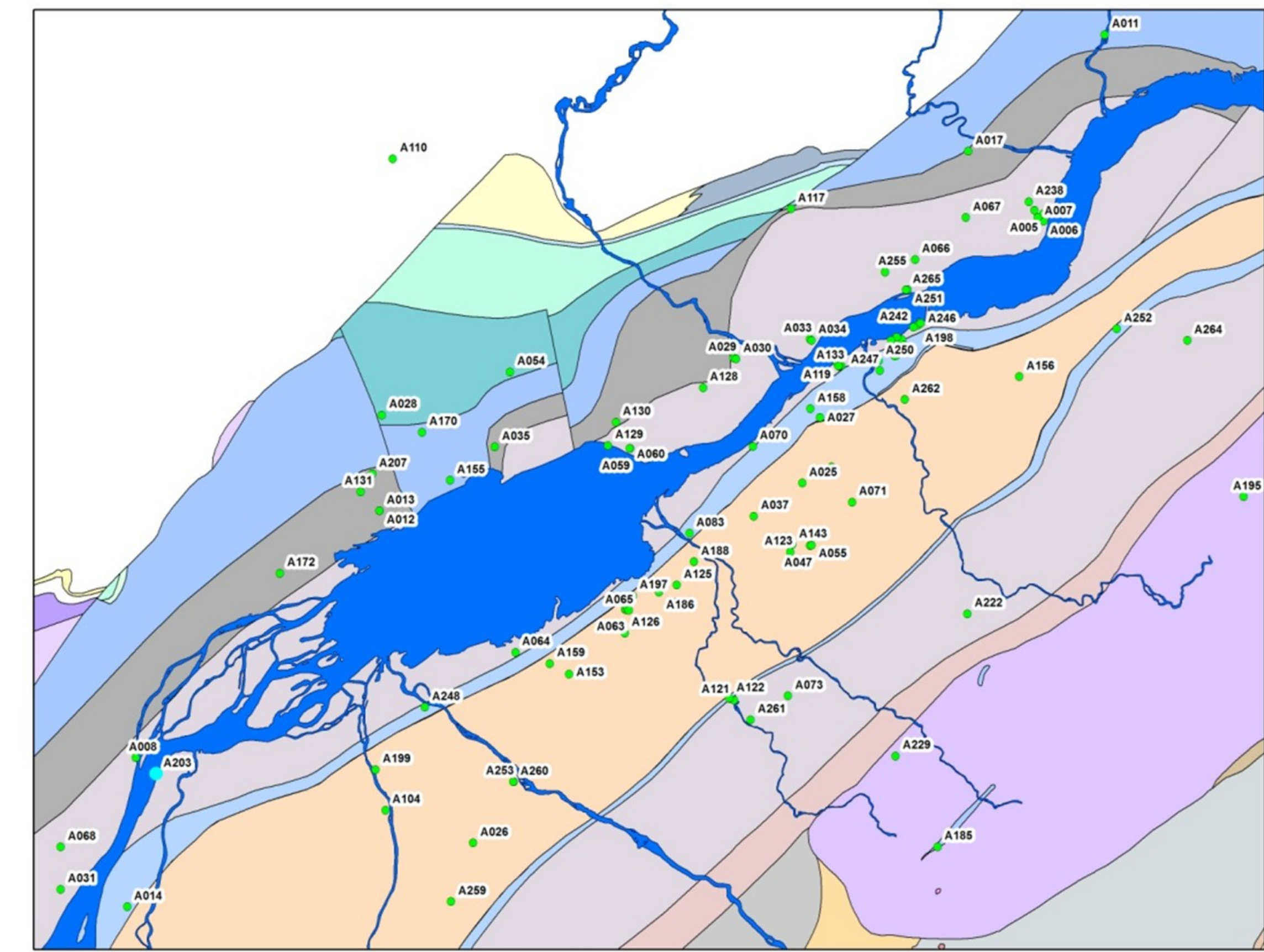


Caractérisation pétrographique et pétrophysique du Groupe de Potsdam dans le forage A203, Basses-Terres du Saint-Laurent

Petrographic and petrophysical characterization of the Potsdam Group in the borehole A203, Saint Lawrence Lowlands

