

Géologie et paléontologie en Ajoie : prospection dans des couches jurassiques

Autor(en): **Comment, Gaël / Paratte, Géraldine**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Actes de la Société jurassienne d'émulation**

Band (Jahr): **116 (2013)**

PDF erstellt am: **26.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-684630>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Géologie et paléontologie en Ajoie : prospection dans des couches jurassiques

Gaël Comment et Géraldine Paratte

Depuis près de deux siècles, la richesse du sous-sol jurassien fascine les géologues et paléontologues, qu'ils soient professionnels ou amateurs. Des travaux de fouille réalisés depuis plusieurs années sur le tracé de la Transjurane (A16) par la section de paléontologie ont donné l'opportunité d'accomplir conjointement des investigations sur différents sites hors tracé. Le but principal était de prospecter des zones qui n'avaient pas été exploitées, afin de confirmer l'étendue et la présence des couches dignes d'intérêt paléontologique.

Par la suite, afin de planifier et situer les emplacements les plus intéressants pour une mise en valeur, il est devenu essentiel de déterminer, dans le terrain, la position exacte et les conditions d'exploitation de quelques strates définies. Cinq niveaux ont ainsi été préférentiellement recherchés en Ajoie ; deux couches marneuses très riches en fossiles (Marnes du Banné et Marnes à virgula) et trois intervalles à traces de dinosaures (Membre de Courtedoux). Dans cette optique, des campagnes de sondages prospectifs (ouverture, détermination, remblayage immédiat) ont été effectuées. Cette étude s'oriente principalement sur la recherche, la position, le contexte géologique et paléontologique de ces niveaux-cibles. Ces travaux ont permis l'élaboration de fiches descriptives détaillées de différents sites et d'une carte géologique synthétique focalisée sur la région de Courtedoux.

Historique

Les premières observations lithologiques dans la chaîne du Jura remontent au XVIII^e siècle déjà. C'est cependant au début du XIX^e siècle que la stratigraphie de cette région intéresse réellement les spécialistes tels que Jules Thurmann, Frédéric-Louis Koby, Amanz Gressly, Jean-Baptiste Greppin, Charles Louis Contejean, Louis Agassiz et Louis Rollier. Toutefois, jusqu'à

dernièrement, seule une documentation limitée à de rares affleurements naturels, des forages isolés et quelques carrières étaient à disposition. Depuis une dizaine d'années, la motivation de différentes institutions a donné une nouvelle impulsion à la paléontologie régionale.

La Fondation paléontologique jurassienne

Etablie à Glovelier, la Fondation paléontologique jurassienne (FPJ) a été créée en 2002. Elle a constitué une collection remarquable de plus de quarante mille fossiles, fouillés, préparés et identifiés, tout en disposant d'une connaissance approfondie de la paléontologie et de la géologie régionales. Elle oriente principalement ses activités vers le développement de la paléontologie dans la région.

La Paléontologie A16

Aujourd'hui intégrée à l'Office de la culture, la Paléontologie A16 (PAL A16) constituait dans sa phase initiale un projet pilote dans le domaine de la paléontologie à l'échelle de la Suisse et de l'Europe lors de sa création en février 2000. Selon les termes de la législation fédérale sur les routes nationales, la Transjurane et par là même la Section d'archéologie et paléontologie (SAP) sont financées à 95 % par la Confédération et à 5 % par la République et Canton du Jura. Le mandat de la PAL A16 consiste à sauvegarder, documenter et étudier tout objet paléontologique d'importance patrimoniale fouillé le long du futur tracé autoroutier (Fig. 1). Après l'achèvement



Fig. 1 : Vue aérienne, en direction du nord, sur le tracé de l'autoroute A16 entre le viaduc du Creugenat et le tunnel de Bure, communes de Courtedoux et Chevenez.

des travaux de fouille en 2011, les années 2012 à 2018 s'orientent vers la gestion de la documentation et des collections, l'exploitation scientifique des données, et enfin la transmission de l'ensemble de cet héritage à la République et Canton du Jura.

Le projet Paléojura et JURASSICA

Afin de mettre en valeur les richesses paléontologiques et géologiques cantonales, le projet Paléojura est instauré par les autorités jurassiennes en 2008. Un crédit-cadre entre en vigueur pour une première période de trois ans. Rattaché à l'Office de la culture, ce projet s'inscrit comme une démarche complémentaire aux opérations de sauvegarde du patrimoine menées dans le cadre des financements fédéraux, permettant la valorisation scientifique et la communication au grand public de ce patrimoine (journées portes ouvertes sur le terrain, sentier didactique, colloques scientifiques, ateliers pédagogiques, expositions). Outre la collaboration avec la PAL A16, les activités de Paléojura se sont déployées en lien avec le Musée jurassien des sciences naturelles de Porrentruy (MJSN), institution cantonale basée à Porrentruy. Un crédit complémentaire a été validé par les députés jurassiens en juin 2012 et la Fondation Jules Thurmann a été constituée à Porrentruy en septembre de cette même année. Depuis 2014, cette nouvelle entité, sous l'appellation institutionnelle JURASSICA, prendra le relai de l'Office de la Culture et intégrera les missions et les activités de Paléojura ainsi que celles du Musée jurassien des sciences naturelles et de son Jardin botanique.

Dans le futur, la construction d'un musée et d'un centre de gestion des collections est prévue pour l'accueil des visiteurs et des objets des collections historiques du MJSN et ceux issus des fouilles paléontologiques et archéologiques de l'A16. Les nouvelles infrastructures prévoient également un parc paléontologique à Courtedoux et Chevenez mêlant visite de sites fossilifères et balades en nature, la mise en valeur d'un site à traces de dinosaures à Porrentruy, la promotion du Jardin botanique, ainsi que l'ouverture d'un site de fouilles dans des couches très fossilifères sur la colline du Banné à Porrentruy. Afin de perpétuer les synergies mises en place jusqu'à présent avec les milieux universitaires, JURASSICA souhaite développer pour la région un pont universitaire actif. Un Service scientifique auxiliaire en géosciences sera mis à disposition des hautes écoles suisses et étrangères. La mise en place d'une telle structure garantira aussi l'accès pour les chercheurs externes et étudiants aux collections paléontologiques jurassiennes, tout en offrant un cadre adéquat et formateur pour les techniques de gestion, de préparation et de conservation des fossiles.

Toutes ces démarches représentent assurément un potentiel de développement pour la région et contribueront à son essor, en combinaison avec la

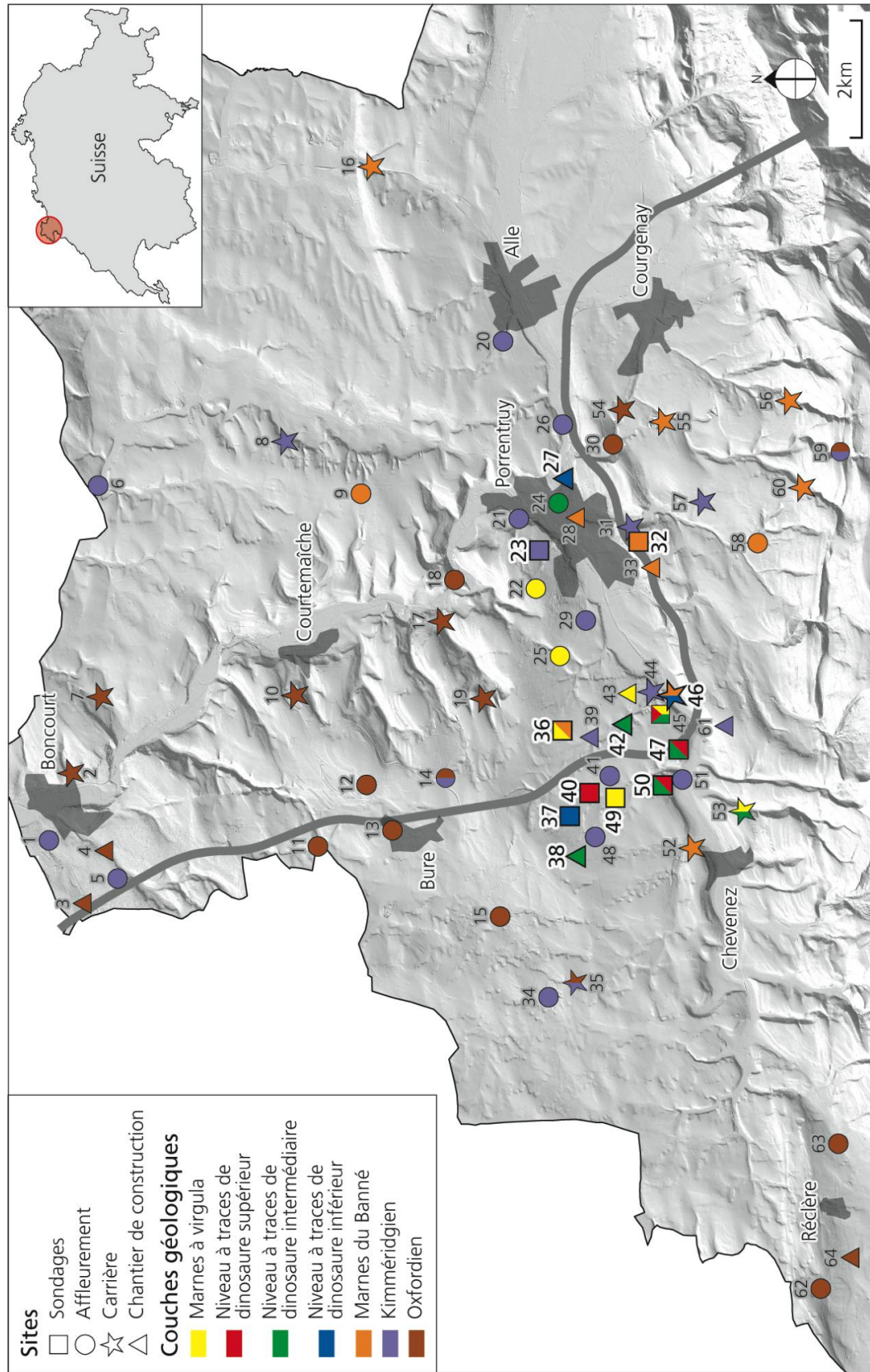


Fig. 2: Localisation des sites investigués. Les sites traités sous forme de fiches descriptives dans le chapitre « Résultats » sont mis en évidence.

réalisation de la gare TGV à quelques kilomètres de la frontière et l'ouverture complète de l'autoroute A16, reliant l'Ajoie au réseau européen.

