
Carte géologique détaillée des secteurs ouest et nord-ouest de Montbéliard (Doubs)

Detailed geological map covering the area to the west and north-west of Montbéliard (Doubs, France)

Georges KUNTZ¹ et
François MÉNILLET²

Géologie de la France, n° 1, 2018, p. 19-33, 7 fig.

Mots-clés : Carte géologique, France, Pays de Montbéliard, Jurassique, Alluvions, Néogène, Pléistocène, Tectonique

Keywords: *Geological map, France, Montbéliard district, Jurassic, Alluvium, Neogene, Pleistocene, Tectonic*

Résumé

De nouveaux levés, effectués à la faveur d'affleurements temporaires, ont permis de dresser une carte détaillée de la périphérie Nord à Ouest de la ville de Montbéliard. Ils apportent des précisions sur la série locale du Jurassique supérieur (Oxfordien à Kimméridgien). Un petit fossé tectonique contenant des dépôts tertiaires a été découvert aux confins septentrionaux du ban communal de Montbéliard ; leur âge serait éocène à oligocène. Des restes d'alluvions anciennes, à gros galets et blocs de grès triasiques, jalonnent un ancien cours fluvial issu des Vosges qui pourrait être d'âge miocène.

Abstract

Owing to the availability of new and temporary outcrops, a detailed geological map has been drawn which covers the area to the north and north-west of Montbéliard. This work provides new precisions on the local Upper Jurassic series (Oxfordian and Kimmeridgian) and reveals a narrow tectonic graben with some Tertiary (probable Eocene to Oligocene age) deposits north of Montbéliard. Residual alluvial deposits with large pebbles and blocks of Triassic sandstones, of possible Miocene age, testify for an old river which originated from the Vosges.

1. Introduction

Le secteur étudié (Fig. 1) se situe entre les Vosges et le Jura, juste à l'Ouest de la limite occidentale du Fossé rhénan supérieur ; zone de plateaux à substrat jurassique. À la faveur de la construction de lotissements sur les plateaux situés à l'Ouest et au Nord-Ouest de Montbéliard (Fig. 2), de

2006 à 2008, des observations de terrain ont apporté des précisions sur les cartes géologiques à 1/50 000 Lure, quart Sud-Est et Montbéliard, quart Nord-Est (Fig. 3 et 4). Ces nouvelles données nous ont conduits à revoir la cartographie, facilitée par des constructions de maisons dans de nombreuses communes suburbaines, vers l'Ouest jusqu'à la carrière du Miémont, et vers le Nord jusqu'aux tranchées de la nouvelle ligne de chemin de fer LGV Rhin-Rhône (travaux en cours en 2008, débutés en juillet 2006).

Dans ce secteur affleure la série jurassique oxfordienne, comprenant les faciès argovien, rauracien et séquanien ainsi que la partie inférieure du Kimméridgien et localement ses parties moyenne et supérieure. Dans un contexte régional, les formations ont été définies ou reprises d'auteurs anciens par R. Enay *et al.* (1988) et D. Contini (1990) qui les a suivies sur la carte de Lure (Contini, 2000). Dans un souci d'harmonisation, nous les avons utilisées avec les notations du 1/50 000 Lure, mais nous devons préciser que les limites de ces formations sont rarement marquées par des niveaux repères faciles à suivre sur le terrain et de légers décalages peuvent exister entre les coupures figurées par D. Contini (2000) et les nôtres. Les dépôts tertiaires (« Système » de Bourgogne) ne sont conservés que dans un petit fossé tectonique, au Nord de Montbéliard. Des alluvions résiduelles très anciennes, à galets et blocs d'origine vosgienne, jalonnent le cours Nord-Nord-Ouest/Sud-Sud-Est d'un très ancien cours d'eau.