Introduction

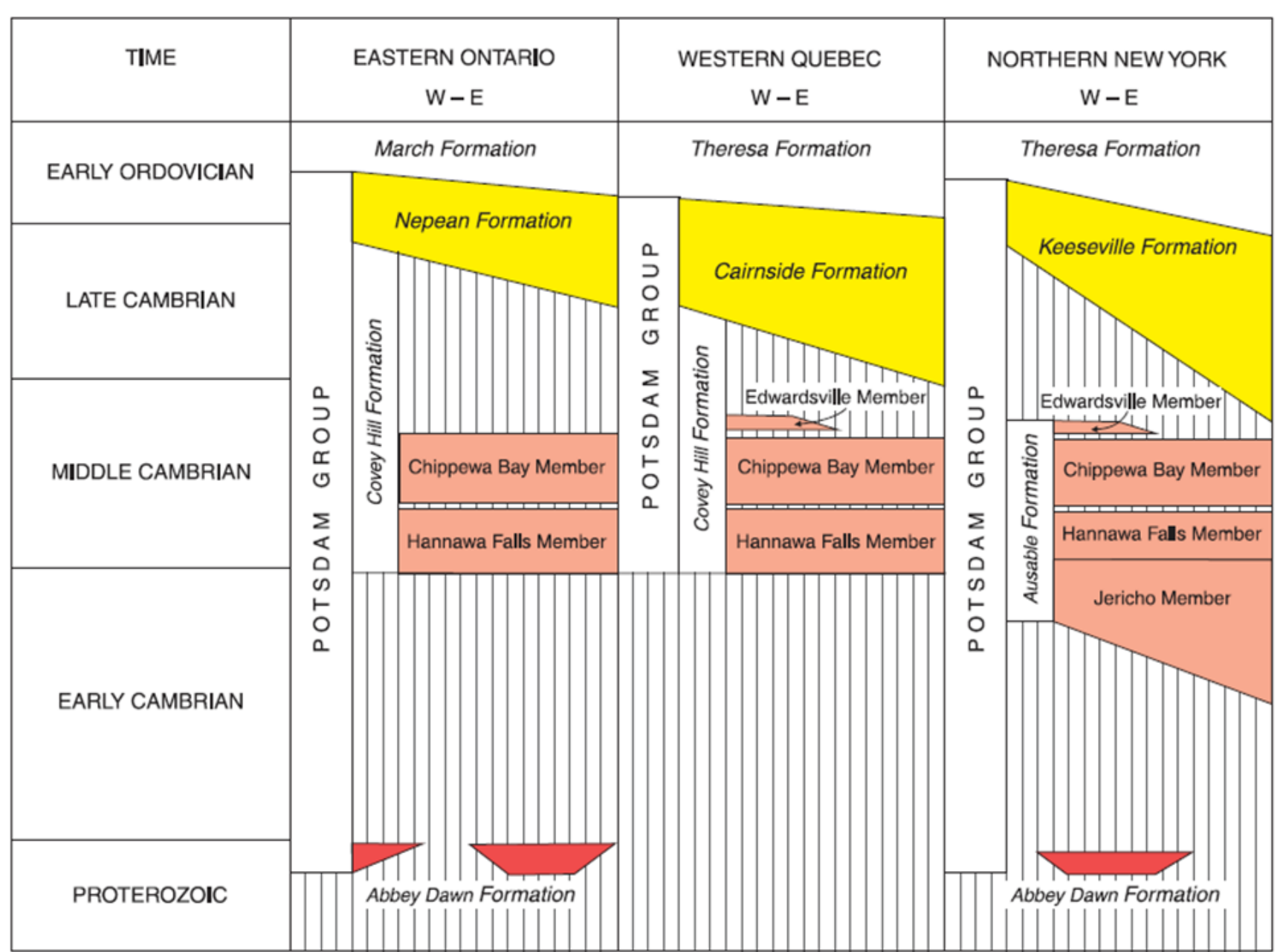
La chaire de recherche sur la séquestration géologique du CO₂ a pour objectif l'évaluation des capacités de stockage de divers réservoirs géologiques potentiels au Québec. Les grès du Groupe de Potsdam, retrouvés à la base de la séquence stratigraphique de la Plate-forme du Saint-Laurent, sont déjà reconnus pour leurs aquifères salins profonds et s'inscrivent naturellement comme réservoir cible. Ce projet s'intéresse donc à l'intervalle de 1740 à 1158 m du puits A203, où l'ensemble du groupe est carotté (i.e. formations de Covey Hill et de Cairnside). Une caractérisation pétrographique et pétrophysique a été effectuée sur cet intervalle dans le cadre du projet.



Le groupe de Potsdam

Le groupe de Potsdam est un dépôt de sédiments siliciclastiques qui se sont déposés dans un milieu continental et marin peu profond entre le cambrien tardif à l'ordovicien précocé. La source des sédiments provient de l'érosion des roches cristallines du relief grenvillien. La formation à la base du groupe, le Covey Hill, est dominée par des lits déposés en milieux continentaux et fluvio-marins tandis que la formation supérieure, le Cairnside, notamment par sa faune fossilifère, témoigne d'environnements marins subtidaux à marins peu profonds.

Le groupe est cependant très peu affleurant dans les Basses-Terres du Saint-Laurent. Les études précédentes ont surtout été effectuées au nord de l'état de New York, à l'ouest de la province de l'Ontario et sur les affleurements retrouvés dans la région de Montréal. Néanmoins, sa présence en profondeur est continue, comme en témoignent les diagraphies, échantillons de nombreux forages ainsi que les nombreuses lignes sismiques qui ont été réalisées sur le territoire.



Succession stratigraphique du groupe de Potsdam dans l'est de l'Ontario, l'Ouest du Québec et le nord de l'état de New-York (tirée de B.V. Sandford et coll, 2010).

Lithostratigraphie et pétrographie

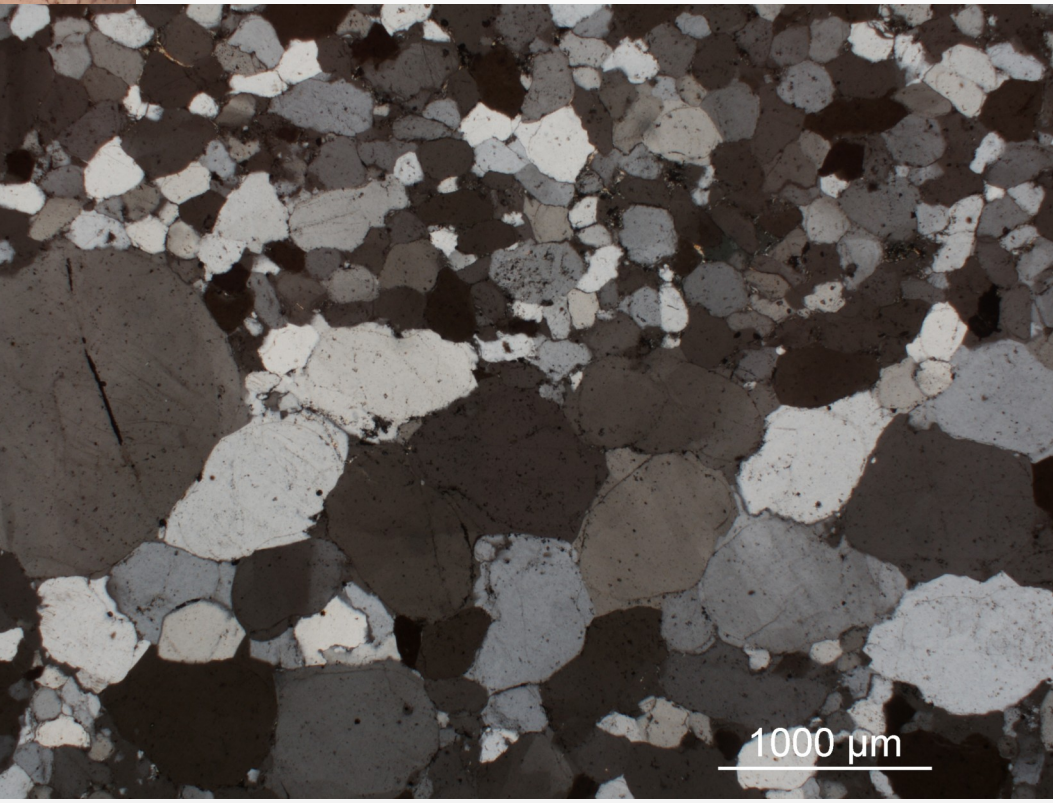
L'étude de la carotte de forage doit être entreprise stratégiquement pour permettre une prise de données efficace. Une première description a été réalisée pour discerner les principales séquences stratigraphiques témoignant d'environnements sédimentaires différents. On reconnaît dans ce forage trois unités dans la formation du Covey-Hill (CV1, CV2 et CV3) et une seule pour la Fm. de Cairnside (CA1). Ensuite, une description lithostratigraphique plus détaillée a été réalisée et une sélection d'échantillons pour l'analyse pétrographique a été faite. L'objectif étant de soutenir le plus d'indices quant à l'origine du sédiment, son transport, son environnement de déposition et son évolution diagénétique.