Contexte géologique et stratigraphique

Pour des raisons scientifiques et pratiques, le plateau de Courtedoux et les régions de Chevenez et de Porrentruy ont été prospectés spécifiquement. L'emplacement des sites investigués est illustré dans la figure 2.

Géologie

La région d'étude se situe à la transition entre les premiers Plateaux subhorizontaux (Jura tabulaire) au nord et les derniers anticlinaux de la Haute-Chaîne (Jura plissé) au sud (Fig. 4). Ce contexte offre une configuration intéressante, puisque les couches présentent un pendage quasiment nul, ce qui facilite les recherches et l'étude des surfaces.

Au Jurassique supérieur (Malm), la région jurassienne se présente sous forme d'un haut-fond séparant deux bassins océaniques, la Téthys au sud-est et le Bassin de Paris au nord-ouest. Les zones émergées principales, généralement des massifs cristallins, se situent au nord-est (Massifs de Londres et de Brabant) et au sud-ouest (Massif Central) (Fig. 5). Durant cette période, la région de l'actuel Jura était une vaste plate-forme carbonatée peu profonde dont l'éventail des dépôts était réparti entre la plage, le lagon et les récifs coralliens.

Stratigraphie

La puissance sédimentaire du Jurassique supérieur touchée par la construction de l'A16 en Ajoie est estimée à environ 350 m de strates accumulées et s'étend de l'Oxfordien moyen (région de Buix, Boncourt) au Kimméridgien supérieur (région de Courtedoux, Chevenez et Porrentruy). Appartenant au Kimméridgien, les cinq niveaux remarquables plus spécifiquement étudiés (Fig. 6) sont contenus dans un intervalle stratigraphique de 50 m d'épaisseur représentant un temps total d'un million d'années environ. Il appartient à la Formation de Reuchenette et s'étend chronologiquement des Marnes du Banné à la base, aux Marnes à *virgula* au sommet. Entre ces deux niveaux très fossilifères, se trouve le Membre de Courtedoux connu pour sa richesse en traces de dinosaures ^{2,3}. Cette séquence atteste d'alternances de périodes prolongées d'émersion et d'immersion de la plate-forme carbonatée jurassienne.

N°	Commune	Lieu-dit	Abréviation	Coordonnées	Type de travaux	N°	Commune	Lieu-dit	Abréviation	Coordonnées	Type de travaux
1	Boncourt	Clavières	BON-CLA	567 250 / 260 770	Affleurement	33	Porrentruy	Oiseler	POR-OIS	571 900 / 250 500	Chantier de construction
2	Boncourt	Combe de la Vigne	BON-CVI	568 400 / 260 400	Carrière	34	Falvy	Péqui	FAH-PEQ	564 573 / 252 245	Affleurement
3	Boncourt	Charmas	BON-CRM	566 170 / 260 200	Chantier de construction	35	Falvy	Rotte	FAH-ROT	564 800 / 251 800	Carrière
4	Boncourt	Combe Feuillerée	BON-CFL	567 070 / 259 830	Chantier de construction	36	Courtedoux	Nova	CTD-NOV	569 125 / 252 000	Sondages
5	Boncourt	Coires	BON-COI	566 600 / 259 600	Affleurement	37	Courtedoux	Champs lannays	CTD-CTA	567 700 / 251 825	Sondages
6	Lugnez	Bois Moront	LUG-BOM	573 305 / 259 930	Affleurement	38	Courtedoux	Theodoncourt	CTD-TEO	566 975 / 251 770	Chantier de construction
7	Buix	Crepes	BUJ-CRP	569 700 / 259 900	Carrière	39	Courtedoux	Sylleux	CTD-SYL	569 005 / 251 545	Chantier de construction
8	Coeuve	Dos Longeat	COE-DLG	574 060 / 256 745	Carrière	40	Courtedoux	Pommerat	CTD-PMM	568 060 / 251 540	Sondages
9	Coeuve	Sur le Mont	COE-SMT	573 170 / 255 445	Affleurement	41	Courtedoux	Bois d'Estai	CTD-BES	568 350 / 251 200	Affleurement
10	Courtemaièche	Sur Monteni	CTM-SMO	569 725 / 256 575	Carrière	42	Courtedoux	Oratoire	CTD-ORA	569 225 / 250 980	Chantier de construction
11	Bure	Vies de Maira	BUR-VDM	567 150 / 256 180	Affleurement	43	Courtedoux	Sur la Côte	CTD-SLC	569 750 / 250 900	Chantier de construction
12	Bure	Tchertau	BUR-TCT	568 200 / 255 350	Affleurement	44	Courtedoux	Les Combes	CTD-CBS	569 750 / 250 500	Carrière
13	Bure	La Terrière	BUR-LTR	567 420 / 254 910	Affleurement	45	Courtedoux	Dessus-Latchire	CTD-DLA	569 450 / 250 285	Sondages
14	Bure	Combattes	BUR-CBT	568 300 / 254 000	Affleurement	46	Courtedoux	Latchire	CTD-LAT	569 590 / 250 225	Carrière
15	Bure	Bois de Bure	BUR-BBU	565 950 / 253 070	Affleurement	47	Courtedoux	Plage	CTD-PLA	568 800 / 250 020	Sondages
16	Vendincourt	Ecorehevez	VEN-ECO	578 750 / 255 275	Carrière	48	Chevenez	Patenôtre	CHE-PAT	567 310 / 251 450	Affleurement
17	Courchavon	Bois de Sapin	CHV-BSP	570 985 / 254 075	Carrière	49	Chevenez	Genevroyes	CHE-GEV	567 980 / 251 100	Sondages
18	Courchavon	Sur le Tunnel	CHV-SLT	571 700 / 253 850	Affleurement	50	Chevenez	Sur Côte de l'Homme	CHE-SCH	568 190 / 250 290	Sondages
19	Courchavon	Combe Cécile	CHV-CCL	569 670 / 253 365	Carrière	51	Chevenez	Coiratte	CHE-COT	568 290 / 250 000	Affleurement
20	Alle	Entre les Vies	ALL-ELY	575 770 / 253 020	Affleurement	52	Chevenez	Scierie	CHE-SCI	567 120 / 249 800	Carrière
21	Porrentruy	Bellevue	POR-BEL	572 740 / 252 750	Affleurement	53	Chevenez	La Combe	CHE-CHV	567 745 / 248 945	Carrière
22	Porrentruy	Waldegg	POR-WAL	571 550 / 252 460	Affleurement	54	Courgenay	Bas d'Hermont	CGN-BDH	574 600 / 251 000	Carrière
23	Porrentruy	Château	POR-CTU	572 200 / 252 400	Sondages	55	Courgenay	Serroye	CGN-SRR	574 400 / 250 300	Carrière
24	Porrentruy	Maletière	POR-MAL	573 010 / 252 075	Affleurement	56	Courgenay	Alombre	CGN-ALO	574 750 / 248 150	Carrière
25	Porrentruy	Rougeterre	POR-RTR	570 400 / 252 050	Affleurement	57	Fontenais	Vabetcha	FON-VAB	573 025 / 249 625	Carrière
26	Porrentruy	Roche de Mairs	POR-RDM	574 350 / 252 000	Affleurement	58	Fontenais	Tremolay	FON-TRM	572 325 / 248 675	Affleurement
27	Porrentruy	Centre professionnel	POR-CPP	573 420 / 251 985	Chantier de construction	59	Fontenais	Chemin Paulin	FON-PAU	573 870 / 247 265	Affleurement
28	Porrentruy	Esplanade	POR-ESD	572 755 / 251 784	Chantier de construction	60	Fontenais	Combe Noz	FON-NOZ	573 270 / 247 925	Carrière
29	Porrentruy	Bouloie	POR-BLO	571 005 / 251 610	Affleurement	61	Bressaucourt	Aerodrome	BRE-AER	569 200 / 249 250	Chantier de construction
30	Porrentruy	Voyeboeuf	POR-VBF	574 010 / 251 145	Affleurement	62	Damvant	Perehet	DAV-PCT	559 600 / 247 600	Affleurement
31	Porrentruy	Rasse	POR-RAS	572 600 / 250 850	Carrière	63	Réclère	Sous la Clef	REC-SCL	562 075 / 247 300	Affleurement
32	Porrentruy	Banné	POR-BAN	572 350 / 250 700	Sondages	64	Réclère	Sous la Vie	REC-SVI	560 125 / 247 095	Chantier de construction

Fig. 3: Liste des sites investigués illustrés dans la figure 2. Les sites traités sous forme de fiches descriptives dans le chapitre « Résultats » sont surlignés en gris.

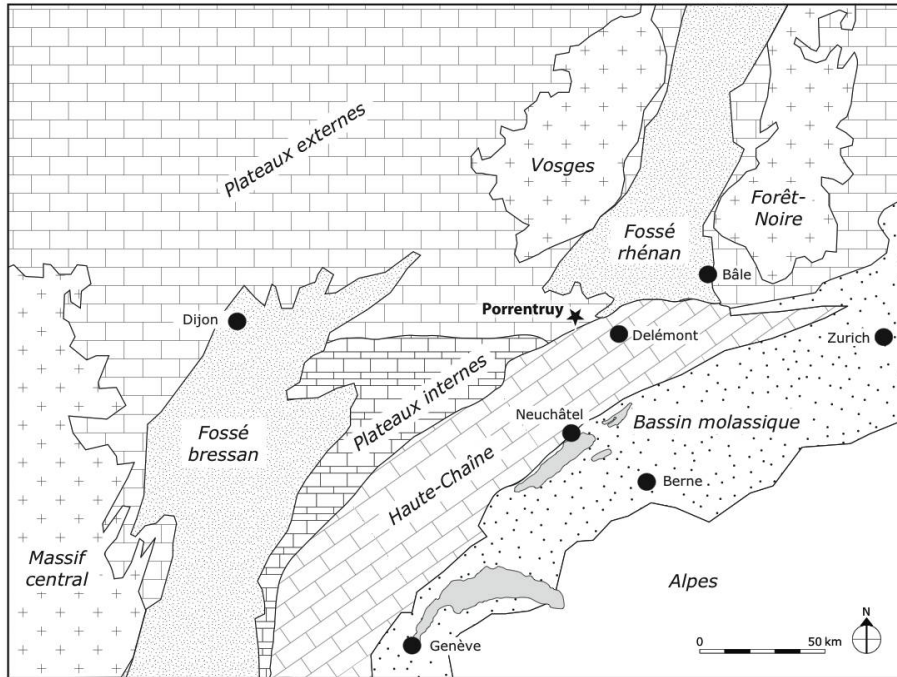


Fig. 4: Carte géologique générale. L'étoile indique l'emplacement de Porrentruy.

