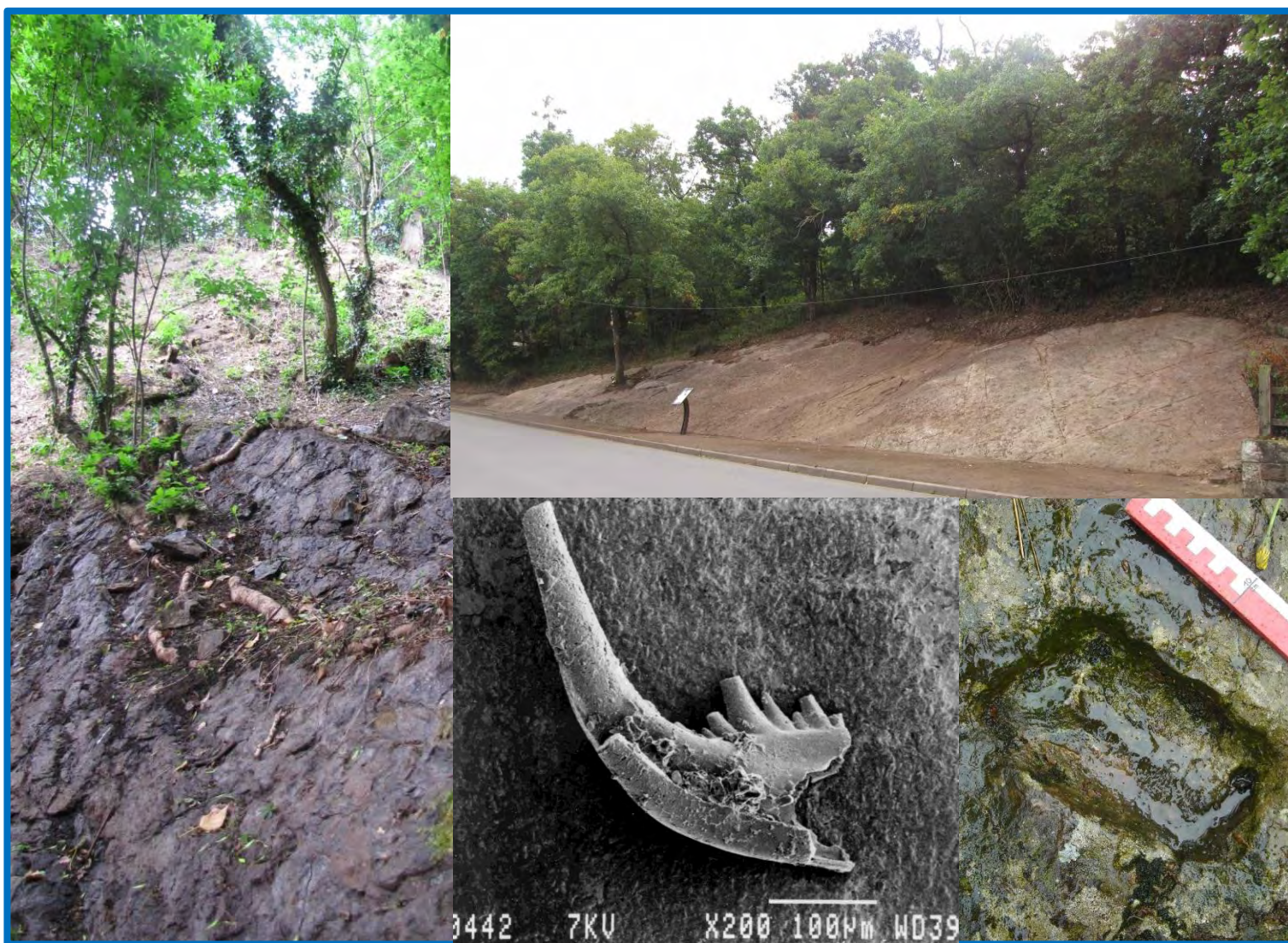


Excursion Société Géologique et Minéralogique de Bretagne

24 juin 2017



Photos 1^{ère} page de couverture

Pierres Plates à Bagnoles de l'Orne - Rusophycus

Calcaire des Vaux à Saint Hilaire la Gérard - Cononontes

Excursion Société Géologique et Minéralogique de Bretagne

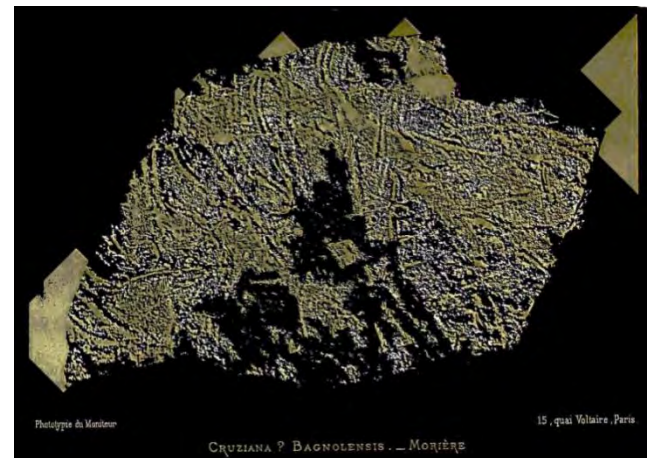
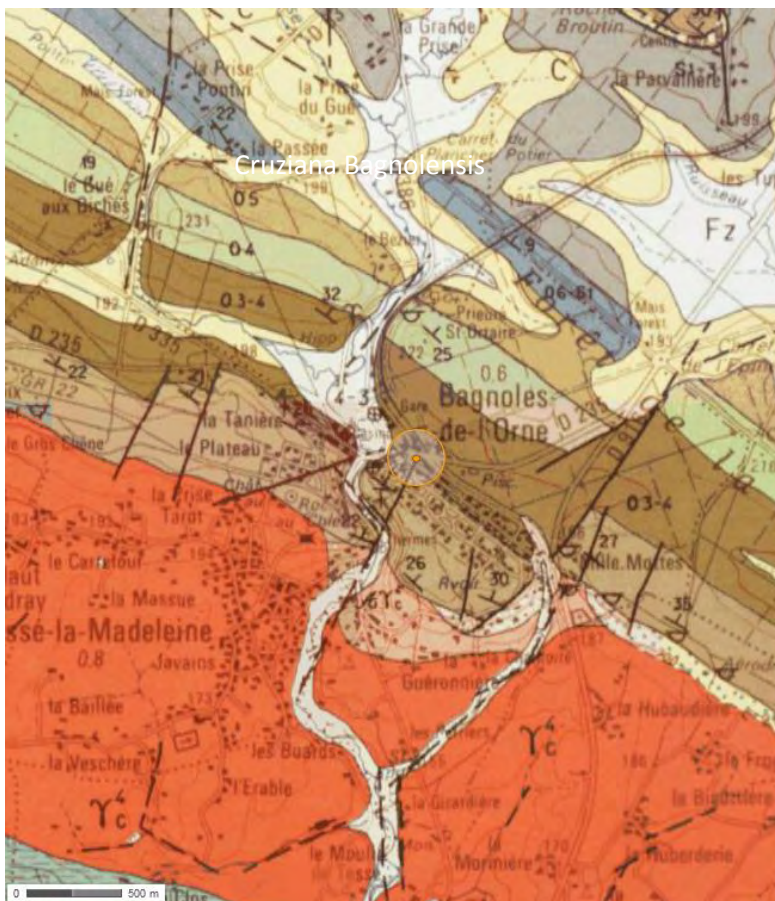
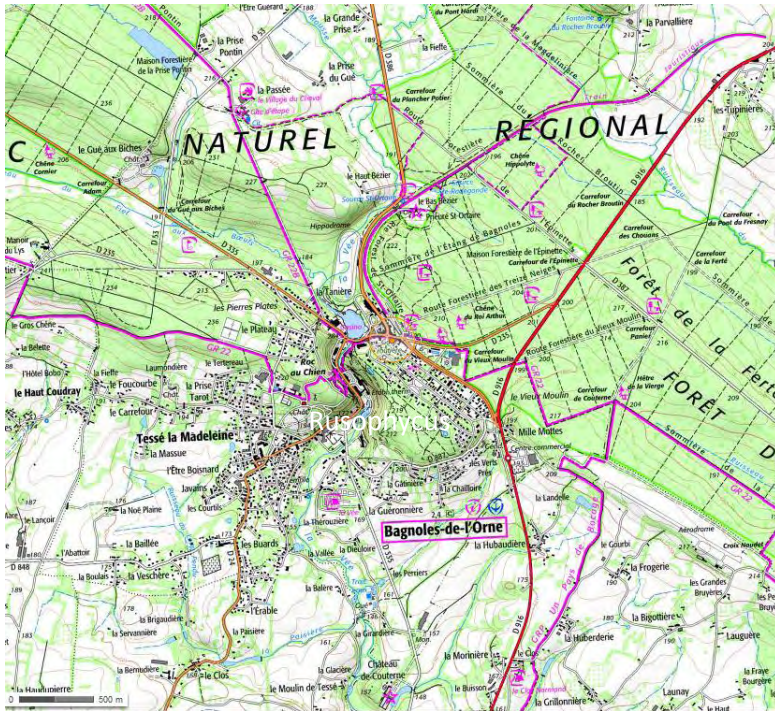
24 juin 2017