CA1 – Cairnside

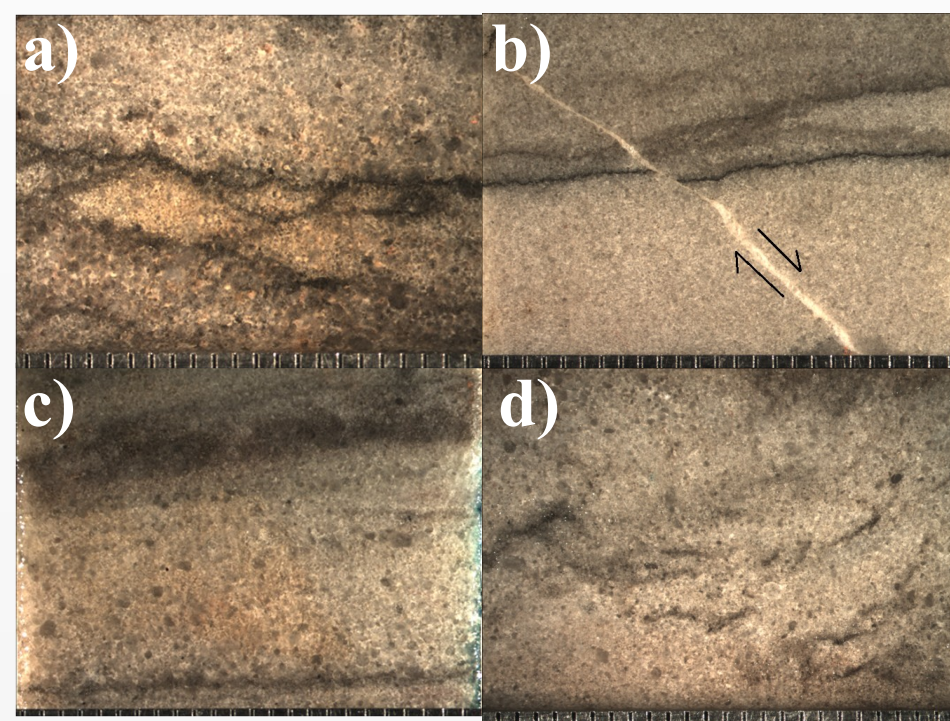
La Formation de Cairnside se caractérise par son homogénéité; elle se compose de grès laminés massifs, bien triés, de grains fins à grossiers. Les laminations évoluent entre parallèles subhorizontales ($\pm 10^\circ$), lenticulaires et entrecroisées. Cette alternance témoigne d'environnements sédimentaires marins littoraux. En effet, l'influence des vagues, des marées et des conditions hydrodynamiques de milieux marins peu profonds génère ce type de laminations pour des sédiments siliciclastiques. L'étude pétrographique montre que les grès sont exclusivement composés de quartz. La faible angularité et la grande sphéricité des grains sont caractéristiques d'une grande maturité texturale. Ces caractéristiques sont attribuées à une météorisation subaérienne prolongée et un remaniement important des sédiments entre leurs formations à partir du socle précambrien et leurs dépositions finales.



Variation granulométrique entre des laminations successives. Création d'horizon de pression-dissolutions à l'interface de certaines d'entre-elles.



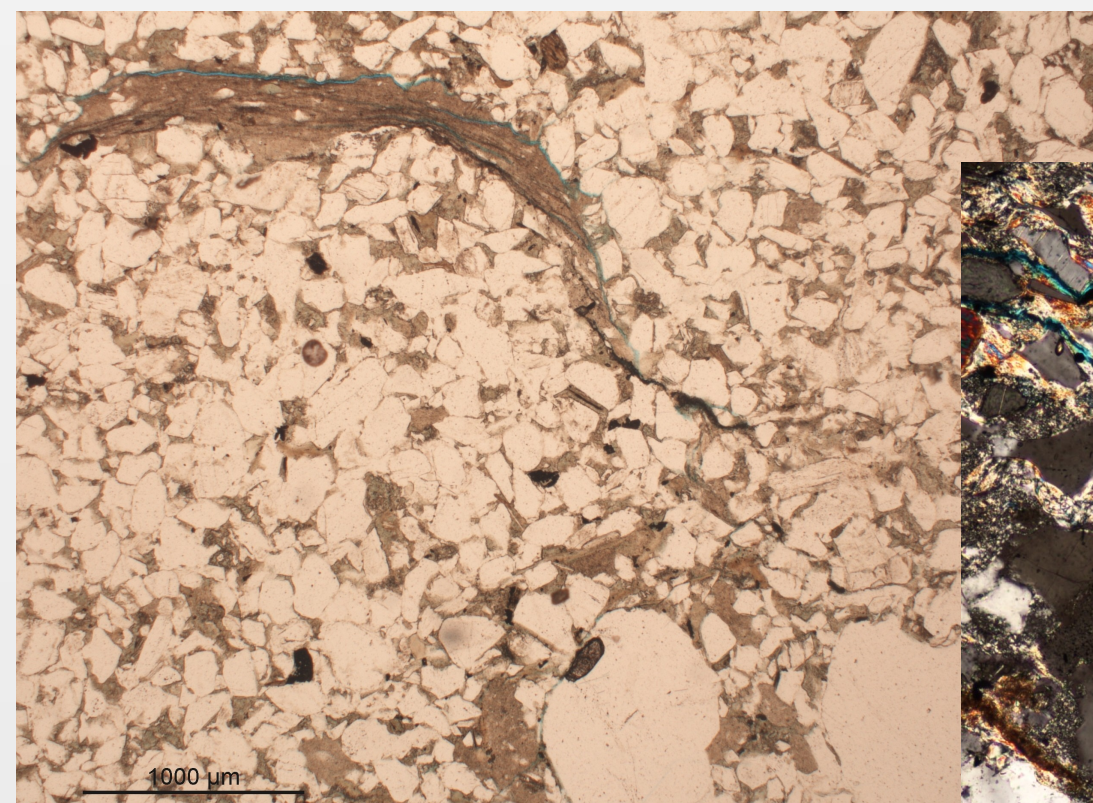
Surcroissance importante de quartz entre les grains.