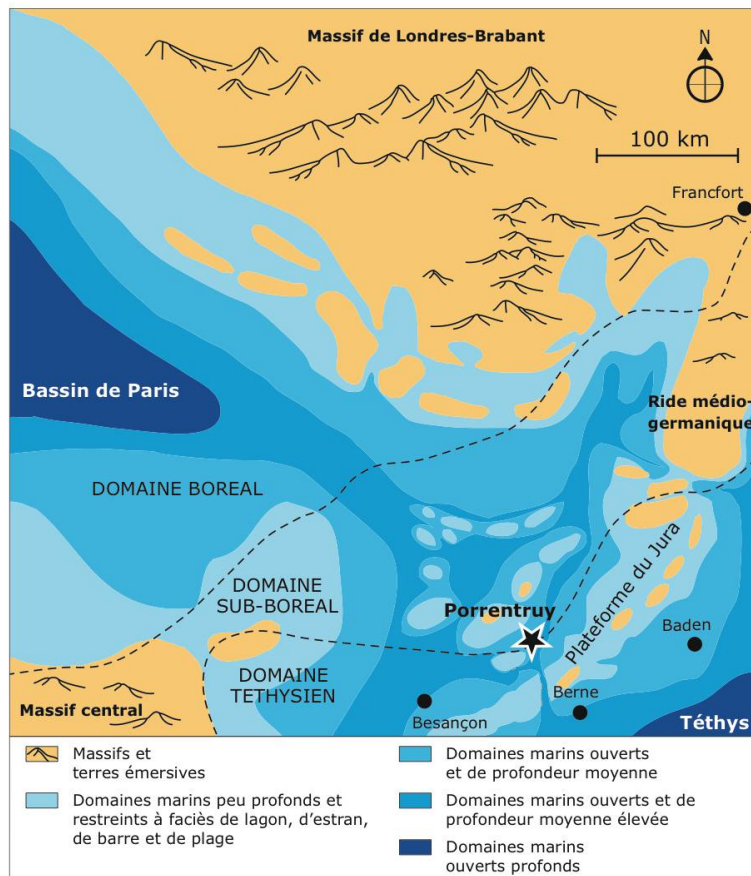


Fig. 5: Carte paléogéographique de la région au Jura (modifiée d'après ¹⁾).

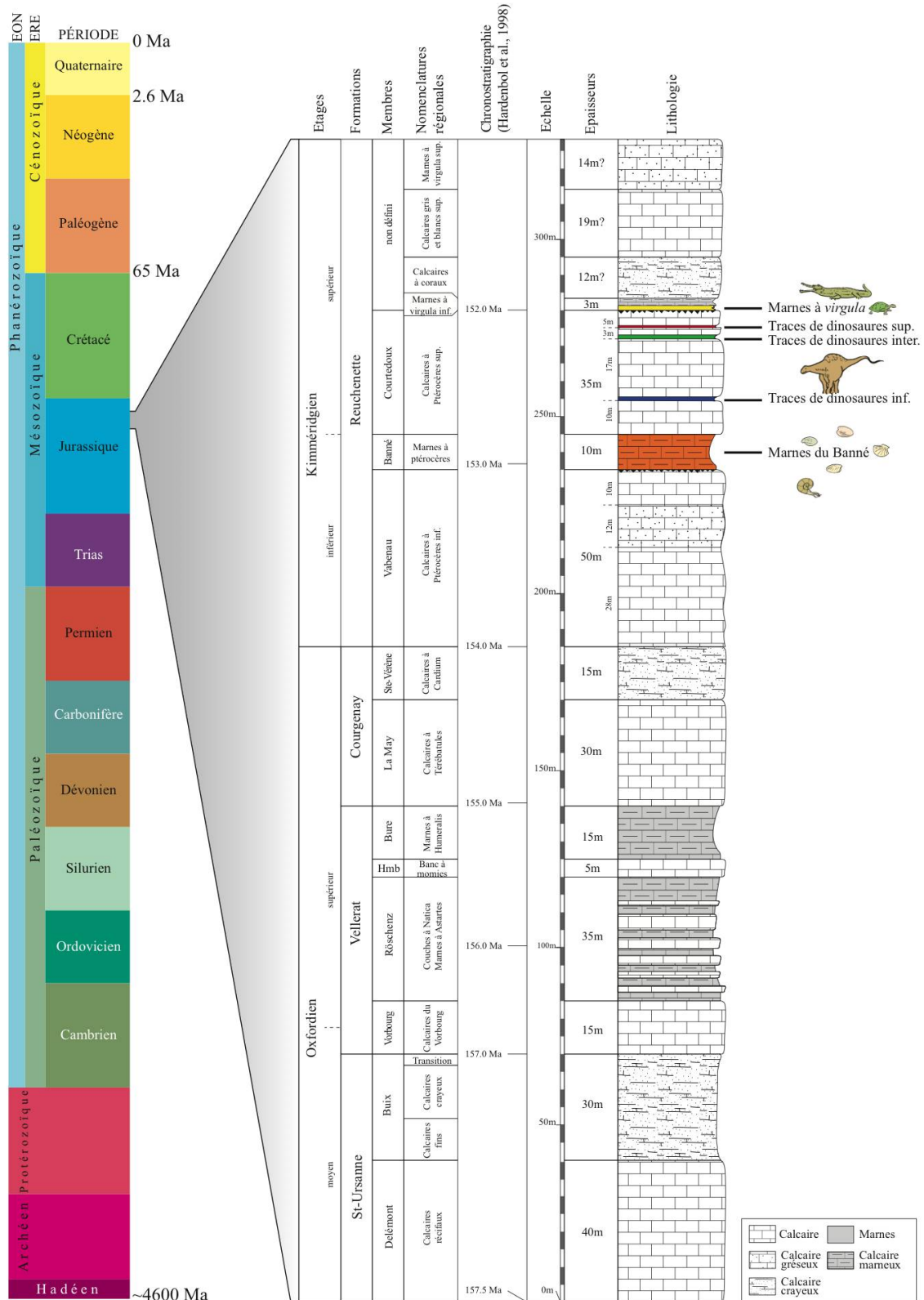


Fig. 6: Coupe stratigraphique des niveaux du Jurassique supérieur découverts le long du tracé A16 en Ajoie. Les principaux niveaux étudiés et recherchés sont mis en évidence.

Marnes du Banné

Décrit vers 1840 dans les environs de Porrentruy par Jules Thurmann^{4, 5}, ce niveau, d'une épaisseur de cinq à onze mètres en Ajoie, porte encore aujourd'hui, dans la nomenclature géologique, son nom d'origine : Marnes à ptérocères du Banné.

Ces dépôts ont été colonisés par divers organismes que l'on retrouve aujourd'hui sous forme de fossiles. Les Marnes du Banné présentent une faune extrêmement riche en invertébrés (bivalves, gastéropodes, brachiopodes, oursins, etc.). Des restes d'ossements de vertébrés (tortues, crocodiles, etc.) et des dents (crocodiles, poissons, etc.) peuvent être découverts, mais la probabilité est plus faible. Ces sédiments se sont déposés jadis dans un environnement de type lagon peu profond (~10m), au sein d'une plate-forme carbonatée parcourue de chenaux. Sur le terrain, les variations du niveau marin peuvent être observées par une alternance de couches très marneuses et d'autres plus calcaires. Les premières se sont déposées lors d'une augmentation du niveau marin et par conséquent dans une phase d'inondation de la plate-forme, permettant la distribution plus ou moins homogène de sédiments argileux provenant des massifs cristallins du nord. Les suivantes se sont, elles, accumulées durant une phase au cours de laquelle les apports sédimentaires étaient moins importants et la production de calcaire plus forte.

En direction de la Vallée de Delémont et du Jura bernois, la puissance de cette unité géologique diminue, réduite à une fine couche fossilifère d'environ 2 m, et perd progressivement son caractère marneux.

Niveaux à traces de dinosaures

En février 2002, une campagne de sondages sur la commune de Courtedoux a révélé les premières empreintes de dinosaures en Ajoie. A ce jour, plus de quatorze mille traces découvertes sur quarante couches d'âges différents ont été documentées et datées du Kimméridgien supérieur (-152 Ma). Elles sont organisées en plus de six cents pistes (une piste est la succession d'au moins trois empreintes appartenant à un même individu).

La plage jurassienne a été foulée par des dinosaures appartenant à deux groupes au moins. Les sauropodes, herbivores et quadrupèdes au corps massif soutenu par quatre solides membres en forme de piliers, possédaient une queue et un cou allongés, cou terminé par une tête proportionnellement petite. L'empreinte de leurs pattes postérieures est ovale et celle de leurs pattes antérieures en demi-cercle. Les théropodes, carnivores et bipèdes, ont laissé des empreintes tridactyles (à trois doigts), dont les marques de griffes ou de phalanges sont visibles sur les traces les mieux préservées. Les multiples empreintes retrouvées prouvent que des dinosaures se sont alors

promenés en bordure de plage tout en imprimant leurs pas dans une boue calcaire. Grâce à des conditions environnementales et climatiques particulières (sable boueux riche en tapis microbien, température chaude, aridité), ces marques ont séché et durci, autorisant par là même leur préservation. Lors de la marée suivante, ces traces ont été recouvertes de sédiments. Ainsi protégées, elles se sont conservées et ont subsisté dans le sol jusqu'à nos jours.