- 10h00 Le Grès armoricain (ordovicien inférieur) à Bagnoles de l'Orne Normandie (Thermes, Pierres Plates....)
- 13h00 : Pique-nique Maison du Parc – Carrouges. Visite de l'espace muséographique du PNR Normandie-Maine
- 15 h00 Le Calcaire ordovicien des Vaux (Saint Hilaire la Gérard)

Arrêt n°1 – Bagnoles de l'Orne

Le Grès armoricain

Carte géologique de la France 1/50 000 : feuille de Domfront (249)



Description géologique

Le site de Bagnoles de l'Orne est implanté dans la cluse de la Vée, ouverte sur le flanc sud du synclinal de Mortain-Domfront. Ce synclinal repose sur le substratum cadomien, représenté par un diverticule de la granodiorite de la Ferté-Macé, dont les rares affleurements sont aujourd'hui masqués par la végétation. Un sondage effectué au pied du Roc au Chien, a rencontré le granite à une profondeur de 102m.

C'est un granite marcellien mis en place postérieurement aux plissements cadomiens (540 millions d'années) et profondément altéré et fracturé.

Les eaux de la station thermale proviennent d'un aquifère situé dans l'arène granitique et le granite fracturé présent sous le grès armoricain. La température relativement élevée (24,6°C au Griffon) indique une origine profonde (400-500m). Il s'agit pour l'essentiel d'eaux météoriques réchauffées en profondeur par suite du gradient géothermique.

Les eaux de Bagnoles se caractérisent par un ph acide (4.31). Elles sont chlorurées, sodiques, sulfatées. Elles contiennent des gaz dissous : principalement de l'azote, du dioxyde de carbone, plus accessoirement de l'argon, hélium, radon ou autres gaz en trace.

La morphologie du site de Bagnoles est sous la dépendance du contraste entre les assises gréseuse et schisteuse de l'Ordovicien. La partie sud (Thermes, Roc au Chien, Pierres Plates...) est constituée par le Grès armoricain d'âge Arénig (Ordovicien inférieur). Au nord, une dépression constituée au dépens de la Formation des schistes du Pissot (Llanvirnien-Llandeilein) où sont implantés la piscine, le casino, la gare, le golf... plus au Nord le relief s'élève dans la formation stratigraphiquement supérieure des grès de May.

La formation du grès armoricain, présente de remarquables affleurements dans le géosite de Bagnoles de l'Orne. Les couches les plus anciennes, au sud, sont stratifiées en gros bancs métriques tandis que les couches les plus jeunes, au nord, sont d'épaisseur décimétrique. L'ensemble de la formation présente des traces fossiles remarquables réparties en deux groupes, du sud au nord :

- Des terriers verticaux (*Skolithos linearis* et *S. dufrenoyi*) à remplissage gréseux, d'une longueur dépassant souvent 50 cm dans les bancs les plus épais de la partie inférieure de la formation (escarpement du Parc des thermes, Roc au Chien)
- Des pistes bilobées, le plus souvent en creux, attribuées à des traces d'ambulation (*Cruziana*) ou de pacages (*Rusophycus*) d'arthropodes dans les bancs de la partie supérieure (Pierres Plates, dalle du CAB) sont accompagnées de terriers lancéolés de lingules. Le genre *Cruziana Bagnolensis* a été décrit par Morière en 1878. Ce changement de faciès est attribué à une modification significative des conditions bathymétriques.

Autres intérêts paléontologiques

Bagnoles de l'Orne est un site très étudié au XIXème siècle par les géologues et érudits locaux. Le Grès armoricain et les schistes du Pissot ont livrés des très nombreux fossiles et ichnofacies : Skolithos, Cruziana, lingules... dans le grès armoricain ; Illaenus sp, Nésauretus tristani... dans les schistes conservés dans les collections de divers Musées (Alençon, Museum de Nantes, Paris).

Patrimoine géologique

Site de l'inventaire du patrimoine géologique BNO00016 : Géosite des Thermes de Bagnoles de l'Orne

Intérêt patrimonial : 2**/3*** (note de 29/ 54)

Intérêt géologique principal :

- Sédimentologie : Passage de terriers verticaux (Skolithos...) aux pistes bilobées d'arthropodes (Rusophycus, Cruziana...) indiquant une modification significative des conditions de sédimentation, notamment une diminution de la bathymétrie.

Intérêts géologiques secondaires

- Géomorphologie : la fracturation varisque et l'érosion différentielle entre les assises de l'Ordovicien sont à l'origine de la morphologie de la cluse de la Vée. Le site du Roc au Chien présente un important pierrier issu de la gélifraction du Grès armoricain en climat périglaciaire quaternaire
- Hydrothermalisme : Sources d'eau Chaudes (24°C) minéralisées témoignent de circulations profondes (400-500m). Débit naturel estimé à 24m³/h
- Tectonique : la fracturation varisque du synclinal de Mortain Domfront a favorisé la formation de la cluse de la Vée, qui entaille les formations ordoviciennes. Les pendages sont bien visibles dans le grès armoricain (20-25°N)

Site répertorié par la Commission Régional du Patrimoine Géologique pour intégrer la RNR géologique de Normandie-Maine.

Le site des Pierres Plates devrait intégrer sous peu la réserve (accord du propriétaire, étude géologique en cours)

Le Pierrier du Roc au Chien devrait être classé sous peu en RNR « Pierriers » (avis favorable du CSRPN)

Exploitation/ usage

Des panneaux réalisés par la municipalité sont implantés devant les Pierres Plates et le Roc au Chien. Des sorties de découvertes géologiques sont organisés dans la ville.

Références bibliographiques :

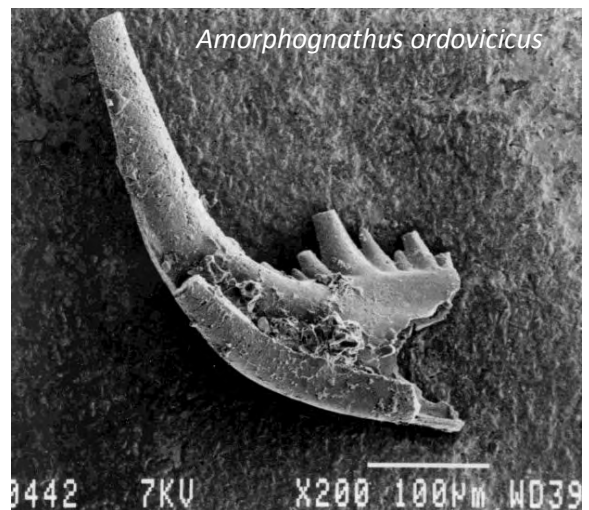
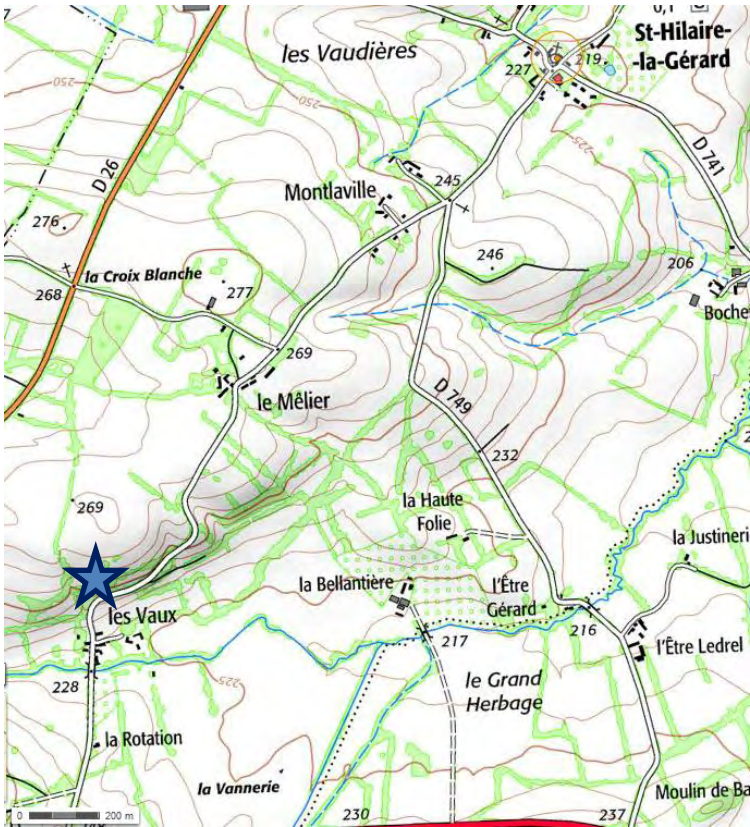
Collectif (2011).- Inventaire du Patrimoine géologique 2011 ; Site BNO 0016 Géosite des Thermes de Bagnoles de l'Orne ; DREAL de Basse Normandie ; 5p

DORÉ F., LE GALL J. et RIOULT M. (1995) – Inventaire géologique et pédologique du Parc naturel régional Normandie-Maine. Rapport du laboratoire de géologie armoricaine, Université de Caen, PNR Normandie-Maine, 48 p.