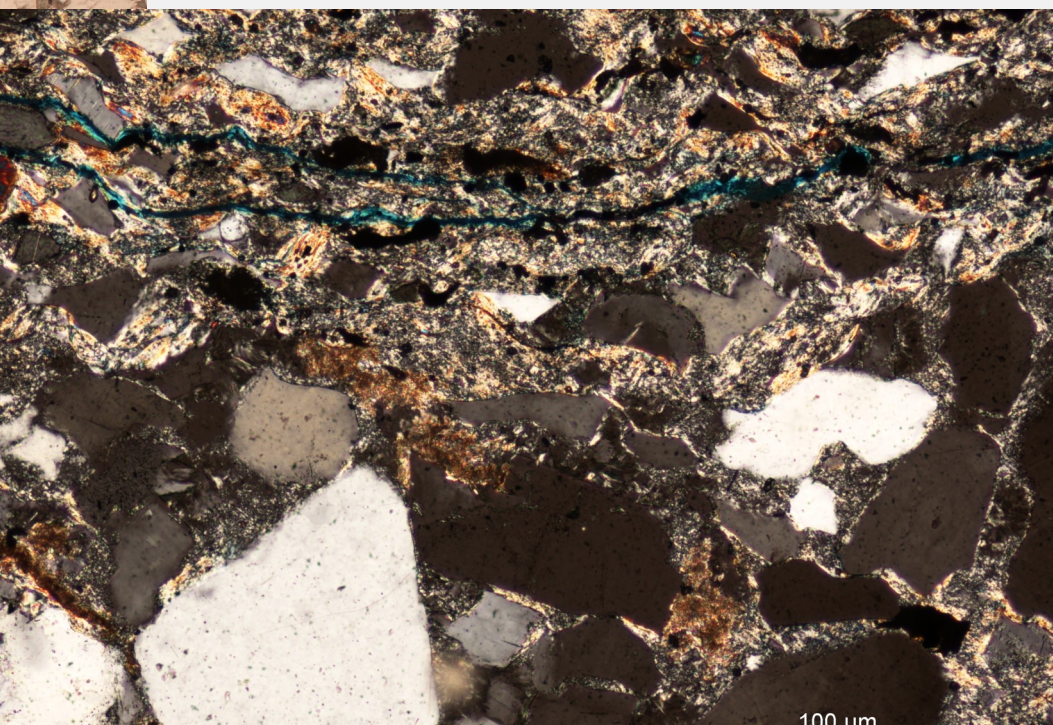
a) Arénite quartzique moyennement bien triée. Les filaments noirs sont des stylolites qui se forment à l'interface de laminations à granulométries différentes. b) Petite faille normale observée dans une arénite quartzique. c) Arénite quartzique bien triée à laminations subhorizontales. d) Arénite quartzique remaniée.

CV3 – Covey Hill

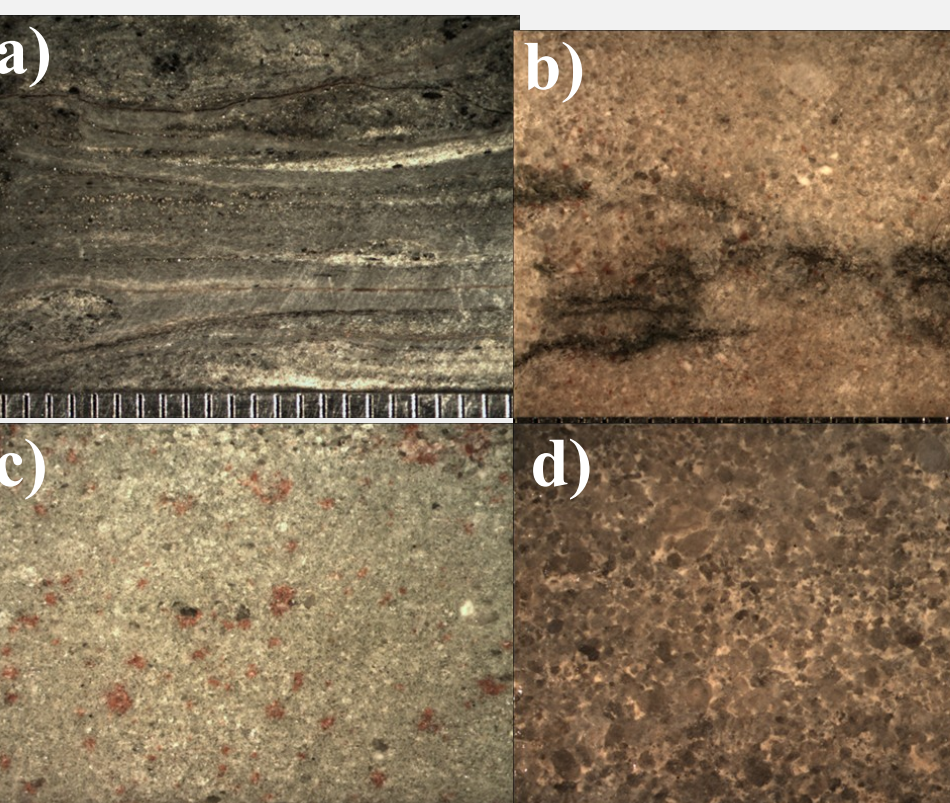
L'unité sommitale du Covey Hill, CV3, est composée de grès massifs laminés, mal à bien triés, de grains de fins à moyens dans lesquelles s'intercalent des siltstones verts à laminations asymétriques et des shales noirs à laminations horizontales. Cet assemblage lithostratigraphique suggère un environnement fluvio-marin. Vers la base de l'unité, on observe une répétition stratigraphique de shales qui se changent graduellement en grès, possiblement déposés en milieu estuarien ou deltaïque. Des fossiles de brachiopodes (Lingula) sont retrouvés dans cet intervalle. La séquence se termine par une dominance des dépôts de grès, témoignant d'une évolution du milieu en un domaine marin.