Les quarante niveaux à traces sont répartis en trois intervalles principaux (intervalles inférieur, intermédiaire et supérieur), chacun d'une épaisseur de 40 à 100 cm et constitué de fines couches de calcaires marneux plaquetés dénommées biolaminites et déposées sur une dalle compacte à la base. Par sa nature calcaire, cette dernière est plus stable, moins friable et comporte généralement plus d'empreintes bien conservées. Elle constitue le niveau le plus fiable pour comparer les différents sites excavés. Un intervalle peut présenter plus de dix surfaces à traces et semble correspondre à une séquence d'environ vingt mille ans au cours de laquelle les dinosaures ont été présents, de manière récurrente. Parallèlement, des perforations d'invertébrés, des fentes de dessiccation, des rides de vagues ou de courants fossilisées ont fréquemment été observées. L'intervalle inférieur (le plus vieux) se situe environ 10 m au-dessus des Marnes du Banné ^{3, 6, 7}.

Marnes à *virgula*

Les Marnes à *virgula* ont été décrites pour la première fois au XIX^e siècle ^{5, 8}. Ces marnes tirent leur nom de l'abondance de petites huîtres qu'elles renferment, les *virgula*, nommées depuis *Nanogyra virgula* dans la littérature scientifique. *Nanogyra nana*, une autre huître de plus petite taille, est retrouvée en quantité plus faible. L'abondance de ces fossiles dans ces sédiments n'est pas encore clairement expliquée. Il est question de savoir si ce milieu est un lieu de vie pour ces organismes ou s'ils ont été transportés après leur mort. Ils ne présentent cependant que de très rares marques de transport sur leur coquille, appuyant ainsi la première hypothèse. Cette formation s'étend sur une épaisseur d'environ trois mètres et recouvre un sol durci de composition calcaire qui marque la séparation avec le Membre de Courtedoux. Localement, la répartition géographique des Marnes à *virgula* inférieures comprend en France la région de Montbéliard et en Suisse les régions de Porrentruy ^{9, 10}, du Jura bernois et neuchâtelois ¹¹. Il n'est pas aisé de comprendre la présence ou l'absence de cet horizon et les mécanismes de dépôts qui le régissent. Une hypothèse serait que le confinement final soit contrôlé par les courants marins et par la morphologie de la plate-forme, les marnes se déposant de préférence dans des dépressions ².

Les Marnes à *virgula* sont très riches en vertébrés : poissons cartilagineux et osseux, crocodiliens, et surtout tortues. Plus de quatre-vingts carapaces de

tortues, ainsi qu'une dizaine de mandibules et trois squelettes de crocodiliens ont notamment été documentés et prélevés. Les fouilles systématiques, le nombre de spécimens extraits et la qualité de leur préparation représentent l'atout majeur de ces sites et leur donnent un cachet unique en Europe pour cette période du Jurassique supérieur. La faune à tortue de la région de Porrentruy constituera une collection de référence pour ce groupe fossile, au même titre que la fameuse faune des Calcaires à tortues de Soleure ¹². Par ailleurs, de nombreux invertébrés marins ont également été mis au jour, incluant des oursins, bivalves, ammonites et nautilus. La seule présence avérée de restes continentaux se trouve sous la forme de quelques vestiges de ptérosaures (reptiles volants) et surtout de bois fossiles, représentés essentiellement par des branches et quelques troncs de conifères primitifs ¹³, attestant de la proximité de la terre ferme. Ces Marnes à *virgula* se seraient donc déposées dans un environnement lagunaire marin côtier, aux eaux peu profondes et chaudes, où cohabitait une faune marine diversifiée.

Méthodologie

L'objectif des sondages est de préciser la localisation et la nature des couches géologiques intéressantes en dehors du tracé de l'autoroute. Les méthodes de travail sont subdivisées en deux étapes et sont réalisées en étroite collaboration avec l'archéologie (A16 et cantonale). Au total, soixante-quatre sites investigués sont retenus dans le cadre de cette étude (Fig. 2 et 3).

La prospection, première étape précédant la phase de sondages, consiste en la détermination des zones d'intérêts potentiels à l'aide de la littérature scientifique, des cartes géologiques, des investigations menées dans les carrières de la région et des affleurements existants. Le projet profite également des aperçus sur le sous-sol offerts par les travaux de construction (bâtiments, routes, canalisations, etc.). Une fois la zone à sonder définie, les interventions sont ensuite coordonnées avec les propriétaires, les exploitants, la Fondation rurale interjurassienne et l'entreprise de terrassement, afin de décider de la meilleure période pour la réalisation des travaux en tenant compte des cultures en place.

Les sondages sont réalisés à l'aide d'une pelle mécanique, les tranchées d'une largeur de 1,5 m (largeur du godet) creusées depuis la surface du sol exposent successivement les différentes couches de sédiments conservées à cet endroit dans les premiers mètres du terrain (Fig. 8). Les niveaux visibles sont alors nettoyés et étudiés. Une documentation scientifique visant à récupérer les informations les plus importantes est systématiquement réalisée.



Fig. 7: Reconstitution d'une plage du Jurassique supérieur.



Fig. 8: Sondage réalisé à la pelle mécanique.

Des prises de vue, des descriptions sédimentologiques des niveaux observés et une topographie de l'emplacement de la tranchée représentent les renseignements de base nécessaires. Des coupes stratigraphiques sont levées à l'intérieur des sondages, des prélèvements sont échantillonnés pour des analyses et des comparaisons avec d'autres sites, des dessins et une description des fossiles sont réalisés. Afin d'assurer ce travail dans de bonnes conditions de sécurité, des mesures de stabilisation du terrain sont prises, respectant les directives en vigueur. Le sondage est ensuite refermé selon l'ordre des horizons pédologiques séparés lors de l'ouverture, afin d'assurer le minimum de désagrément pour le terrain naturel. Au final, toutes les informations recueillies permettent de réaliser des fiches descriptives détaillées et reconstituer une carte de la géologie régionale.

Résultats

Dans le cadre de cette étude, les cinq niveaux principaux recherchés, appartenant à la Formation de Reuchenette (Kimméridgien supérieur), sont mis en évidence et décrits en détails (Fig. 6). Ils ont été sondés préférentiellement puisqu'ils s'avèrent très riches en fossiles et faciles à repérer, identifier et fouiller. Ils constituent de bons repères lithologiques à l'échelle régionale et représentent des niveaux dignes d'intérêt pour le projet de mise en valeur. Les douze fiches descriptives suivantes illustrent les sites majeurs documentés en dehors du tracé autoroutier. Ils sont mis en évidence dans les figures 2 et 3.

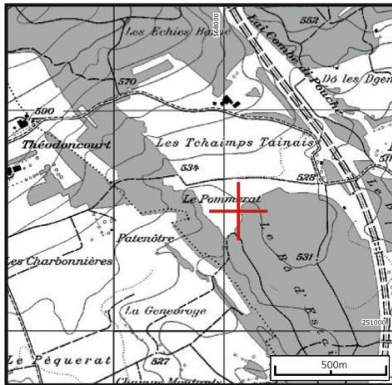
1 COURTEDOUX - POMMERAT

CTD-PMM

568065/251540

Gisement à empreintes de dinosaures

Activité: 2008-2012



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau supérieur à traces de dinosaures

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position des couches à empreintes hors du tracé autoroutier.

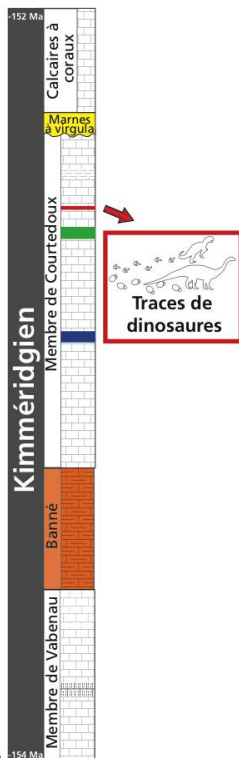
Particularités: Site très intéressant pour la taille exceptionnellement grande de ses empreintes de sauropodes (>1m de diamètre) et découverte d'empreintes de théropodes. Ce site a été intégré au sentier pédagogique «Sur les traces des géants» proposé parmi les activités du projet Paléojura.



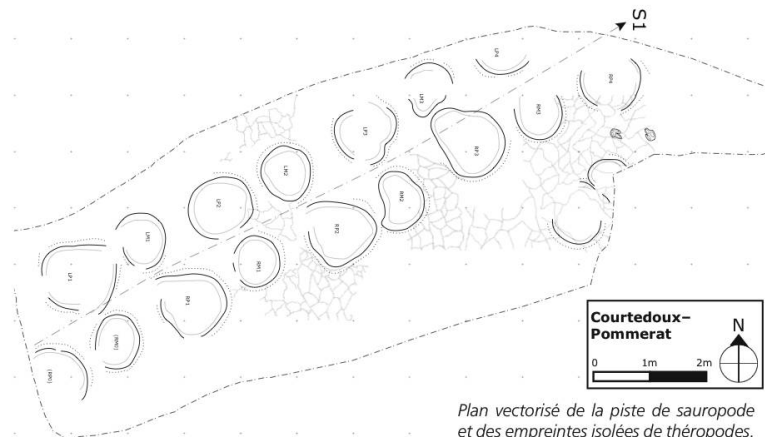
Vue générale des traces de dinosaures du Pommerat.



Visite sur le site à traces de dinosaures du sentier pédagogique «Sur les traces des géants».



Vue sur les grandes empreintes de sauropodes (échelle 1m).



Plan vectorisé de la piste de sauropode et des empreintes isolées de théropodes.

Fiche descriptive du site de Courtedoux-Pommerat (CTD-PMM).

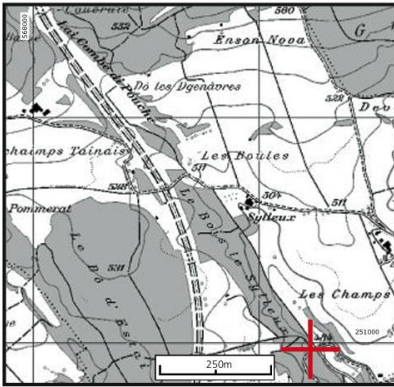
2 COURTEDOUX - ORATOIRE

569230/250980

Gisement à empreintes de dinosaures

CTD-ORA

Activité: 2005



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau supérieur à traces de dinosaures

Contexte: Fouille d'urgence, découverte inattendue d'empreintes et pistes de dinosaures lors des travaux de construction de la route.