VERNHET Y., DORÉ F., LAUTRIDOU J.P., TALBO H., VERRON G., DHELLEMMES R., ENOUF C. (1995) – Notice explicative de la feuille Domfront (249) à 1/50 000 de la Carte géologique de la France. BRGM, Orléans, 106p.

Arrêt n°2 – Carrière des Vaux– Saint Hilaire la Gérard

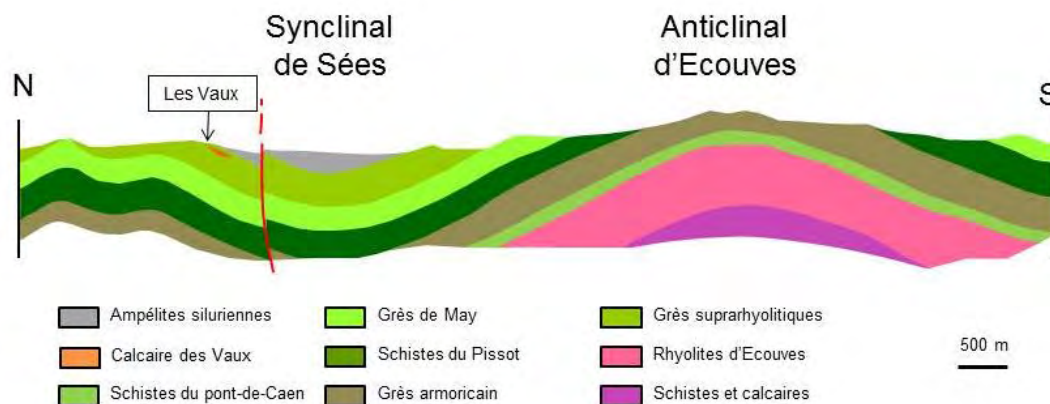
Calcaire ordovicien



Description géologique

Texte en partie extrait de l'étude géologique de la carrière des Vaux (Avoine et al., 2011).

Le Calcaire des Vaux est situé dans la partie est du Massif armoricain, il représente l'unique affleurement de ce calcaire connu en Normandie. Il est observé dans la partie supérieure du flanc nord du synclinal de Sées, pli formé au cours de l'orogénèse varisque (hercynienne) vers 300 millions d'années. Les terrains observables dans la carrière, impliqués dans cette structure géologique, sont constitués d'une alternance de grès et de schistes d'âge Ordovicien (entre 450 et 440 millions d'années), dans laquelle est intercalé un court épisode calcaire (le Calcaire des Vaux), suivie d'une sédimentation plus terrigène d'ampélites d'âge Silurien.



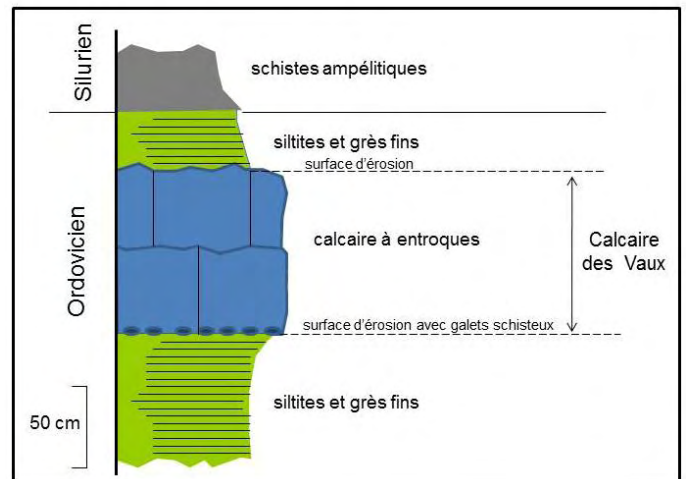
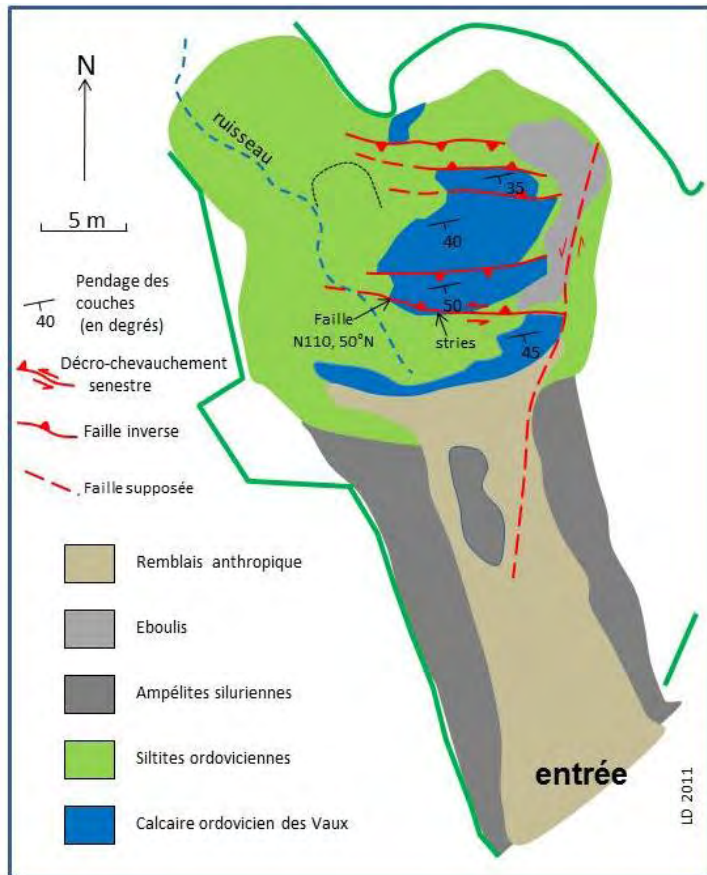
Coupe à travers le synclinal de Sées et l'anticlinal d'Ecouves

La carrière des Vaux permet d'observer plusieurs formations géologiques à la limite Ordovicien-Silurien :

Formation des Schistes du Pont-de-Caen

L'Ordovicien est représenté par la formation des Schistes du Pont-de-Caen (anciennement Schistes à *Trinucleus*), d'âge Katien (anciennement Caradoc inférieur), qui renferme dans sa partie supérieure la lentille de Calcaire des Vaux. Cette formation, épaisse d'une centaine de mètres, est principalement constituée de siltites et de grès fins alternant avec des argilites sombres. Les minéraux argileux composant ces argilites sont caractérisés par une fraction d'illite dominante (2/3) et de kaolinite (1/3). Aucun gisement fossilifère n'a pu être identifié dans la carrière.

Le passage entre la partie terminale de cette formation formée majoritairement d'argilites sombres et les ampélites siluriennes noires est imperceptible, d'autant plus que ces roches sont altérées en surface sur plusieurs mètres. La limite cartographique précise entre les deux formations reste donc incertaine.



Le Calcaire des Vaux

L'unique affleurement connu dans le synclinal de Sées aussi bien que dans toute la partie est du Massif armoricain est un banc d'épaisseur métrique intercalé dans la partie sommitale des argilites noires terminant la formation des Schistes du Pont-de-Caen. C'est un calcaire micritique à nombreux bioclastes, très dur à casser, de couleur gris clair sur cassure fraîche, et gris sombre au niveau des parties altérées. Le banc métrique est limité à la base et au sommet par une surface d'érosion, le banc étant lui-même divisé en deux (parties inférieure et supérieure) par une surface de discontinuité très nette. La base de ce banc renferme de nombreux graviers et galets schisteux issus probablement du remaniement des Schistes du Pont-de-Caen. La formation de la Tillite de Feuguerolles aussi bien que celle des Grès culminants qui termine l'Hirnantien sont absentes dans le synclinal de Sées. Aussi, les ampélites recouvrent directement les Schistes du Pont-de-Caen.