Lenticille argileuse déformée dans un grès argileux. De la porosité est associée à celle-ci.



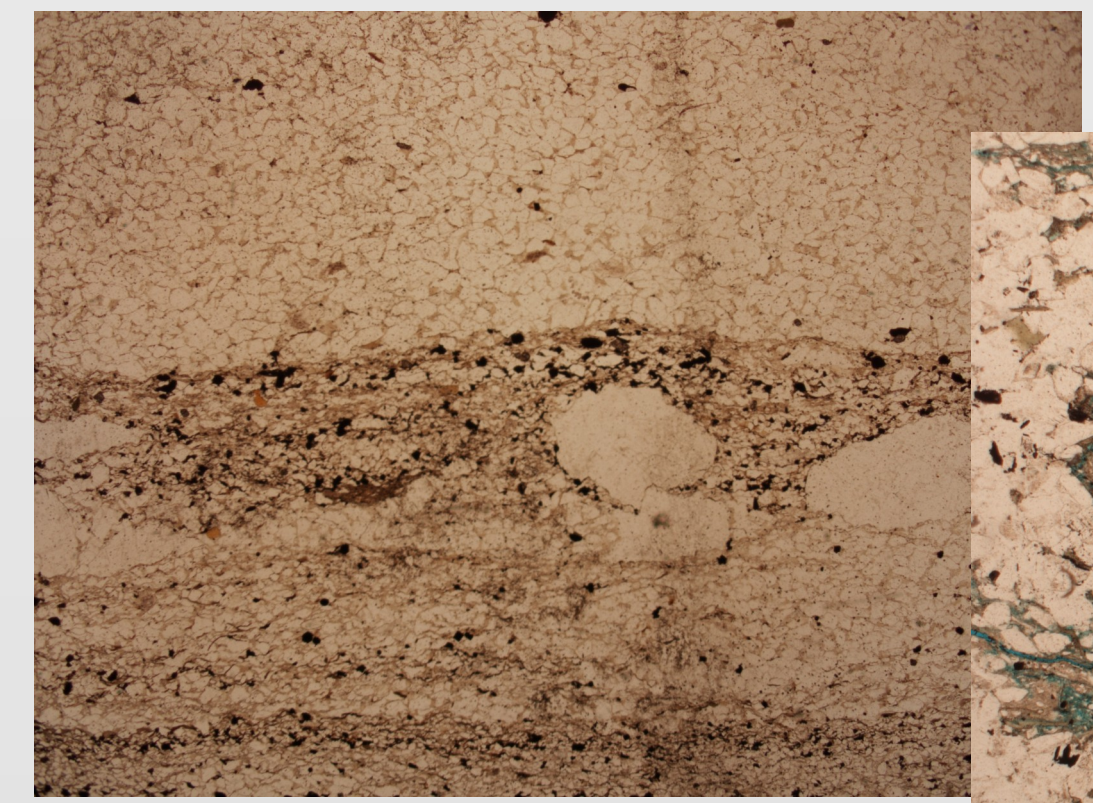
Lamination argileuse séricissée où s'observe des linéations poreuses.



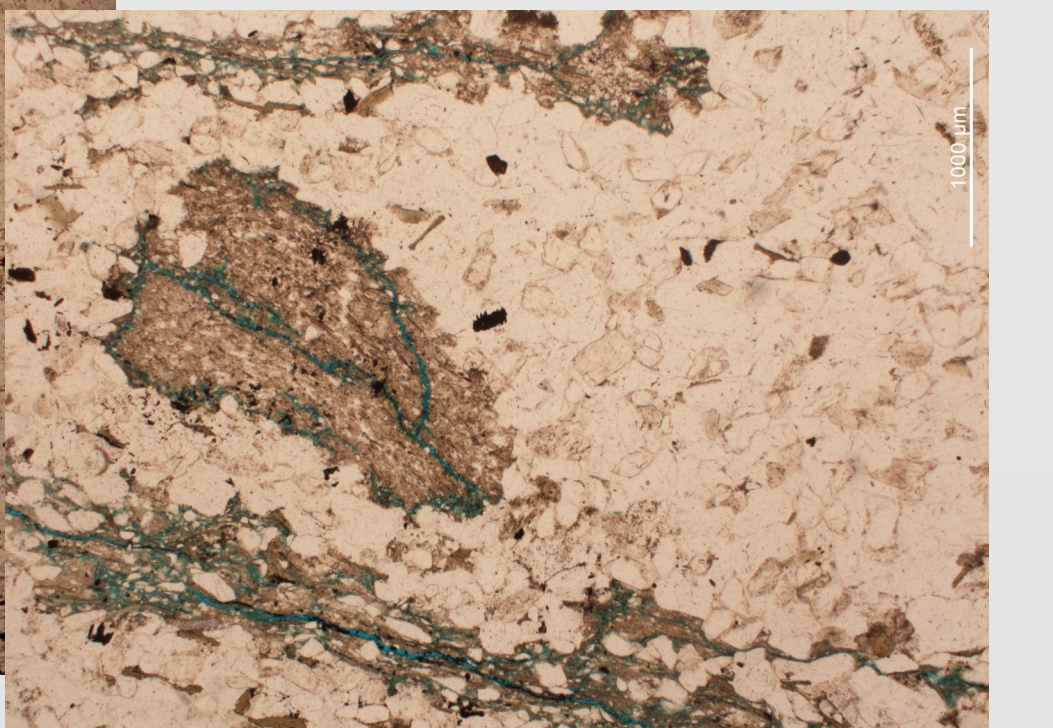
a) Wacke subarkosique (siltstone) en laminations asymétriques. b) Arénite quartzique montrant lentilles argileuses déformées et stiltolitisations mineures. c) Arénite subarkosique mal triée et à grains fins. d) Arénite quartzique bien triée à grains grossiers.