Nous avons adopté le plan d'une notice de carte géologique, décrivant les différentes unités cartographiques distinguées par ordre chronologique, suivi d'un commentaire sur les principaux éléments tectoniques observés lors des levés, puis de la liste des références bibliographiques

¹ Georges Kuntz, 1 rue de la Synagogue, 25200 Montbéliard

² François Ménillet, 7 rue Sainte Odile, 67000 Strasbourg, jeanne.men@free.fr

Manuscrit reçu le 12 juillet 2017, accepté le 15 septembre 2018

citées. À partir d'une minute dressée sur le fond topographique IGN à 1/25 000, les contours géologiques ont été reportés par F. Ménillet sur un fond simplifié adapté à la publication de la carte (Fig. 5) dans la revue numérique « Géologie de la France ». L'échelle étant modulable, elle est figurée de façon graphique. La maquette initiale à 1/25 000 conçue et dessinée par G. Kuntz, qui a effectué l'essentiel des levés, est déposée aux archives municipales de Montbéliard (Châtel Devant, BP 95287, 25200 Montbéliard cedex), une photocopie étant placée dans les archives du BRGM à Orléans. Pour interpréter les alluvions anciennes, F. Ménillet a effectué des observations de terrain depuis le secteur de Montbéliard jusqu'au seuil de Valdieu et au-delà sur la bordure orientale des hautes Vosges (Ménillet, en préparation).

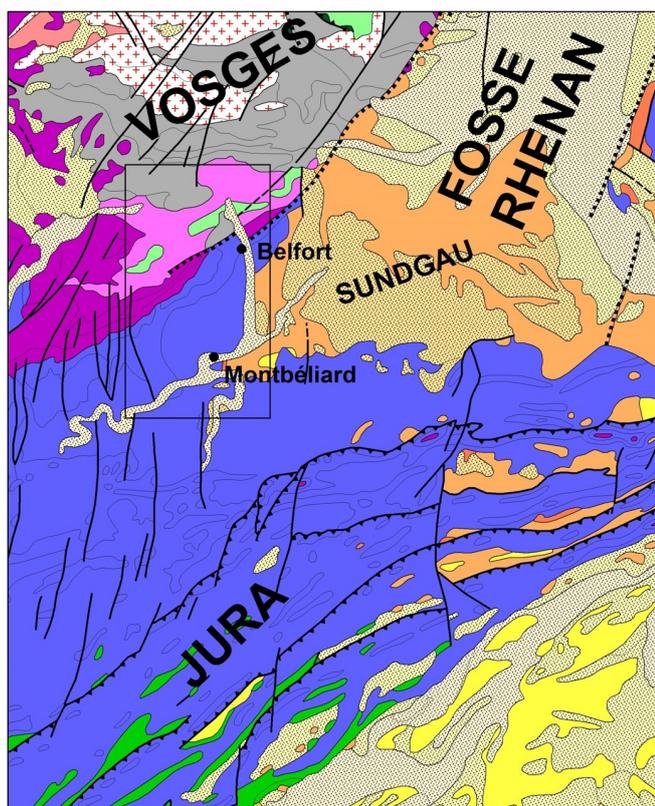


Fig. 1. Situation de la zone étudiée dans son contexte géologique (fond géologique simplifié de la carte géologique de la France à 1/1 000 000, 6^{ème} édition (Chantraine et al., 2003).

Fig. 1. Location of the studied zone in its geological context (geological background from the 6th edition of the geological map of France at 1/1 000 000 scale (Chantraine et al., 2003).

2. Description des terrains

MESOZOÏQUE

j5B - Oxfordien moyen, faciès argovien (50 à 60 m) ; alternance de bancs silteux et de lits argileux à miches calcaires, parfois silicifiées (cf. Calcaires marneux de Bonnevaux-le-Prieuré de D. Contini, 2000 ; j5 de la carte géologique au 1/50 000 Montbéliard, Y. Kerrien et al., 1973).

Le faciès argovien affleure sur le talus de la D 33, au Sud-Ouest de la carrière du Miémont (limite méridionale de la zone cartographiée) et entoure, à l'Ouest et au Nord, le secteur cartographié. Dans la région, il a livré des

ammonites de la zone à Plicatilis et de la base de la zone à Transversarium (Contini, 2000).

j5P - Oxfordien moyen, faciès rauracien (30 à 35 m) ; partie inférieure, calcaire à polypiers ; partie supérieure, calcaire oolitique (cf. Oolite corallienne de Pagnoz, de D. Contini, 2000 ; unité j6 de la carte à 1/50 000 Montbéliard, Kerrien et al., 1973).