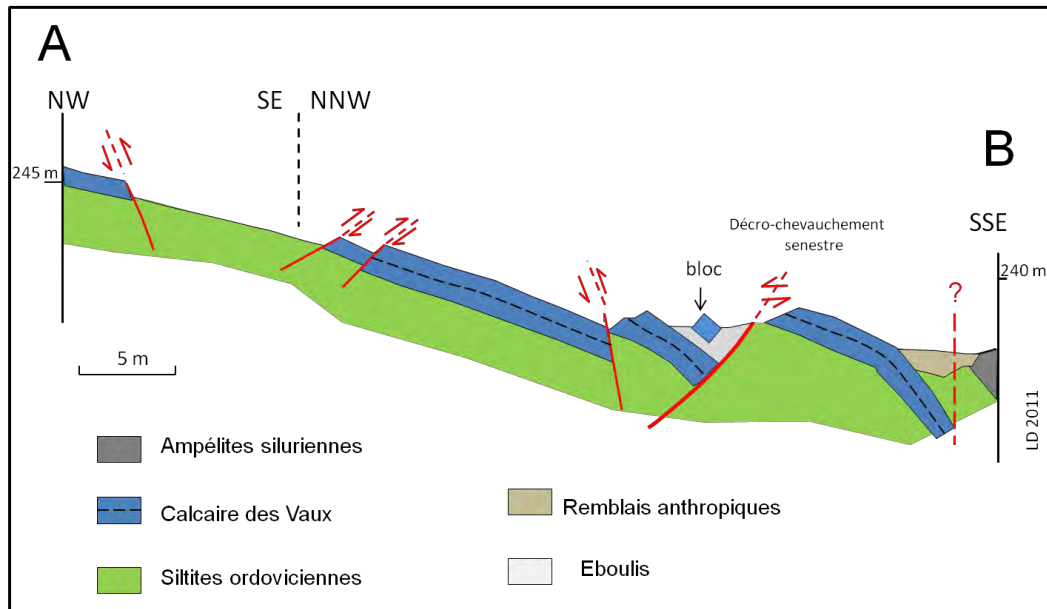
Les schistes ampélitiques siluriens

La série silurienne occupe le cœur du synclinal de Sées. La formation se compose d'ampélites noires, altérées en surface, de schistes en fines plaquettes et de minces niveaux de grès. Toutefois, la médiocrité des affleurements à l'entrée de la carrière liée à l'altération de surface

ne permettent pas de recueillir de fossiles permettant de donner un âge plus précis à cette formation considérée comme d'âge Silurien inférieur.

Analyse tectonique

Sur le site, toutes les couches rocheuses affleurant dans la carrière sont orientées selon une direction N80 et présentent un pendage général de 40° vers le Sud (voir carte et coupe géologiques du site).



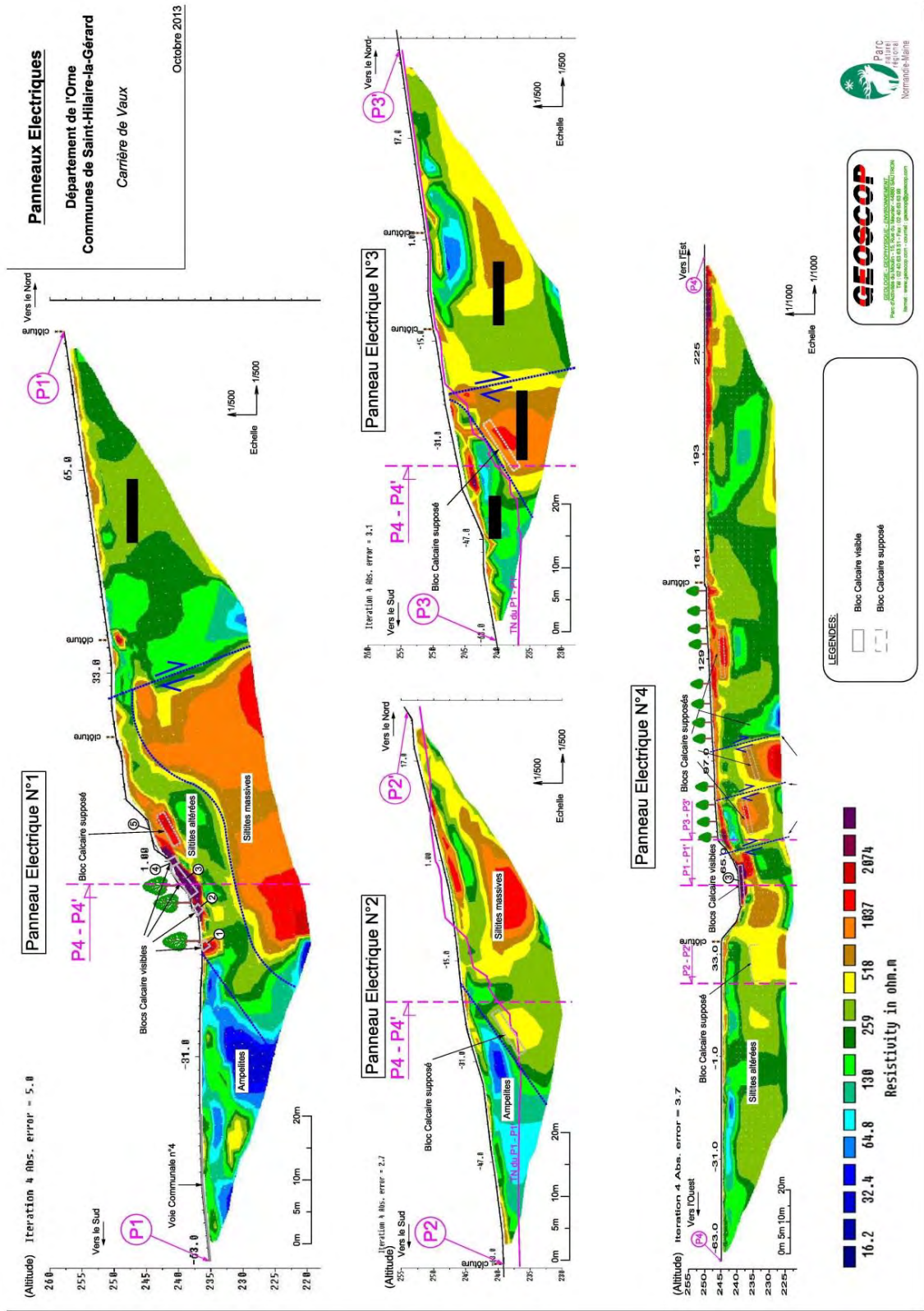
L'inclinaison des couches est parallèle à la pente topographique du versant, ce qui génère ici des surfaces d'affleurements rocheux (appelés « surfaces structurales ») correspondant aux faces supérieures des strates. La mesure systématique de l'inclinaison de ces surfaces montre une faible variation du pendage, avec des valeurs comprises entre 35° et 50° sud. Les bancs métriques de calcaires massifs, plus résistants que les schistes encaissants, sont affectés par une série de petites failles E-W qui interrompent ou décalent les bancs. Depuis le sommet du site et en se dirigeant vers le sud, on dénombre quatre failles inverses à faible rejet vertical (infra-métrique à métrique). En bas du site, une fracture orientée N110, 50°N porte des stries de friction subhorizontales (pitch de 30° vers le nord) indiquant un mouvement décro-chevauchant senestre.

Dans la partie est, la barre calcaire inférieure semble s'interrompre brutalement pour laisser place à des siltites. Cette disparition laisse supposer la présence d'une faille décrochante subméridienne comparable à celles cartographiées sur la carte géologique d'Alençon. Cette faille décalerait également le contact stratigraphique entre les siltites ordoviciennes et les

ampélites siluriennes sus-jacentes. Ces dernières constituent les affleurements schisteux noirs visibles dans le talus qui borde le chemin d'accès à la carrière. Dans les niveaux calcaires, on note également la présence de plusieurs familles de diaclases (cassures sans déplacement) formant un réseau orthogonal qui favorisa le débitage de ces calcaires en gros blocs parallélépipédiques.