CV2 – Covey Hill

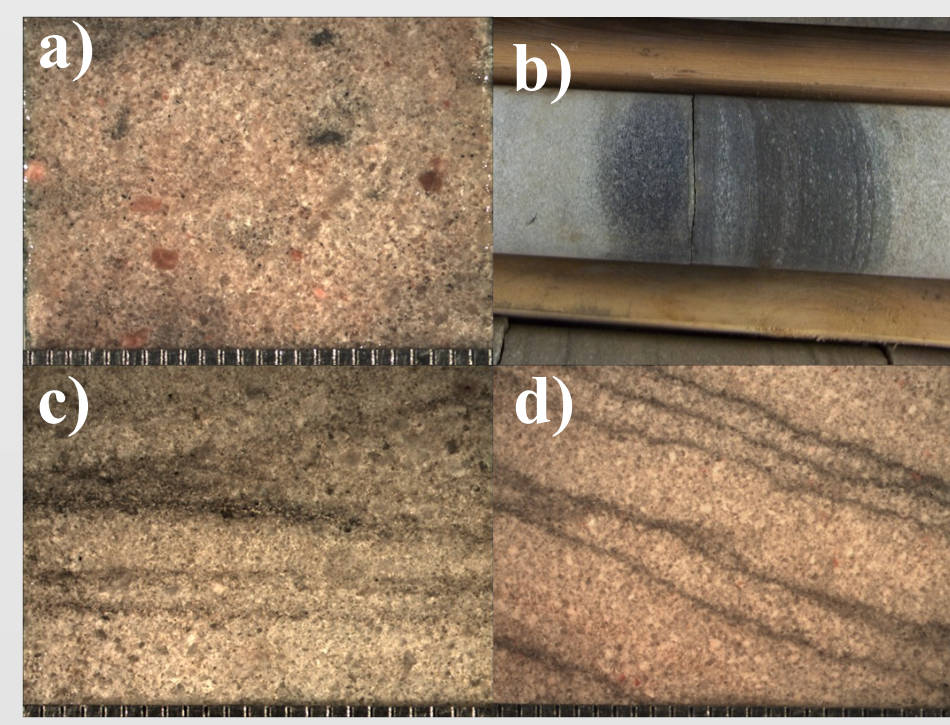
L'unité intermédiaire intègre une épaisseur importante de grès massifs, bien triés, de grains fins à moyens. On observe de nombreuses laminations entrecroisées sur l'épaisseur de la formation. L'environnement de déposition est interprété comme étant fluvio-marin, à dominance marine. Ces grès sont périodiquement recoupés par des épaisseurs silteuses vertes qui s'intercalent en contact graduel dans les dépôts. Cette présence suggère une influence extérieure agissant sur le type et la quantité de sédiments qui se déposent, par exemple un cycle climatique ou glaciaire. Le lit de shale à la profondeur de 1434 m est similaire aux shales déposés en milieu fluvial de l'unité CV1.



Variation granulométrique importante des grains de quartz.



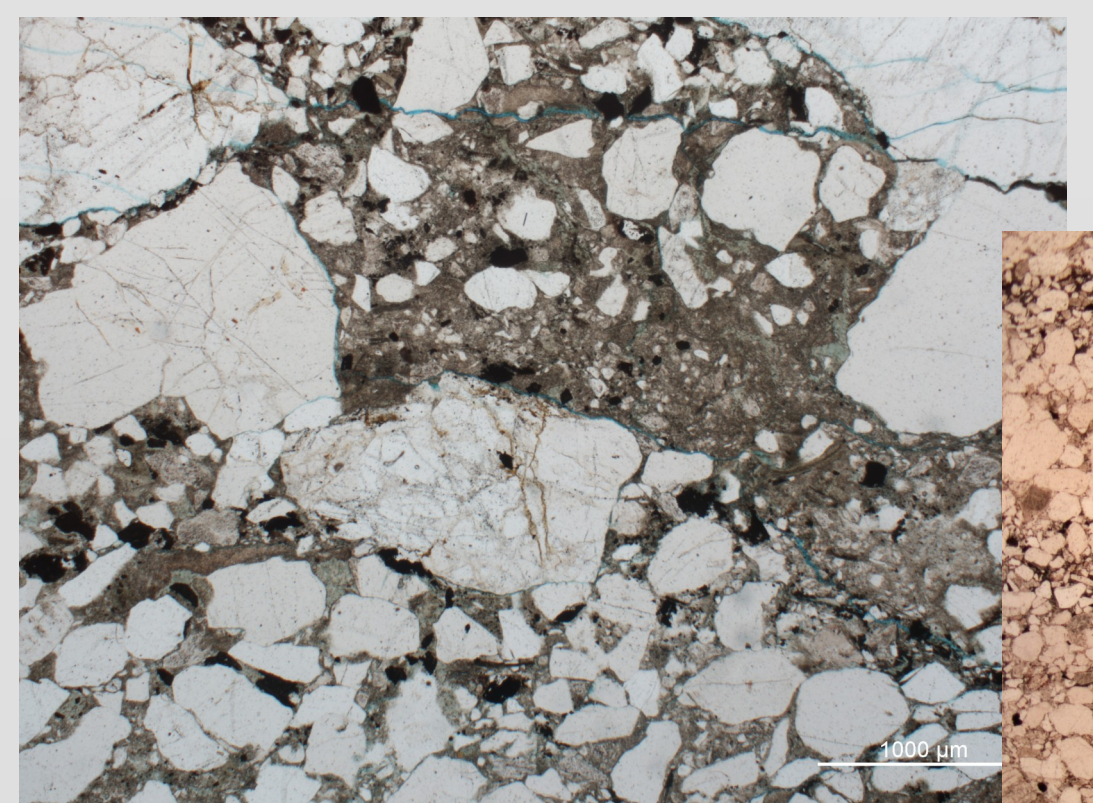
Lenticille argileuse déformée dans un grès argileux. La porosité est associée à celle-ci.



a) Arénite subarkosique à maturité texturale élevée. b) Intervalle silteux en contact graduel entre deux couches de grès. c) Arénite subarkosique mal triée à grains moyens à fins où l'on observe une lamination entrecroisée. d) Microstylolites obliques pouvant être confondus avec les laminations.