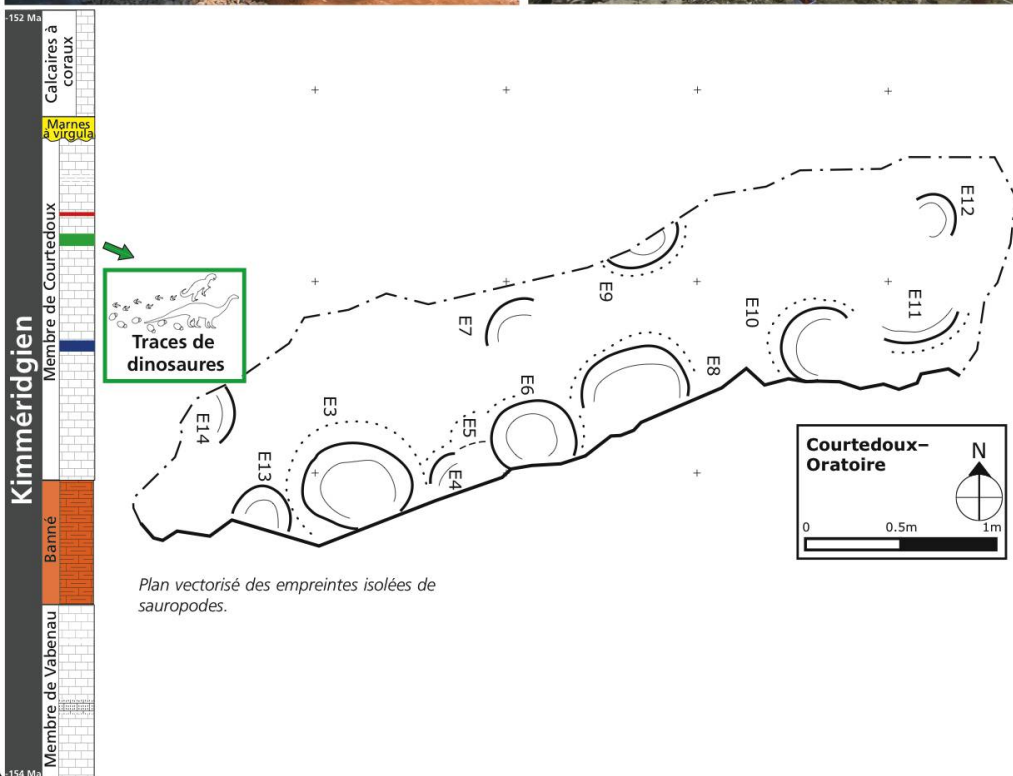
Particularités: La fouille d'urgence de L'Oratoire a révélé des traces très bien marquées de sauropodes sur plusieurs couches. Ces découvertes confirment l'étendue et l'abondance d'empreintes sur le plateau de Courtedoux.



Intervention d'urgence lors des travaux de construction de la route à côté de l'Oratoire.



Vue sur les empreintes de dinosaures mises en évidence avec de la peinture.



Plan vectorisé des empreintes isolées de sauropodes.

Fiche descriptive du site de Courtedoux-Oratoire (CTD-ORA).

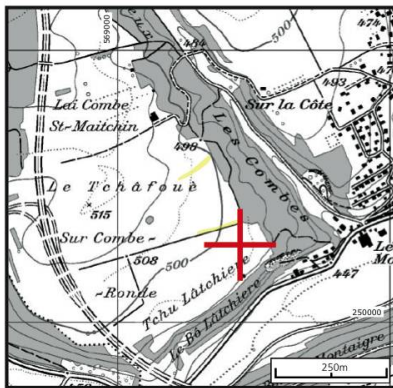
3 COURTEDOUX - DESSUS LATCHIRE

CTD-DLA

569450/250285

Gisement à empreintes de dinosaures

Activité: 2007-2011



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau intermédiaire et supérieur à traces de dinosaures, Marnes à *virgula*

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position des couches à empreintes hors du tracé autoroutier.

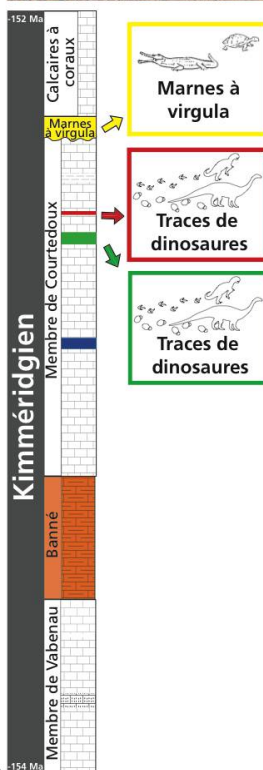
Particularités: Ces sondages ont révélé un grand nombre de traces de sauropodes et de théropodes sur un espace restreint confirmant ainsi l'abondance d'empreintes sur le plateau de Courtedoux. Des sondages en direct ont été réalisés lors des portes ouvertes 2011, permettant la découvertes de nouvelles empreintes.



Vue générale sur les sondages réalisés en 2007.



Détail sur les empreintes de sauropodes (échelle 50cm).



Sondages en direct réalisés lors des portes ouvertes 2011.

Fiche descriptive du site de Courtedoux-Dessus Latchire (CTD-DLA).

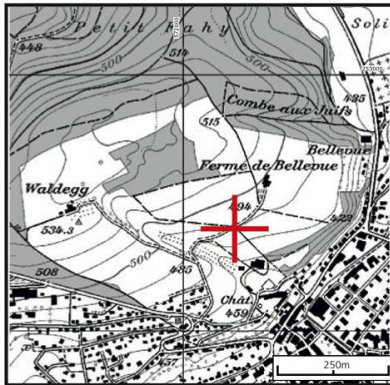
4 PORRENTROY - CHÂTEAU

POR-CTU

572200/252400

Gisement à empreintes de dinosaures

Activité: 2008



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau supérieur à traces de dinosaures

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position des couches à empreintes hors du tracé autoroutier.

Particularités: Malgré deux campagnes de sondages (une en octobre et une en décembre), le site du Château à Porrentruy n'a pas donné les résultats escomptés. Le niveau recherché a été observé mais, n'étant plus en place (érodé), aucune trace n'a été découverte.



Vue sur les sondages réalisés au-dessus du château de Porrentruy.



Tranchée présentant les premières couches calcaires, situées entre le niveau inférieur et intermédiaire sous les horizons de terre.



Détail sur les couches découvertes dans un sondage, stratigraphiquement situées entre l'intervalle inférieur et l'intervalle intermédiaire à empreintes de dinosaures.

Fiche descriptive du site de Porrentruy-Château (POR-CTU).

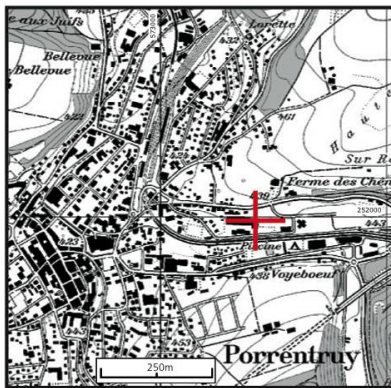
5 PORRENTRUUY - CENTRE PROFESSIONNEL

POR-CPP

573420/251985

Gisement à empreintes de dinosaures

Activité: 2011-2013



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau supérieur à traces de dinosaures

Contexte: Fouille d'urgence, découverte d'empreintes et pistes de dinosaures lors de travaux de construction d'un nouveau bâtiment du CEJEF (Centre jurassien d'enseignement et de formation).

Particularités: 517 empreintes organisées en 32 pistes de sauropodes et 2 de théropodes ont été mises au jour. Une partie du site bénéficie d'une mise en valeur par JURASSICA en collaboration avec la Paléontologie A16, le bureau d'architecture Burri + Tschumi + Benoît (Soyhières), le Service des constructions et des domaines, deux étudiants de la ZHdK (Zürcher Hochschule der Künste) la ainsi que la Division technique du CEJEF.



Vue sur la cour intérieure du CEJEF, 223 empreintes organisées en 14 pistes de sauropodes et une de théropode ont été trouvées sur 2 couches.



Vue sur les zones fouillées au CEJEF.



Photogrammétrie du niveau à traces découvert à l'emplacement du nouveau bâtiment. 2 pistes de sauropodes qui font un virage sont observables à droite de la photo.



Traces de dinosaures



Plan de surface représentant les pistes du même secteur que la photogrammétrie ci-dessus.

Fiche descriptive du site de Porrentruy-Centre Professionnel (POR-CPP).

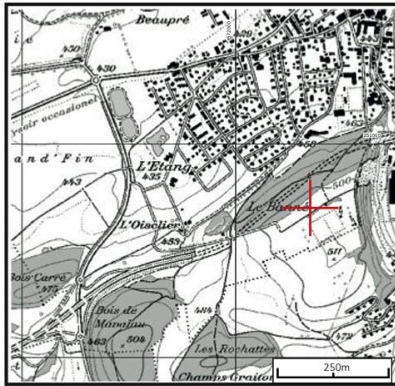
6 PORRENTROY - BANNÉ

572350/250700

Gisement à fossiles d'invertébrés

POR-BAN

Activité: 2011



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-153 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre du Banné

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position de la couche riche en invertébrés hors du tracé autoroutier.

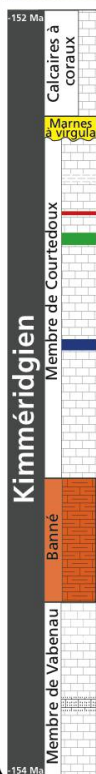
Particularités: Les 12 sondages réalisés se sont révélés positifs. La mise en valeur d'une partie du site par JURASSICA sous la forme d'un pavillon d'information et l'organisation de fouilles pour les familles a été réalisée à la fin de l'année 2013.