Extension de la lentille calcaire

En 2013, une prospection géophysique (tomographie électrique de résistivité) a été réalisée (Geoscop), afin d'appréhender l'extension de la lentille calcaire. Quatre panneaux électriques ont été effectués (figure ci-après)

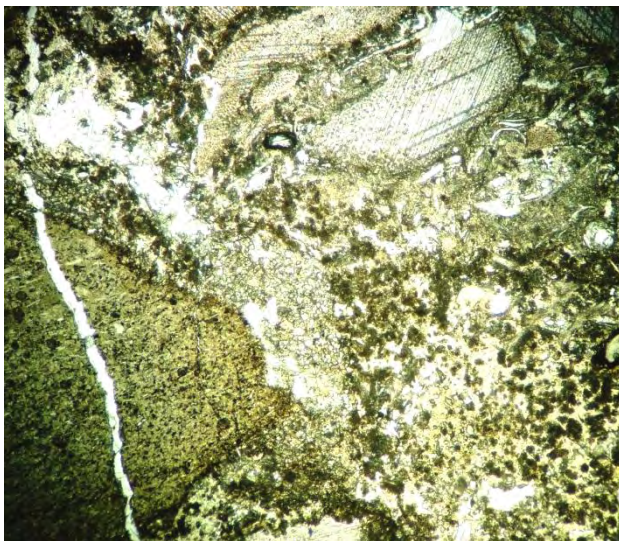


Ces quatre coupes de résistivité permettent d'établir des hypothèses quant à l'extension du calcaire : Il pourrait s'étendre à l'ouest (prolongement du banc 3 avec un état d'altération plus avancé) mais surtout à l'est. Le banc serait faillé selon deux failles décrochantes NNE-SSW. Son extension reste toutefois très limitée.

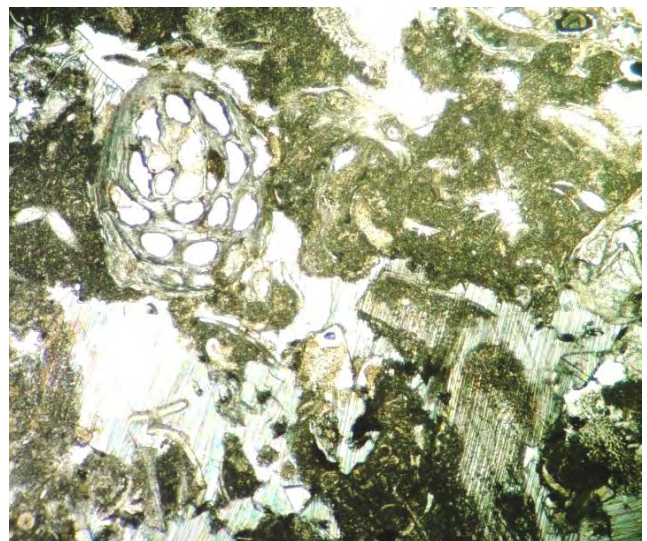
Description du microfaciès carbonaté

Les microfaciès du calcaire des Vaux ont été étudiés grâce à la réalisation de lames minces suite à des prélèvements réalisés sur deux bancs, à la base de la partie inférieure du banc, au contact de la surface d'érosion avec les schistes sous-jacents, à la base de la partie supérieure du banc et au sommet de la partie supérieure du banc (fig. ci-dessous).

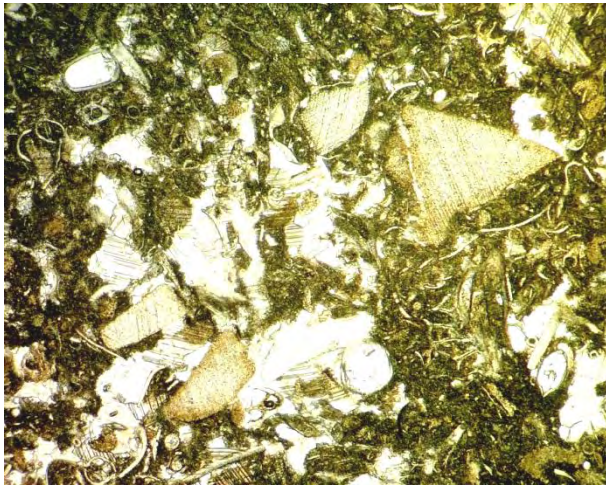
Les quatre lames minces étudiées présentent un microfaciès carbonaté comparable. Il s'agit d'un calcaire coquillier à débris de crinoïdes, bryozoaires et brachiopodes, dans une matrice micritique prédominante, à texture de wackestone/packstone (figure ci-après)



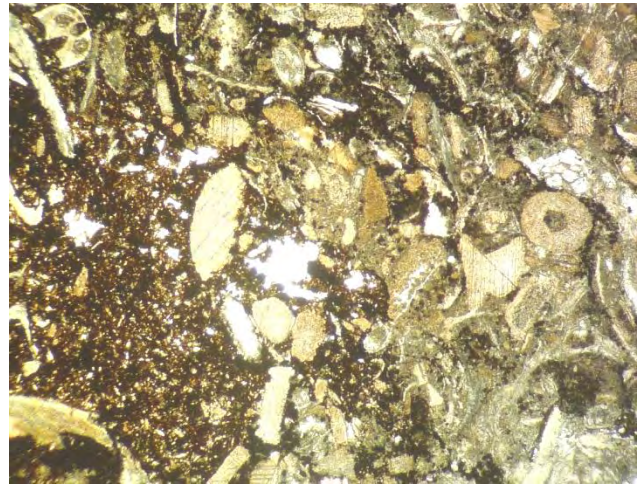
A - Base du banc calcaire, montrant sur la gauche un gravier recoupé par une fissure remplie de ciment calcitique (échantillon 5b)



B - Base du banc : calcaire coquillier à débris de crinoïdes et de bryozoaires (échantillon 5a)



C - Partie moyenne du banc : calcaire coquillier à débris de crinoïdes de taille variable et petits bioclastes indéterminables (échantillon 1)



D - Sommet du banc: calcaire coquillier à débris de crinoïdes et de bryozoaires, dans une matrice ferruginisée (échantillon 2)

Microfaciès du Calcaire des Vaux depuis la base jusqu'au sommet du banc calcaire (Echantillons 5a, 5b, 1 et 2)

Les bioclastes (environ 40 %) reconnus sont principalement des crinoïdes hétérométriques, souvent usés et cassés de plus rares plaques d'échinodermes, des bryozoaires usés et altérés, des brachiopodes désarticulés ponctués ou non et de tailles variables et de nombreux fragments bioclastiques de petite taille et indéterminables. La charge détritique reste insignifiante. La matrice (environ 50 %) est une boue micritique prédominante, secondairement ferruginisée. Le ciment sparitique peu représenté (<10%) est une calcite drusique, la calcite syntaxiale étant absente autour des fragments de crinoïdes. La faible porosité (<2%) de type intercrystalline provient de la dissolution du ciment calcitique. Ce microfaciès carbonaté est affecté de petits stylolithes soulignés par des liserés argilo-ferrugineux affectant à la fois la matrice et les crinoïdes. La base des calcaires ordoviciens est caractérisée par des graviers subarrondis d'une argilite à paillettes de micas.

Environnement de dépôt

Il s'agit d'un ancien sable coquillier boueux à entroques, bryozoaires et brachiopodes, de milieu marin. Ce sable ne présente pas de structures sédimentaires physiques (lamines, litages) ou biologiques (bioturbation). Le microfaciès de la lame mince de la base de la partie supérieure du banc correspond à un ancien sable fin homogène, mal trié, présentant des enchevêtrements de petits bioclastes. En revanche, la base du calcaire présente deux sous-faciès avec à la base, un microfaciès compacté avec de plus nombreux stylolithes préservant des crinoïdes, à texture de packstone alors que le sommet est un microfaciès avec des bioclastes plus grossiers à bryozoaires, crinoïdes à texture de wackestone. Il existe donc un granoclassement des sables

coquilliers, également visible à l'échelle macroscopique. La disparition des structures sédimentaires physiques s'explique par la compaction et la dissolution du matériel carbonaté.

Le matériel coquillier marin est rarement complet, les crinoïdes sont cassés et le plus souvent usés ; les brachiopodes sont toujours désarticulés ; les bryozoaires sont roulés et usés. Ce sable coquillier a été soumis à un transport et déposé dans un environnement marin de plate-forme externe.