CV1 – Covey Hill

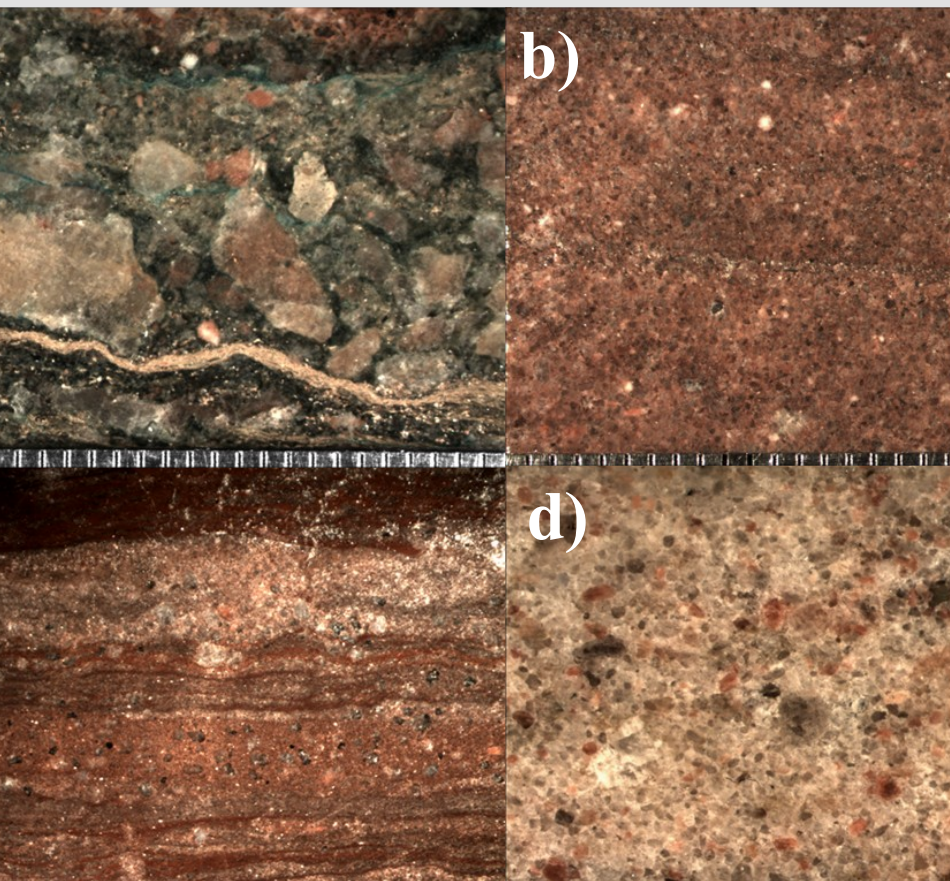
L'unité basale du Covey Hill est une succession de faciès d'environnements terrestres et fluviaux, de couleur très ocre. On reconnaît les grès fins à très grossiers mal triés, en laminations subhorizontales, obliques ($\pm 15^\circ$) et entrecroisées. Ces grès sont beaucoup plus riches en feldspath que les unités supérieures. Des lits de shales, conglomérats et siltstones s'intercalent dans ces grès. L'alternance de ce dépôts dans l'unité concorde avec les dépôts créés dans l'évolution des systèmes fluviaux, comme les rivières en méandres.



Grès argileux composées de fragments de roches et grains anguleux de quartz, minéraux opaques et feldspaths.



Composition minéralogique variée : quartz, orthose et minéraux opaques. On remarque la variation granulométrique importante entre les laminations.

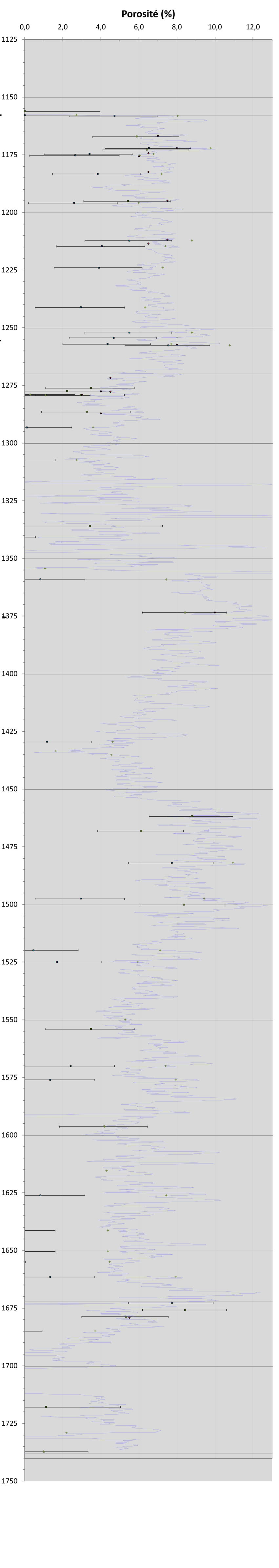


a) Rudite lithique riche en argile retrouvée à la base du Covey Hill, en contact avec le socle précambrien. b) Arénite subarkosique mal triée et à grains moyens, caractéristique des grès de l'unité. c) Sédiments gréseux en alternance avec des horizons beaucoup plus argileux. d) Arénite subarkosique montrant une maturité texturale supérieure à la majorité des grès de l'unité.

Évaluation de la porosité

Afin d'évaluer la capacité d'injection du CO₂ dans ces grès, la mesure de la porosité est une donnée primordiale. Cette porosité va varier en fonction de la nature des sédiments, de la circulation de divers fluides qui ont affecté l'espace intergranulaire au cours du temps et par l'impact de la déformation des roches qui a affecté les formations.