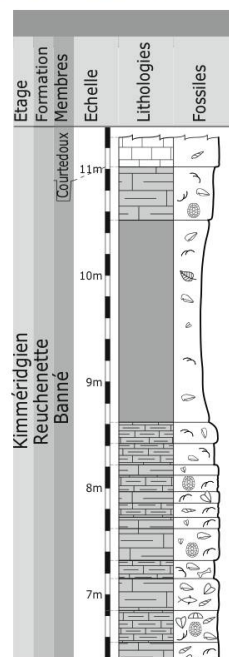
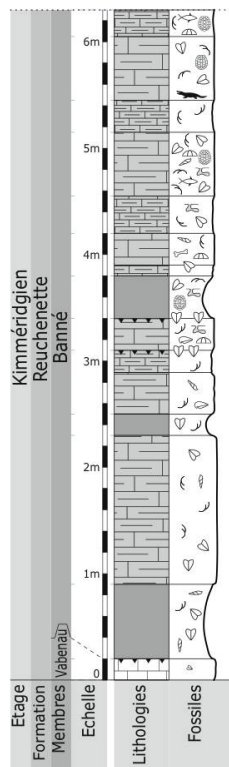
Décapage machine d'une tranchée.



Vue sur les Marnes du Banné découvertes dans un sondage.



Marnes du Banné



Coupe réalisée à partir des données provenant d'un site de la région de Courtedoux fouillé sur plusieurs années dans les Marnes du Banné.

Fiche descriptive du site de Porrentruy-Banné (POR-BAN).

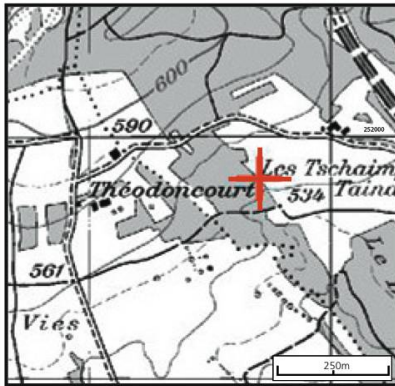
7 COURTEDOUX - CHAMPS TANNAYS

CTD-CTA

567700/251825

Gisement à empreintes de dinosaures

Activité: 2009-2010



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau inférieur à traces de dinosaures

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position des couches à empreintes hors du tracé autoroutier et suivi des travaux d'enfouissement d'une ligne électrique.

Particularités: Découverte d'une trace de sauropode, de 6 traces de petit théropode et 3 traces de grand théropode. Une voie romaine également été découverte dans un sondage et a été documentée par l'Archéologie cantonale.



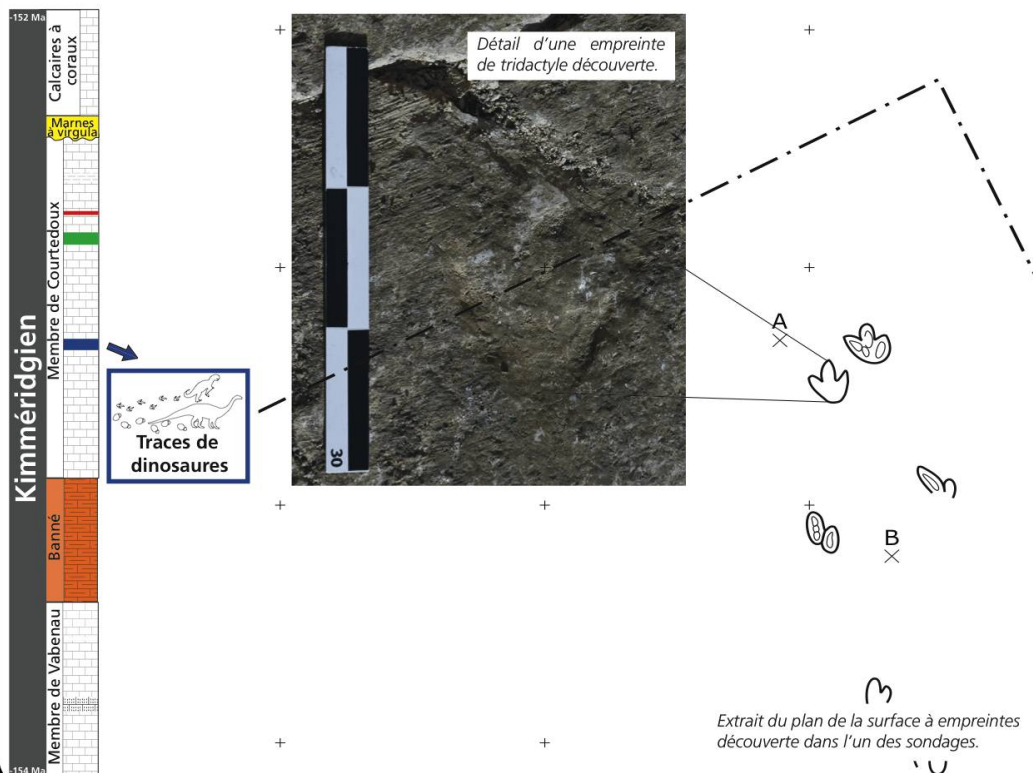
Empreintes de tridactyles (contour mis en évidence) découvertes dans l'une des tranchées.



Laminites (niveaux présentant les empreintes de dinosaures) visibles ici en coupe.



Coupe de la voie romaine découverte dans l'un des sondages.



Détail d'une empreinte de tridactyle découverte.

Traces de dinosaures

Extrait du plan de la surface à empreintes découverte dans l'un des sondages.

Fiche descriptive du site de Courtedoux-Champs Tannays (CTD-CTA).

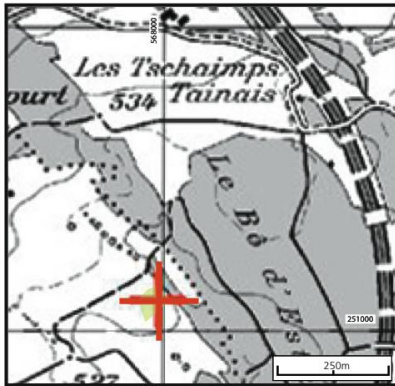
8 CHEVENEZ - GENEVROYES

CHE-GEV

567980/251100

Gisement à fossiles de vertébrés

Activité: 2009



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

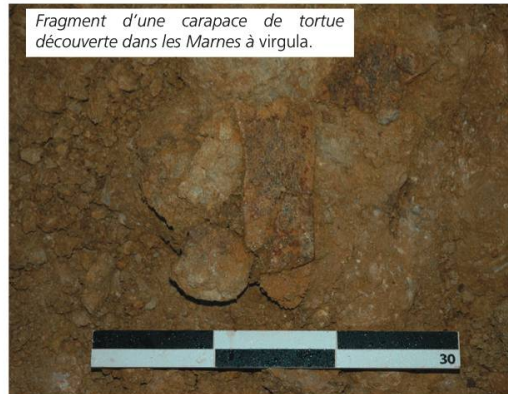
Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Marnes à *virgula*

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position de la couche riche en vertébrés hors du tracé autoroutier.

Particularités: Les Marnes à *virgula* recouvrent tout le champ. De nombreux fragments de carapaces de tortues ont été découverts. Une ammonite (*Tolviceras* sp.) a également été découverte dans le champ au sommet des marnes.



Vue sur les Marnes à *virgula* découvertes dans la tranchée.



Fragment d'une carapace de tortue découverte dans les Marnes à *virgula*.



Ammonite (*Tolviceras* sp.) découverte au sommet des marnes lors de l'ouverture d'une tranchée.



Marnes à *virgula*



Profil des couches découvertes dans un sondage.

Fiche descriptive du site de Chevenez-Genévroyes (CHE-GEV).

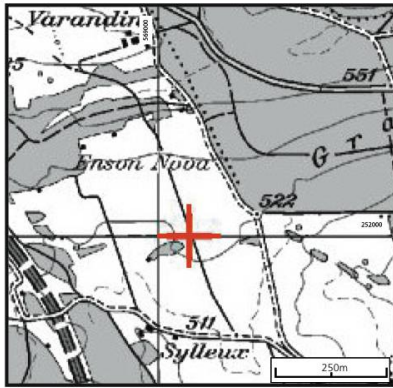
9 COURTEDOUX - NOVA

CTD-NOV

569125/252000

Gisement à fossiles de vertébrés et d'invertébrés

Activité: 2010



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 à 153 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, Marnes du Banné et Marnes à *virgula*

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position des couches à empreintes hors du tracé autoroutier.

Particularités: Découverte des Marnes à *virgula* au sud du site et des Marnes du Banné au nord. Les couches à empreintes n'ont pas été découvertes, sans doute à cause de failles tectoniques qui ont décalé les couches dans une position topographique plus profonde (enfouissement) ou plus élevée (érosion). Le croquis ci-dessous illustre cette problématique. Cependant, une carapace de tortue subcomplète a été découverte dans les Marnes à *virgula*.



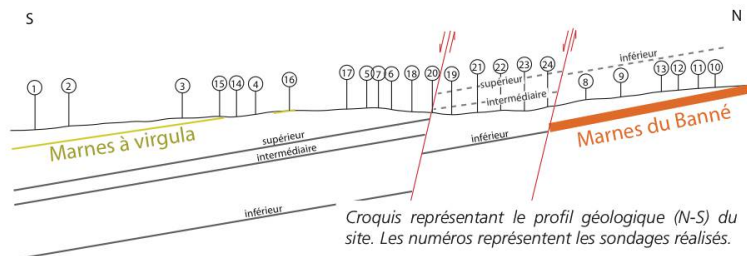
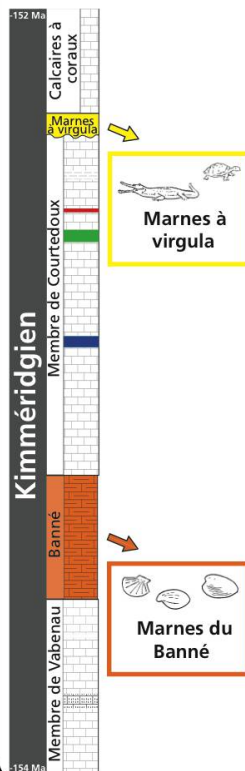
Ouverture d'un sondage à la pelle mécanique.



Profil des Marnes à *virgula* découvertes dans un sondage.