À l'Oxfordien moyen, le secteur cartographié se situe sur la plate-forme carbonatée rauracienne qui s'étendait depuis le Sud-Ouest de Besançon jusqu'à Bâle, le faciès rauracien se suivant, au Nord du Doubs, jusqu'à la limite d'érosion des formations oxfordiennes. Dans le secteur nord de Montbéliard, nous avons pu distinguer les 2 unités cartographiques décrites ci-dessous :

- **j5P1 - Calcaire à polypiers (15 m) ;** cette unité débute par de petits lits carbonatés continus, séparés par des filets argilo-silteux millimétriques à débris de tests ; épais de 4 à 5 m, l'ensemble qui suit forme de gros bancs dont l'épaisseur peut atteindre 50 à 80 cm qui contiennent souvent des débris de fossiles silicifiés.

Au-dessus reposent des lits calcaires plus épais (20 cm) à débris de fossiles et pâte fine dans lesquelles apparaissent des polypiers de forme globulaire et des débris d'entroques. Sur la surface supérieure des premiers bancs peuvent être plaquées quelques huîtres plates (talus de route au Sud du Miémont) ; une *Pinna* avec ses deux valves a été trouvée aux abords de la ligne LGV au NNW de Bussurel dans la moitié inférieure du Rauracien (après des travaux de pelleuse).

La partie moyenne des calcaires à polypiers comprend très localement des bancs de calcaire oolitique (Sud de Vyans) ; dans leur partie supérieure, un ensemble de bancs massifs déterminent un ressaut topographique. Exceptionnellement (Bois Jacquot, 1 km Ouest-Sud-Ouest de Laire), 2 à 3 m de calcaire à « momies* » surmonte cet ensemble.

* « momies » : débris de fossiles de formes variées, entourés par une pellicule calcaire rubanée, de quelques millimètres d'épaisseur, probablement d'origine algair.

j5P2 - calcaire oolitique (15 à 20 m) ; l'unité supérieure de j5P débute par de petits bancs de calcaires oolitiques et bioclastiques recouverts par des bancs plus épais. Dans sa partie supérieure, apparaissent, au sein du faciès oolitique à pisolitique, des polypiers en masse globulaire, pouvant atteindre 20 cm de diamètre et de rares colonies de coraux en tiges sub-verticales, de diamètre voisin du centimètre, disposées en gerbes. Au Sud-Est de Trémoins, dans les derniers mètres de l'unité, recoupés par la tranchée de la ligne LGV, ces polypiers sont accompagnés de coquilles de *Diceras*. Dans la partie médiane de j5M, *Astarte supracorallina* est fréquente, en lumachelle dans des joints marneux ou de façon plus