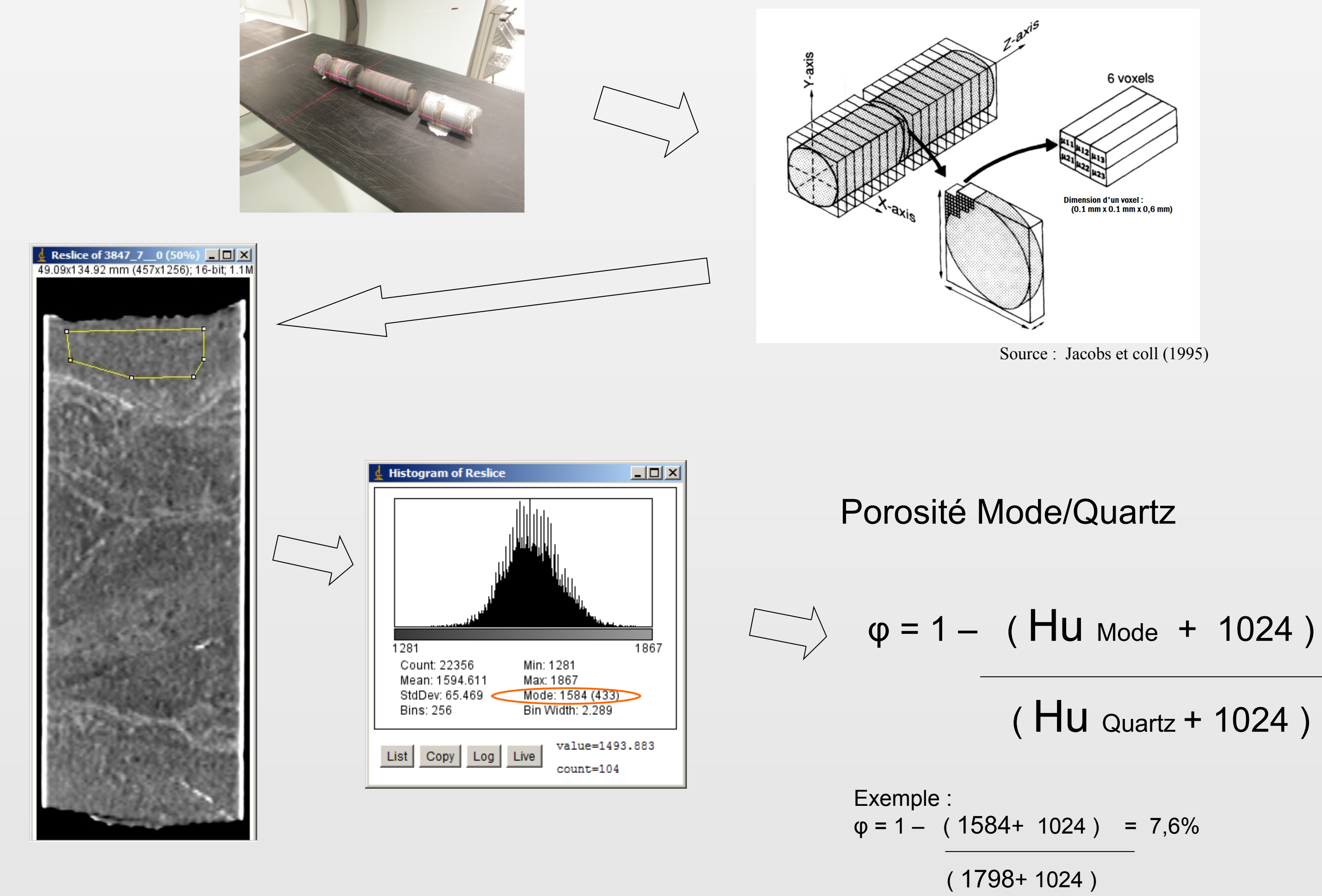
Le graphique ci-dessous montre cette variation de porosité dans le puits, évaluée par trois méthodes : la mesure par diagraphie, la mesure en laboratoire et par tomodensitométrie (Ct-Scan).



La tomodensitométrie

Il s'agit d'une technique d'imagerie tridimensionnelle utilisée à l'origine dans le milieu médical. C'est une méthode non destructive qui permet d'évaluer rapidement une quantité importante d'échantillons.

Son principe repose sur la mesure des coefficients d'absorption des matériaux par rayons X. Le coefficient mesuré dépend de l'énergie du faisceau émis, des éléments chimiques qui composent le matériau et de sa densité. Les récepteurs mesurent la différence d'atténuation après le passage du rayon X dans l'échantillon, et le résultat est exprimé en unité de Hounsfield (Hu). Cette échelle de mesure varie entre -1024 Hu pour le vide, 0 Hu pour l'eau et jusqu'à 3070 Hu pour les matériaux denses. Selon la résolution du scanneur, la mesure du scanneur est inscrite dans un voxel, qui correspond à un pixel tridimensionnel. Chaque voxel possède une valeur à laquelle est associée une teinte de gris que l'on observe sur la reconstruction virtuelle de la carotte. En définissant des régions d'intérêts sur l'image reconstituée, un calcul de la porosité à partir de la distribution statistique des valeurs de Hu est alors possible.



Résultats

Les résultats obtenus à partir des données du Ct-Scan montrent une bonne cohérence avec les porosités mesurées en diagraphie. Les résultats ont cependant tendance à sous-estimer les valeurs obtenues par diagraphie et en laboratoire. Il y a plusieurs considérations à prendre avec la méthode et ses résultats :

- La résolution du scanneur est généralement plus grossière que la taille granulométrique des grains qui composent l'échantillon. La valeur du voxel est une valeur moyenne de plusieurs micropores et des microparticules qui se retrouvent à l'intérieur du volume mesuré.
- L'équation utilisée suppose que la valeur de Hounsfield maximale attendue dans l'échantillon est celle du quartz (HuQuartz = 1798 $\pm$ 68 Hu). Dans le cas des arénites quartziques composées jusqu'à 95% de quartz, la valeur de porosité obtenue demeure similaire à celles obtenues par d'autres méthodes. Cependant le calcul doit être ajusté lorsque la proportion de feldspaths augmente, comme on l'observe pour les unités inférieures du Covey Hill. La présence de calcite dans l'échantillon nécessite aussi un réajustement (2300 $\pm$ 137 Hu).

Références