Conodontes

Le calcaire des Vaux se caractérise par la présence de conodontes, microfossiles constitués d'éléments denticulés appartenant aux Conodontes, pré-vertébrés, apparu au cambrien et disparus au Trias supérieur. Ils présentent un intérêt majeur du fait de leur répartition mondiale, de leur gisement dans des faciès divers et surtout de leur évolution rapide : ce sont d'excellents fossiles stratigraphiques.

En 1977, Weyant *et al.* étudient les microfossiles et montrent la présence de Conodontes dans le Calcaire des Vaux. Ils identifient les Conodontes suivants :

Amorphognathus ordovicicus, *Ambalodus triangularis*, *Acodus similis*, *Oistodus niger*, *Tetraprioniodus superbus*, *Keislognathus gracilis*, *Ligonodina delicata*, *Trichonodella asymmetrica*, *Plectodina breviramea*, *Goniodontus superbus*, *Saggitodontus robustus*, *Saggitodontus dentatus*, *Saggitodontina separata*, *Depranodus altipes*, *Depranodus cf. similis*, *Panderodus sp.*, *Strachanognathus thuringensis*, *Istorinus erectus*, *Carniodus sp.*

La faune de conodontes appartient à la zone à *Amorphognathus ordovicicus* qui correspond à l'âge Hirnantien (ancien Ashgillien) et englobe peut-être aussi l'extrême sommet du Katien (ancien Caradocien).

Il retrouve cette même faune dans les fragments de calcaire contenus dans une autre formation, la Tillite de Feuguerolles, ce qui permet de préciser l'âge de celle-ci et de la mettre en relation avec le Calcaire des Vaux.

A l'échelle de l'Europe, on retrouve des calcaires d'âges semblables associés à des dépôts glacio-marins à l'Ouest de la France (Calcaire de Rosan en presqu'île de Crozon) et dans plusieurs pays européens (Allemagne, Espagne...). Le Calcaire des Vaux peut ainsi être relié à un phénomène de grande ampleur qui s'est déroulé au cours de l'Ordovicien et qui interpelle encore les scientifiques : l'apparition d'un épisode carbonaté au sein d'une sédimentation essentiellement terrigène, suivie par une glaciation et des dépôts glacio-marins dont l'origine reste encore problématique.

Le Calcaire des Vaux appartient à la zone à *Amorphognathus ordovicicus*. Cette faune a été identifiée dans différents calcaires en France et en Europe depuis les années 1950 :

- Keisley, Westmorland en Grande Bretagne (Rhodes, 1955),
- Kalkbank de Thuringe en Allemagne (Knüpfer, 1967),
- Urbana en Espagne (Fuganti et Serpagli, 1968),
- Chaîne Ibérique (Carls, 1975, Hafenrichter, 1979, Ferretti, 1992),
- Alpes Carniques autrichiennes (Schönlaub, 1969, 1979, 1980)
- Pyrénées centrales d'Espagne (Hartvelt, 1970),
- Rosan en Bretagne (Lindström et Pelhâte, 1971, puis Paris, Pelhâte et Weyant, 1981),
- Sardaigne (Helmcke et Kock, 1974, Ferretti et Serpagli, 1991),
- Libye (Bergström et Massa, 1979, 1987, 1992),
- Pays de Galles et Angleterre (Orchard, 1980),
- Bohemia (Ferretti, 1992).

Leur biozones, caractérise une « Province Méditerranéenne » qui correspond à une zone de dépôt de Conodontes dans laquelle *Amorphognathus ordovicicus* est un des Conodontes les plus représentés avec *Istorinus erectus* et deux autres Conodontes qui ne sont pas présents dans la faune du Calcaire des Vaux décrite par Weyant : *Sagittodontina robusta* et *Scabbardella altipes*.

En 1997, Ferretti et Barnes actualisent l'étude des Conodontes du calcaire de Thuringe par prélèvement d'une plus grande quantité de matériel et en tenant compte de la nouvelle classification.

L'analyse de cette dernière publication nous permet d'actualiser la faune du Calcaire des Vaux de manière cependant non exhaustive, tous les éléments conodontes identifiés par Weyant n'étant pas forcément contenus dans la faune du calcaire de Thuringe (tableau ci-après).

Espèces de Conodontes	I	II	III	IV	V	VI
<i>Acodus similis</i>	X	X	X			X
<i>Amorphognathus ordovicicus</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Carniodifom element</i>	X		X	X	X	
<i>Drepanodus cf. similis</i>	X					
<i>Hamarodus europaeus</i>	X			X	X	X
<i>Istorinus erectus</i>	X	X		X	X	
<i>Ligonodina delicata</i>	X					
<i>Panderodus sp.</i>	X					
<i>Plectodina breviramea</i>	X					
<i>Sagittodontina robusta</i>	X	X	X	X	X	X
<i>Scabbardella altipes</i>	X			X	X	X
<i>Tetraprioniodus superbus</i>	X	X				
<i>Trichonodella asymmetrica</i>	X	X	X			
Total	13	6	5	6	5	5

Tableau : Comparaison des Conodontes après actualisation.

I : Vaux ; II : Tillite de Feuguerolles ; III : Rosan ; IV : Thuringe ; V : Espagne ; VI : Grande Bretagne

La faune de la Tillite de Feuguerolles reste la plus proche de celle du Calcaire des Vaux mais la faune du calcaire de Thuringe, qui paraissait la plus éloignée auparavant avec seulement 3 éléments conodontes en commun, se retrouve au même niveau que la Tillite avec 6 Conodontes identiques.

Amorphognathus ordovicicus et *Sagittodontina robusta* sont les deux Conodontes présents dans les six calcaires étudiés ici. Suivent derrière *Scabbardella altipes*, *Istorinus erectus* et *Hamarodus europaeus*, qui correspondent aussi aux conodontes de référence de la Province Méditerranéenne.

Paris et al. (1981) et Ferretti et Barnes (1997) ont mis en évidence que la faune du calcaire de Rosan comprenait deux Conodontes supplémentaires, *Icriodella superba* et *Icriodina n. sp.* Ces Conodontes n'ont pas été recensés dans les faunes des calcaires de Thuringe, d'Espagne et des Vaux mais ils ont pu être identifiés dans les faunes des calcaires anglais et du Pays de Galles (Orchard 1980) ainsi que dans le calcaire des chaînes ibériques orientales (Carls 1975).

Ces légères différences mettent en évidence, selon Ferretti et Weyant, une différence d'âge : le calcaire de Thuringe semble être le plus vieux (Hirnantien inférieur) et le plus au Nord de la Province Méditerranéenne, les calcaires des Vaux et d'Espagne seraient sensiblement plus jeunes et ceux d'Angleterre et du Pays de Galles seraient les plus jeunes (Hirnantien moyen à supérieur).

Globalement, l'actualisation des données permet de renforcer les liens entre les différents calcaires européens, comme le soulignent Ferretti et Barnes (1997), mais aussi avec la Tillite de Feuguerolles.

Les travaux de Ferretti et al, publiés en 2014 rendent compte de la présence de plusieurs milliers d'éléments conodontes (dans les échantillons prélevés) représentant douze taxons (à un taxon correspond plusieurs multiéléments) : *Amorphognathus duftonus*, *Amorphognathus ordovicicus*, *Baltoniodus sp. (?)*, *Dapsilodus mutatus*, *Eocarniodus gracilis*, *Hamarodus brevirameus*, *Icriodella cf. superba*, *Istorinus erectus*, *Panderodus gracilis*, *Sagittodontia robusta*, *Scabbardella altipes*, *Walliserodus sp. (?)*.

Précisions sur l'âge et le paléo-environnement du Calcaire des Vaux :

La présence de *Amorphognathus ordovicicus*, *Amorphognathus duftonus*, et *Sagittodontia robusta*, montre que la faune est représentative de la zone *Amorphognathus ordovicicus* et peut-être (probablement) daté du milieu du Katien (stage slices = partie des étages, 3-4 de Bergström et al 2009).