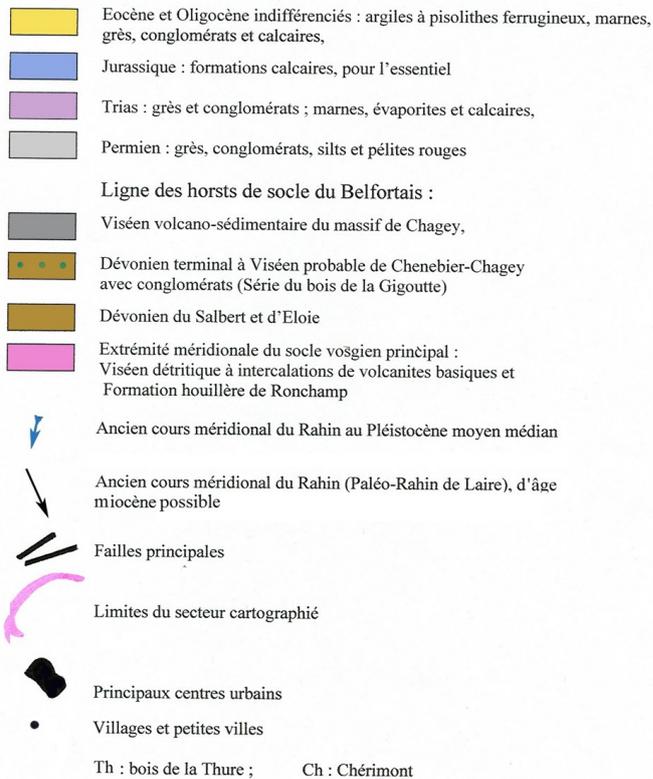
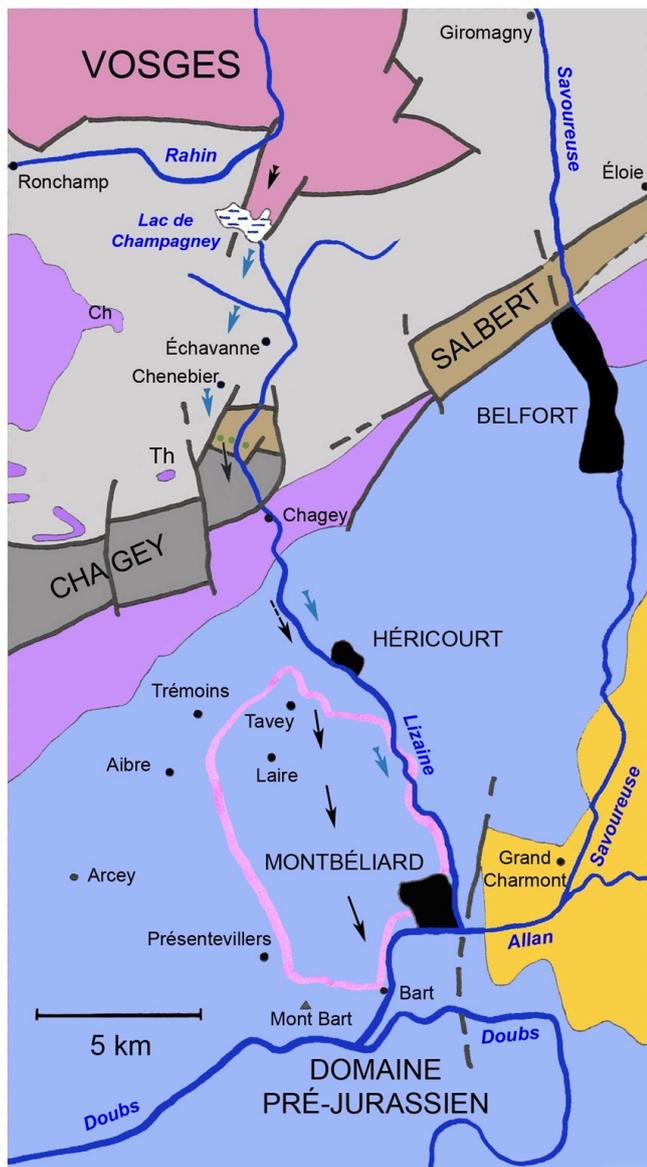


Fig. 2. Localisation du secteur étudié au sein de la région du seuil de Belfort.

Fig. 2. Location of the studied area within the *Seuil de Belfort* region (North-East France).

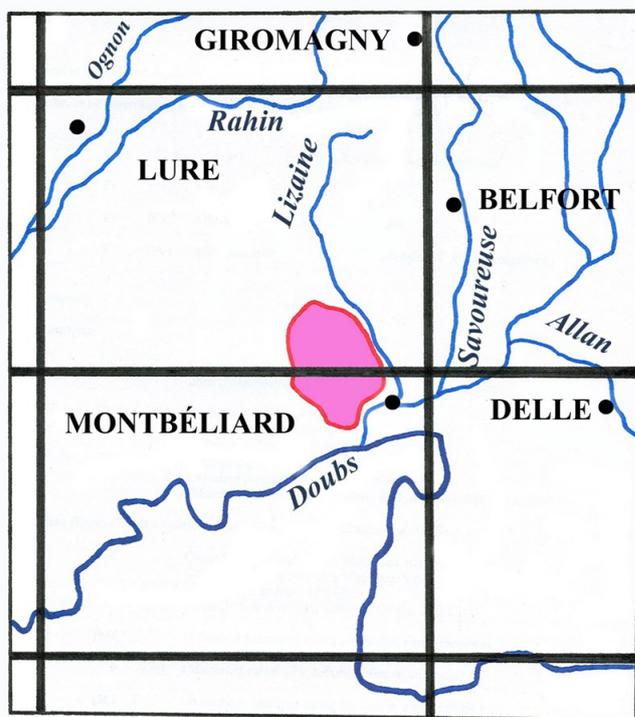


Fig. 3. Emprise du secteur étudié relativement au périmètre des cartes géologiques (1/50 000) couvrant la région.

Fig. 3. Location of the studied area in the frame of the French geological map (1/50 000) coverage.