Carapace de tortue mise au jour dans les Marnes à *virgula*.



Croquis représentant le profil géologique (N-S) du site. Les numéros représentent les sondages réalisés.

Fiche descriptive du site de Courtedoux-Nova (CTD-NOV).

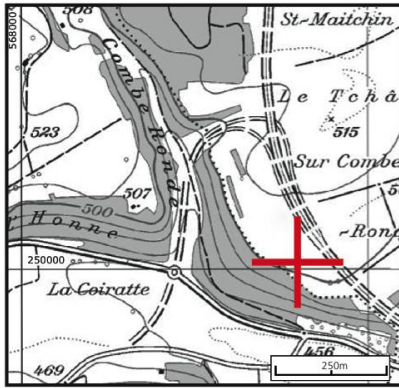
10 COURTEDOUX - PLAGES

568800/250020

Gisement à empreintes de dinosaures

CTD-PLA

Activité: 2011



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau supérieur et intermédiaire à traces de dinosaures.

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position de la couche riche en traces de dinosaures hors du tracé autoroutier.

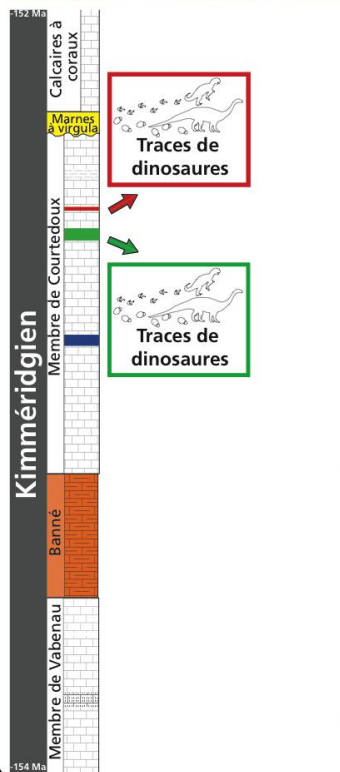
Particularités: Les couches à traces de dinosaures ont été trouvées dans plusieurs sondages, mais aucune trace n'a été découverte, sans doute à cause de l'altération de ces couches situées proche de la surface. La mise en valeur du site par JURASSICA est prévue mais nécessitera des fouilles plus en profondeur afin de pouvoir exploiter correctement les couches normalement riches en traces de dinosaures.



Vue générale sur le site de Courtedoux-Plage, à droite la dalle à traces supérieure du site de Sur Combe Ronde (tracé de l'A16) est visible.



Les couches à traces de dinosaures ont été observées dans plusieurs sondages, mais aucune trace n'a été découverte.



Sondage ayant mis au jour le niveau intermédiaire à traces de dinosaures.

Fiche descriptive du site de Courtedoux-Plage (CTD-PLA).

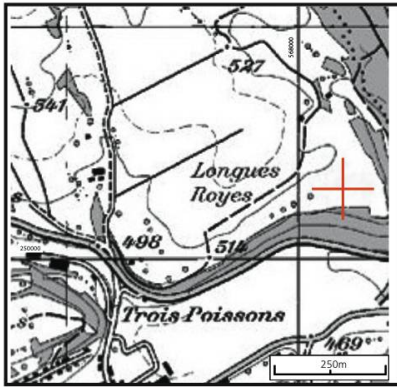
11 CHEVENEZ - SUR CÔTE DE L'HONNE

CHE-SCH

568190/250290

Gisement à empreintes de dinosaures

Activité: 2009



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau supérieur et intermédiaire à traces de dinosaures.

Contexte: Décapage machine sous forme de tranchées afin d'identifier la position de la couche riche en traces de dinosaures hors du tracé autoroutier.

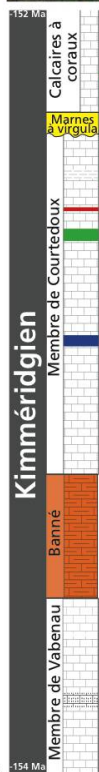
Particularités: Découverte de nombreuses empreintes de sauropodes et quelques-unes de théropodes dans le niveau intermédiaire à traces de dinosaures. Aucune trace n'a été découverte dans le niveau supérieur malgré la bonne préservation de la couche.



Découverte du niveau à traces de dinosaures supérieur.



Vue sur les empreintes de sauropodes dans le niveau intermédiaire.



Relevé 1:1 des empreintes de sauropodes découvertes dans le niveau intermédiaire.

Fiche descriptive du site de Chevez-sur Côte de l'Honne (CHE-SCH).

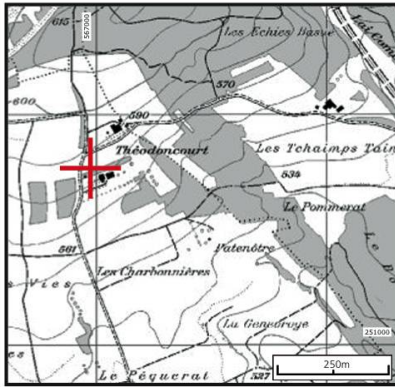
12 COURTEDOUX - THEODONCOURT

CTD-TEO

566975/251770

Gisement à empreintes de dinosaures

Activité: 2010



Chronostratigraphie: Kimméridgien supérieur (-152 ma)

Lithostratigraphie: Formation de Reuchenette, Membre de Courtedoux, niveau intermédiaire à traces de dinosaures.

Contexte: Suivi des travaux d'enfouissement d'une ligne électrique.

Particularités: Une couche finement laminée a été découverte quelques mètres en-dessous de la couche intermédiaire à traces de dinosaures. Aucune trace n'a cependant été découverte. Ce suivi a permis d'approfondir les connaissances géologiques et stratigraphiques du nord-ouest de la région, endroit assez peu connu, car éloigné des travaux autoroutiers.



Niveau à traces de dinosaures intermédiaire visible dans un sondage.



Des structures ressemblant à des traces altérées sont observées sur la surface.



Vue générale sur le site de Théodoncourt.

Fiche descriptive du site de Courtedoux-Théodoncourt (CTD-TEO).

Discussion

Le pôle muséographique de Porrentruy actuellement en développement ne pourra être dissocié de « satellites » mis en place sur le terrain, qui permettront d'établir une interaction directe entre le public et les gisements fossilifères. Cette expérimentation du terrain est par ailleurs indispensable à la compréhension de la géologie et de la stratigraphie et fondamentale pour compléter les informations théoriques qui seront présentées au musée.

Dans cette optique, les campagnes de sondages se sont révélées extrêmement positives, la localisation d'une zone à fort potentiel paléontologique, située entre Porrentruy, Courtedoux et Chevenez a pu être établie. Chacun des cinq horizons recherchés a été atteint. Plusieurs zones sont pourvues d'un potentiel de mise en valeur fiable, établi selon différents critères : la présence de couches riches en fossiles (invertébrés, vertébrés et/ou traces de dinosaures), la profondeur de ces niveaux dans le sol (degré d'efforts techniques pour une mise au jour, mise en place d'infrastructures de consolidation), l'accessibilité des zones (accord des propriétaires, accès aisé et sans danger), et l'étendue potentielle de la surface exploitable (inclinaison de la couche, épaisseur, continuité).

Les **Marnes du Banné** ont été découvertes dans treize sites en dehors du tracé autoroutier (20 % des sites sondés). La richesse en fossiles de ces couches est très appréciée par le public (touristes, écoles, universités), elles permettent des découvertes variées et aisées d'une faune d'invertébrés qui peuplaient la mer jurassique il y a cent cinquante-trois millions d'années.

Plusieurs carrières de la région (Courgenay, Chevenez, Vendlincourt) permettent d'observer ces marnes et d'étudier la succession des couches durant le Kimméridgien. Du point de vue de la sécurité, le contexte et l'accès ne sont cependant pas adaptés à une mise en valeur.

Sur la colline du Banné à Porrentruy, une série de sondages s'est révélée très fructueuse. En effet, ces marnes ont été découvertes dans chacun des douze sondages réalisés (Fiche descriptive 6). Jules Thurmann, naturaliste du XIX^e siècle particulièrement intéressé à la géologie du massif jurassien, avait déjà étudié en détail ces niveaux, situés au sud de la cité bruntrutaine, d'où provient leur nom de « Marnes du Banné ». Depuis la fin de l'année 2013, un pavillon d'information ainsi qu'une zone de fouille ont été réalisés à cet emplacement historique et accessible, permettant aux familles et aux étudiants d'expérimenter le métier de paléontologue.

Les différents **intervalles à traces de dinosaures** ont été découverts dans neuf sites en dehors du tracé A16 (14 % des sites sondés). Ils enrichissent, d'un point de vue scientifique, les études menées actuellement par la Paléontologie A16. L'attrait du public pour ces animaux spectaculaires

étant démontré, quelques sites présentés dans ce document sont déjà exploités à des fins pédagogiques et touristiques.

Sur la commune de Courtedoux, au lieu-dit le Pommerat, un sentier didactique a été développé dans le cadre des animations proposées par Paléojura en lien notamment avec des ateliers pédagogiques au musée. Cette balade offre une découverte de la paléontologie et de la géologie jurassienne, en forêt, à travers une vingtaine de panneaux thématiques. Le sentier conduit au site à traces comportant des empreintes de dinosaures laissées il y a cent cinquante-deux millions d'années (Fiche descriptive 1). Certaines empreintes mesurent plus d'un mètre de diamètre ⁷.

En 2011, l'agrandissement du Centre jurassien d'enseignement et de formation (CEJEF) a permis la mise au jour des premières empreintes de dinosaures en ville de Porrentruy. Si la plus grande partie du site est aujourd'hui recouverte par les fondations du nouveau bâtiment, des pistes de sauropodes (herbivores) et une de théropode (carnivore) sont néanmoins visibles dans la cour intérieure et mises en valeur par quatre vitres transparentes symbolisant des fenêtres ouvertes sur le passé (Fig. 9). Le public peut encore se renseigner sur ces découvertes grâce à des représentations picturales inscrites sur un des murs bordant ces traces de dinosaures. Véritable apport touristique, cette réalisation représente le premier site paléontologique mis en valeur par JURASSICA et il occupe un rôle de « satellite » portant le nom de « Dinotec » (Fiche descriptive 5).