Cf Tableau Bergström ci-dessous



ORDOVICIAN CHRONOSTRATIGRAPHIC CHART

International Subcommission on Ordovician Stratigraphy



GLOBAL		UNITED KINGDOM		NORTH AMERICA		BALTO SCANDIA		AUSTRALIA		CHINA		SIBERIA		MEDITERRANEAN & N. GONDWANA		Stage Slices (SS)	
SYSTEM	SERIES	STAGE	SERIES	STAGE	SERIES	STAGE	SERIES	STAGE	SERIES	STAGE	SERIES	STAGE	SERIES	STAGE	STAGE		
ORDOVICIAN	UPPER ORDOVICIAN	HIRNANTIAN	ASHGILL	HIRNANTIAN	CHINCINATIAN	GAMACHIAN	HARJU	PORKUNI		BOLINDIAN		HIRNANTIAN		Not distinguished	HIRNANTIAN (=KOSOVIAN)	Hi2	
				RAWTHEYAN CAUTLEYAN USOILLIAN		RICHMONDIAN		PIRGU								Hi1	
				STREFFORDIAN CHENEYAN		MATSVILLIAN EDENIAN		VORMSI NABALA									Ka4
						CHATFIELDIAN		RAKVERE OANDU KEILA									Ka3
	MIDDLE ORDOVICIAN	BURRELLIAN	CARADOC	BURRELLIAN	MOHAWKIAN	TURINIAN		HALJALA									Ka2
		AURELUCIAN		AURELUCIAN				KUKRUSE									U.
		LLANDEILIAN		LLANDEILIAN				UJAHKU									Ka1
		ABEREIDIAN		ABEREIDIAN				LASNAMAGI ASERI KUNDA									Sa2
	LOWER ORDOVICIAN	FENNIAN	ARENIG	FENNIAN	WHITEROCKIAN	CHAZYAN		VOLKHOV									Sa1
		WHITLANDIAN		WHITLANDIAN		Not distinguished											U.
		MORIDUNIAN		MORIDUNIAN				BILLINGEN									Dw3
		MIGNEINTIAN		MIGNEINTIAN				HUNNEBERG									U.
	TREMADOCIAN	CRESSAGIAN		CRESSAGIAN				VARANGU									Dw2
								PAKERORT									Dw1
																	Dp3
																	Dp2
																Dp1	
																Fi3	
																Fi2	
																Fi1	
																Tr3	
																Tr2	
																Tr1	

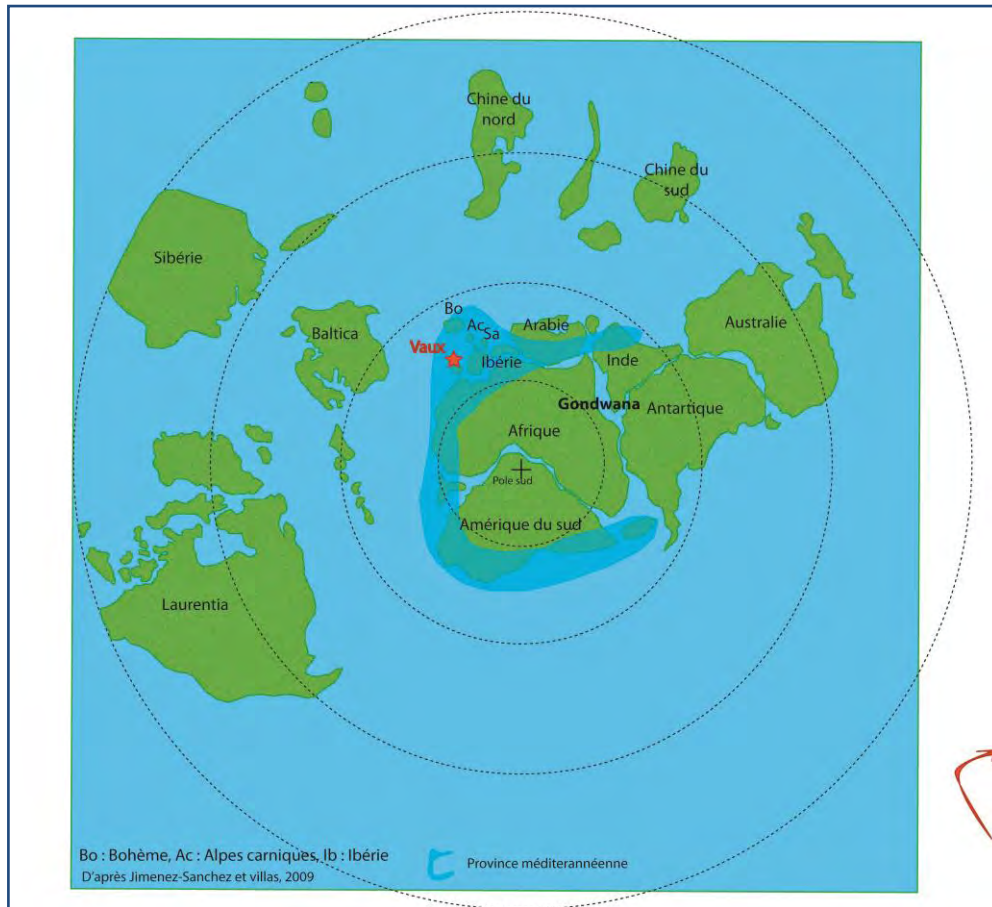
Des co-occurrences similaires à *Amorphognathus ordovicianus* et à *Amorphognathus duftonus*, s'observent également en Europe continentale : Alpes carniques, Sardaigne, Pologne, Espagne et probablement en Bohême (Ferreti 1988). La faune de conodontes des Vaux est remarquablement différente en diversité et composition de la faune contemporaine du milieu et de la fin du Katien de Grande Bretagne, tel le calcaire de Sholeshook du sud du Pays de Galles (Ferreti et al 2013, 2014) et du calcaire de Keisley au nord de l'Angleterre ainsi que du calcaire de Portrane en Irlande (Ferre et al 2014b).

La composition de la faune de conodontes indique qu'elle est représentée par le biofaciès *Sagittodontia robusta* - *Scabbardella altipes* de Sweet et Bergström (1984), qui est caractéristique de cet intervalle calcaire dans le sommet de l'Ordovicien en Europe continentale.

L'ensemble de ces travaux permettent d'émettre des hypothèses concernant le paléo environnement du calcaire des Vaux et de le resituer dans la paléogéographie de l'Ordovicien.

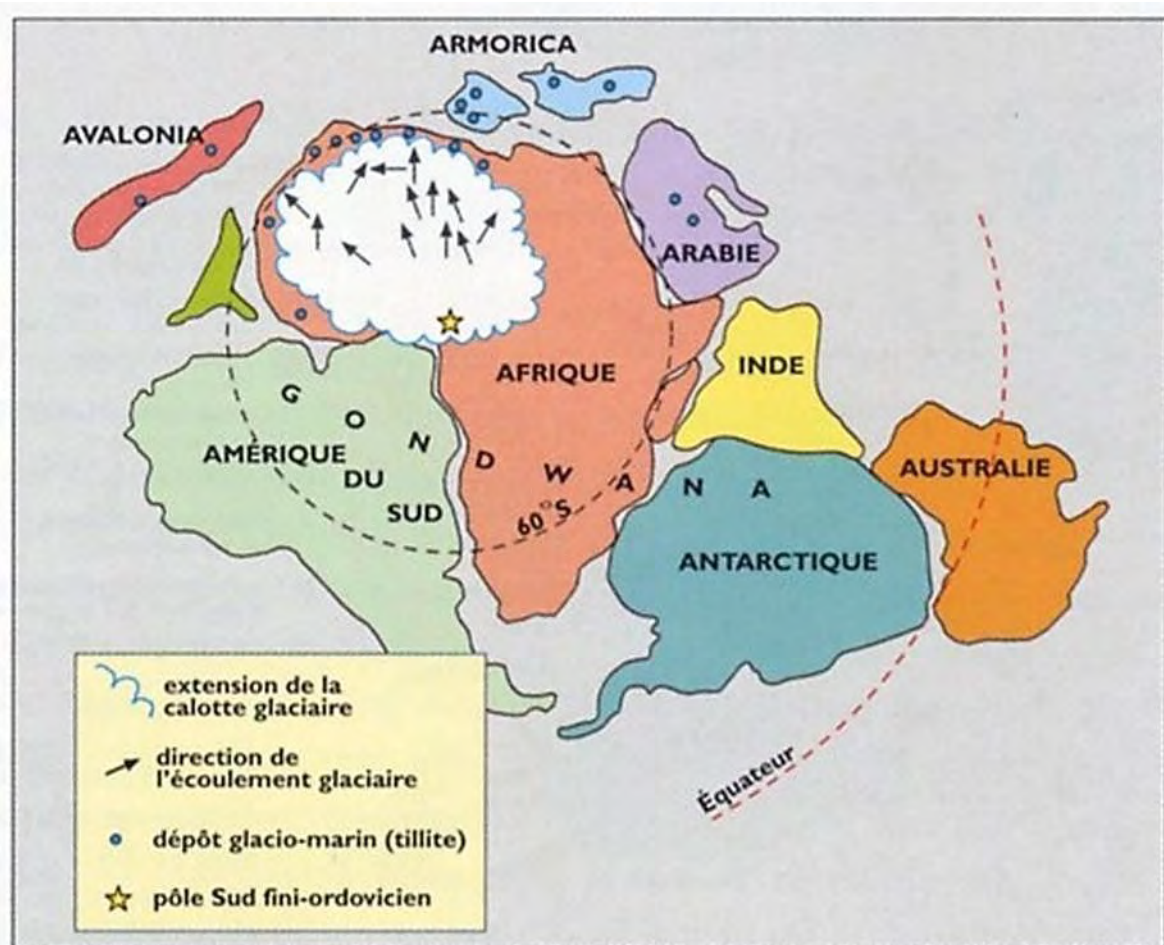
La Province Méditerranéenne, dans laquelle évoluaient les Conodontes de la zone à *Amorphognathus ordovicianus*, était circonscrite à la ceinture de hautes paléo-latitudes du continent Gondwana.

Des études très récentes de la faune de Bryozoaires de l'Ordovicien (Jimenez-Sanchez et Villas, 2009) ont permis de délimiter l'emprise hypothétique de la Province Méditerranéenne (figure ci-dessous)



Pour ces auteurs, l'apparition de cette province serait due à un réchauffement climatique, le « Boda event » (Fortey et Cocks, 2005) qui aurait eu lieu avant la glaciation fini-ordovicienne (fig ci-dessous), soit à la fin du Katien. Les calcaires ordoviciens seraient donc les témoins de ce réchauffement climatique temporaire.

Cependant, cette hypothèse est toujours discutée car pour la majorité des auteurs cités précédemment, ces calcaires doivent être considérés comme des « calcaires froids », témoins des prémices du changement climatique lié à la glaciation fini-ordovicienne.



Historique des connaissances scientifiques

Le Calcaire des Vaux est décrit pour la première fois à la fin du XIX^{ème} siècle par le géologue normand Alexandre Bigot (1891). Il attribue à cet affleurement, de manière intuitive et notamment sans argument paléontologique, un âge Ordovicien.

En 1952, Dangeard et Letullier étudient la faune macroscopique de ce calcaire et les conclusions de leurs analyses attribuent au Calcaire des Vaux un âge Dévonien inférieur (Aéronien, ancien Siegénien).

Robardet, en 1967, ne remet pas en cause l'âge du Calcaire des Vaux mais essaie de comprendre par une étude structurale comment ce calcaire du Dévonien inférieur a pu être mis en contact avec des terrains datés du Silurien inférieur voire même de l'Ordovicien supérieur.

C'est en 1977 que Weyant, Doré, Le Gall, et Poncet déterminent plus précisément l'âge du Calcaire des Vaux en étudiant les microfossiles qu'il contient et lui attribuent un âge Hirnantien (ancien Ashgillien).

Ferretti et al, prélève en 2006 et 2007 du calcaire des Vaux. Les résultats publiés en 2014 précise l'âge du calcaire (milieu du Katien à l'Hirnantien inférieur) en utilisant la faune de conodontes présente.

En 2010 l'Université de Brest (Vidal M.) prélève du calcaire des Vaux afin de le comparer à celui de Rozan en presqu'île de Crozon (recherche d'éventuelles traces de volcanisme). Résultats en attente

En 2011, une étude géologique de la carrière des Vaux (Avoine et al.) décrit les formations présentes et actualise la faune de conodontes au regard de la nouvelle classification.

En 2016, étudiant en Master de l'Université de Rennes I s'intéresse au calcaire de Vaux (résultats en attente)

Patrimoine géologique

Site de l'inventaire du patrimoine géologique BNO0003 : Calcaire ordovicien des Vaux

Intérêt patrimonial : 2**/3*** (note de 25/ 54)

Intérêt géologique principal :

- stratigraphie : rare affleurement ordovicien en France, présentant une microfaune de Conodontes caractéristique de l'Ashgillien.

Intérêts géologiques secondaires

- paléontologie : Microfaune de conodontes caractéristiques de l'Ashgillien, ayant permis de rapprocher ce gisement d'autres affleurements calcaires européens (Espagne, Suède...).
- Sédimentologie : dans le contexte de la vaste plate-forme siliciclastique de l'Ordovicien armoricain, bref épisode de sédimentation carbonatée.

Site classé en Réserve Naturelle Régionale (RNR géologique de Normandie-Maine) fin 2009 pour protéger des affleurements calcaires d'âge ordovicien et la microfaune fossile de conodontes qu'ils renferment. Elle a également vocation à devenir une réserve multi sites. Elle a pour objet la protection d'un ensemble de sites géologiques patrimoniaux du territoire du PNR Normandie-Maine en Basse-Normandie, qui intégreront la réserve au fil du temps.

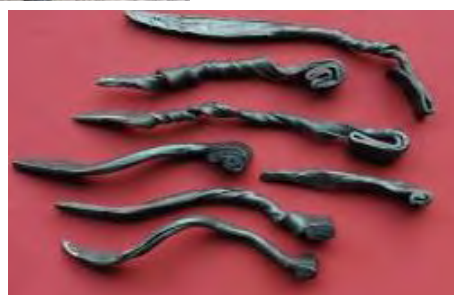
Outre la protection sensu stricto du patrimoine, une réserve naturelle a également des objectifs d'amélioration de la connaissance et de valorisation pédagogique. Ils sont appréhendés dans un plan de gestion (établi pour 10 ans pour les RNR Normandes) et déclinés en opérations.

« Un enjeu fort est l'amélioration de la connaissance du patrimoine géologique, tant pour optimiser sa préservation, que pour connaître son extension ou sa formation. Le patrimoine géologique présente également un enjeu vis à vis de la recherche scientifique, notamment sur la faune à Conodontes. Des enjeux secondaires d'amélioration des connaissances de la biodiversité existent notamment sur la faune et la flore liées au bois mort et aux affleurements rocheux. Des recherches sur l'histoire de l'exploitation de cette pierre représentent également un enjeu pour la réserve. » (Extrait plan de gestion 2012-2019).

La mise en œuvre des opérations afférentes a notamment permis la réalisation d'une prospection géophysique, d'inventaires biodiversité (insecte xylophages), bryophytes...

« Les enjeux pédagogiques concernent en priorité la valorisation du patrimoine géologique. La thématique de la géologie et la lisibilité intrinsèque des objets géologiques présents rendent l'interprétation délicate. C'est l'un des enjeux importants de la réserve, un véritable challenge. Les enjeux pédagogiques concernent également la sensibilisation du public à la conservation du patrimoine et à des comportements respectueux (prévention des prélèvements). Un autre enjeu de la réserve est également de contribuer à son échelle à l'aménagement durable du territoire et de s'intégrer dans le développement local. » (Extrait plan de gestion 2012-2019).

Ils se traduisent en ce début de plan de gestion par des animations in situ et ex situ, la réalisation de panneaux pédagogiques... (cf photos ci-après)



Références bibliographiques :

AUBRON Isabelle, (2011).- Réserve Naturelle Régionale géologique de Normandie-Maine. (Carrière des Vaux) : Plan de gestion 2012-2019. Rapport réalisé par le Parc naturel régional Normandie-Maine pour le compte de la Région Basse-Normandie : 150 p.

AVOINE J., DUGUE O., DUPRET L., HUTEAU M., (2011).- Etude géologique de la carrière des Vaux (Saint-Hilaire-la-Gérard, Orne). APGN, PNR Normandie-Normandie, Rap. Et., 42 p.

Collectif (2011).- Inventaire du Patrimoine géologique 2011 ; Site BN0 003 calcaire ordovicien des Vaux (St Hilaire la Gérard) ; DREAL de Basse Normandie ; 5p

DASSIBAT C., DORÉ F., KUNTZ G., TALBO H., LE GALL J., RIOULT M., VERRON G., BAMBIER A., VERAGUE J., (1982) –Notice explicative de la feuille d’Alençon (251) à 1/50 000 de la Carte géologique de la France. BRGM, Orléans, 106p.

DORE F., LE GALL J. et RIOULT M. (1995) – Inventaire géologique et pédologique du Parc naturel régional Normandie-Maine. Rapport du laboratoire de géologie armoricaine, Université de Caen, PNR Normandie-Maine 48 p.

FERRETTI A., MESSORI A., BERGSTRÖM S. M. (2014) Composition and significance of the Katian (Upper Ordovicien) conodont fauna of the Vaux limestone (calcaire des Vaux) in Normandy, France. *Rstonian Journal of Earth Sciences*, 63, 4, pp. 214-2019.

GEOSCOPE (2013) – Imagerie géophysique de la formation du calcaire des Vaux par tomographie électrique de résistivité. 13p.

Carte géologique du PNR Normandie-Maine