Les **Marnes à *virgula*** ont été découvertes dans sept sites en dehors du tracé autoroutier (11 % des sites sondés). Dignes d'intérêts, ces niveaux, fouillés en continu, pourraient faire l'objet d'une offre touristique ludique et instructive, de par leur richesse en restes de vertébrés notamment (Fiches descriptives 7 et 8).

Conclusion

D'un point de vue géologique et stratigraphique, les démarches de sondages offrent les moyens de poursuivre et d'affiner les connaissances acquises depuis l'an 2000 par la Paléontologie A16 et livrent de nouveaux apports d'informations sur ces cinq niveaux géologiques riches et dignes d'un grand intérêt scientifique, touristique et pédagogique. Grâce à ces recherches, une carte synthétique de la géologie régionale, en trois dimensions, a pu être réalisée (Fig. 10). Cette figure permet d'appréhender au mieux l'extension latérale des couches observées sur un périmètre de plus de 10 km. Leur localisation précise facilitera la planification de mise en valeur de certains sites par JURASSICA. Ces nouvelles données permettront également des interventions de sauvegarde menées en lien avec les différents travaux de génie civil de cette région. Il sera en effet aisé de repérer



Fig. 9: Vue du site de Porrentruy-Centre Professionnel (POR-CPP), appelé dorénavant « Dinotec ».

rapidement les couches qui seront touchées et de porter une attention particulière aux zones les plus sensibles qui pourraient également être affectées à l'avenir. La synthèse et l'aboutissement de ce travail sont regroupés dans la figure ci-dessous ; ils symbolisent la somme des informations recueillies au cours de plus de dix ans de fouilles et ont pour but de valider l'intérêt et le potentiel du plateau de Courtedoux.

Remerciements

Ce travail a été possible grâce à de multiples discussions et collaborations avec de nombreux collègues. Les auteurs tiennent à remercier les personnes suivantes : Damien Becker, Jean-Paul Billon-Bruyat, Marielle Cattin, Céline Fuchs, Wolfgang Hug, Yves Maître, Daniel Marty, Pascal Morisod, Olivier Noaillon, l'équipe de géomatique ainsi que tous les fouilleurs qui durant des années ont travaillé dans des conditions météorologiques parfois difficiles pour documenter et sauvegarder le patrimoine paléontologique jurassien. Merci également à l'Office de la culture de la République et Canton du Jura et à l'Office fédéral des routes, sans qui ces nombreuses années de fouilles n'auraient pas été possibles. Les bonnes relations avec les entreprises de génie civil ont permis la récolte de ces nombreuses informations

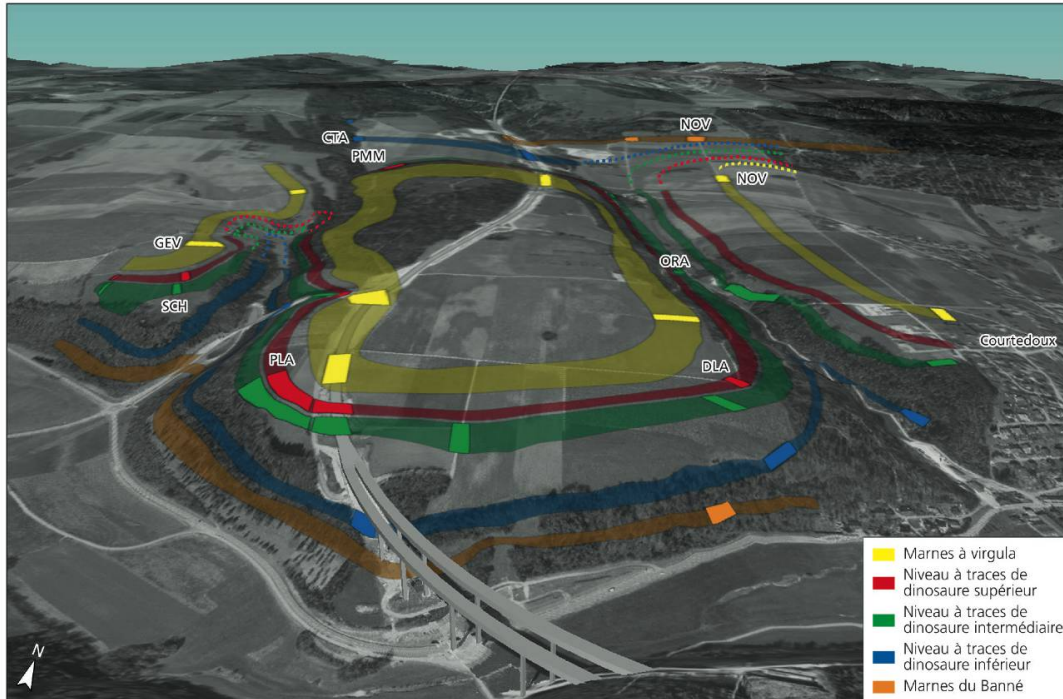


Fig. 10: Carte en trois dimensions du plateau de Courtedoux. L'emplacement des sites de fouilles principaux le long du tracé A16 est également figuré.

dans d'excellentes conditions. Merci enfin à tous les exploitants agricoles de nous avoir permis de creuser sur leur terrain et à Joseph Chalverat de la Société jurassienne d'Emulation de nous avoir donné l'opportunité de publier ces résultats.

Gaël Comment, géologue diplômé de l'Université de Neuchâtel, est collaborateur scientifique pour JURASSICA. Il a travaillé à la Section de Paléontologie du Canton du Jura de 2006 à 2013 et a dirigé des sondages hors tracé sur mandat de Paléojura entre 2009 et 2011. Il est également président de l'Association des Amis du Musée jurassien des sciences naturelles (AMUSBOT).

Géraldine Paratte, géologue diplômée de l'Université de Neuchâtel travaille depuis 2004 à la Section de Paléontologie du Canton du Jura principalement dans le domaine des traces de dinosaures, actuellement en tant que responsable d'étude. Elle a dirigé (2005-2008), puis collaboré (2009-2011) aux sondages hors tracé réalisés sur mandat cantonal ou de Paléojura. Elle est également membre du conseil scientifique de la fondation Jules Thurmann et secrétaire de l'Association des Amis du Musée jurassien des sciences naturelles (AMUSBOT).

NOTES

- ¹ Hug, W. A. 2003 : *Sequenzielle Faziesentwicklung der Karbonatplattform des Schweizer Jura im Späten Oxford und frühesten Kimmeridge*. Geofocus 7, Fribourg, 1–155 p.
- ² Comment, G., Ayer, J. & Becker, D. 2011 : *Deux nouveaux membres lithostratigraphiques de la Formation de Reuchenette (Kimmeridgien, Ajoie, Jura Suisse) – Nouvelles données géologiques et paléontologiques acquises dans le cadre de la construction de l'autoroute A16 (Transjurane)*. Swiss Bull. géol. appl., Vol. 16/1, 3–24 p.
- ³ Marty, D. 2008 : *Sedimentology, taphonomy, and ichnology of Late Jurassic dinosaur tracks from the Jura carbonate Platform (Chevenez–Combe Ronde tracksite, NW Switzerland) : insights into the tidal-flat palaeoenvironment and dinosaur diversity, locomotion, and palaeoecology*. GeoFocus 21, Fribourg, 1–278 p.
- ⁴ Thurmann, J. 1832 : *Essai sur les soulèvements jurassiques de Porrentruy*. Mém. Soc. Hist. nat. Strasbourg 1, 1–84 p.
- ⁵ Thurmann, J. & Etallon, A. 1861-1864 : *Lethea bruntrutana ou études paléontologiques et stratigraphiques sur le Jura bernois et en particulier les environs de Porrentruy*. N. Mém. Soc. Helv. Sci. nat. 18–20 p, 1–500 p.
- ⁶ Marty, D., Cavin, L., Hug, W.A., Meyer, C.A., Lockley, M.G. & Iberg, A. 2003 : *Preliminary Report on the Courtedoux Dinosaur Tracksite from the Kimmeridgian of Switzerland*. Ichnos 10, 209–219 p.
- ⁷ Marty, D., Belvedere, M., Meyer, C.A., Mietto, P., Paratte, G., Lovis, C. & Thüning, B. 2010 : *Comparative analysis of Late Jurassic sauropod trackways from the Jura Mountains (NW Switzerland) and the central High Atlas Mountains (Morocco) : implications for sauropod ichnotaxonomy*. Historical Biology, 25 p.
- ⁸ Contejean, C. L. 1859 : *Etude de l'étage kimmeridgien dans les environs de Montbéliard et dans le Jura, la France et l'Angleterre*. Mém. Soc. Emu. Doubs, 1–325 p.
- ⁹ Contini, D. & Hantzpergue, P. 1973 : *Le Kimmeridgien de la région de Montbéliard*. Ann. Sci. Univ. Franche-Comté, Besançon, Géol., 3e sér., 18, 143–179 p.
- ¹⁰ Jank, M., Meyer, C. A. & Wetzel, A. 2006 : *Late Oxfordian to Late Kimmeridgian carbonate deposits of NW Switzerland (Swiss Jura) : Stratigraphical and palaeogeographical implications in the transition area between the Paris Basin and the Tethys*. Sedimentary Geology 138, 237–263 p.
- ¹¹ Strasser, A. 2007 : *Astronomical time scale for the Middle Oxfordian to Late Kimmeridgian in the Swiss and French Jura mountains*. Swiss journal of géosciences, Basel, Vol. 100, N° 3, 407–429 p.
- ¹² Meyer, C. & Thüning, S. 2009 : *Late Jurassic marginal marine ecosystems of the Southern Jura Mountains*. Field Guide 5th International Symposium on Lithographic Limestones and Plattenkalk. Société jurassienne d'Emulation, Porrentruy, 130-141 p.
- ¹³ Philippe, M., Billon-Bruyat, J.-P., Garciamos, J. C., Bocat, L., Gomez, B. & Pinuela, L. 2010 : *New occurrences of the wood Protocupressinoxylon purbeckensis Francis : implications for terrestrial biomes in southwestern Europe at the Jurassic/Cretaceous Boundary*. Palaeontology, Vol. 53, Part 1, 201–214 p.