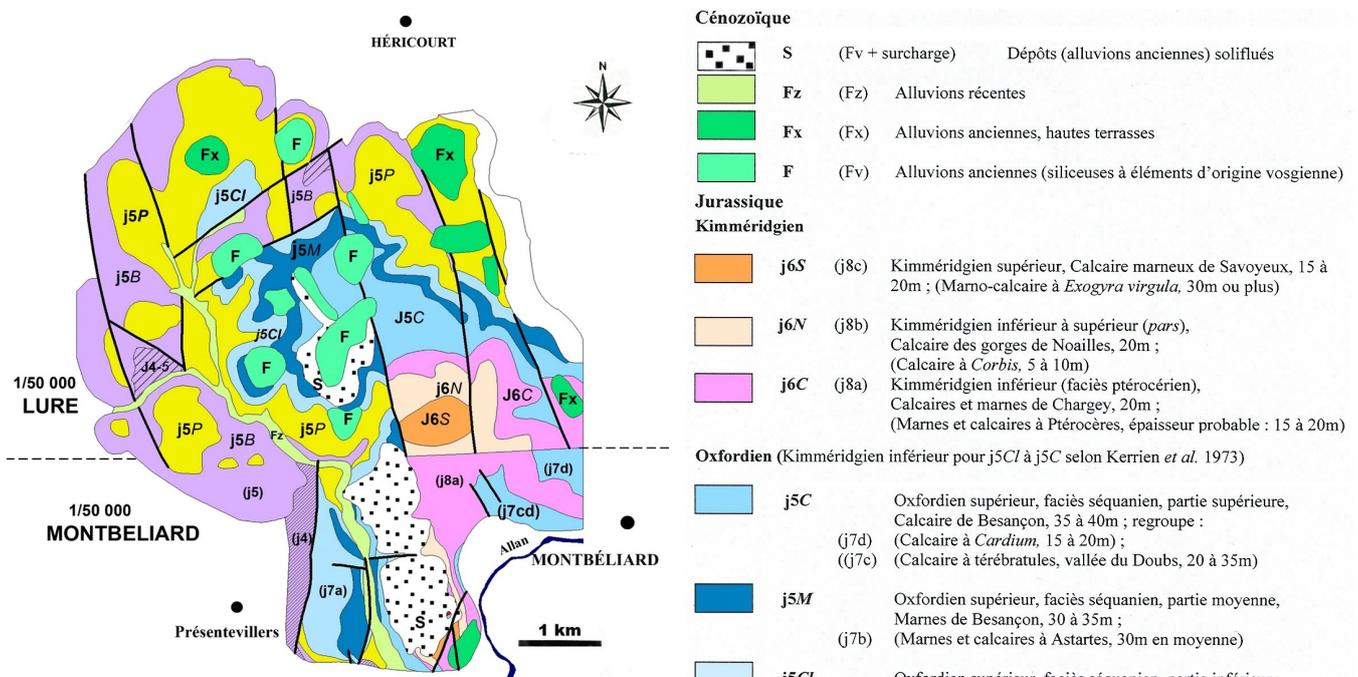


Fig. 4. Cartographie du secteur étudié adaptée des cartes géologiques à 1/50 000 Lure (2^{ème} édition, Contini, 2000) et Montbéliard (Kerrien *et al.*, 1973).

Une double notation est reportée dans la légende : à gauche, notations conformes aux normes préconisées par le BRGM (Andreieff, 1997), précédemment utilisées sur la carte Lure à 1/50 000 ; à droite (entre parenthèses), notations utilisées sur la carte géologique Montbéliard.

Fig. 4. Synthetic map of the studied area adapted from the regular geological maps at 1/50 000 scale: mapsheets Lure (2nd edition, Contini, 2000) and Montbéliard (Kerrien *et al.*, 1973).

Cénozoïque		
	S (Fv + surcharge)	Dépôts (alluvions anciennes) soliflués
	Fz (Fz)	Alluvions récentes
	Fx (Fx)	Alluvions anciennes, hautes terrasses
	F (Fv)	Alluvions anciennes (siliceuses à éléments d'origine vosgienne)
Jurassique		
Kimméridgien		
	j6S (j8c)	Kimméridgien supérieur, Calcaire marneux de Savoyeux, 15 à 20m ; (Marno-calcaire à <i>Exogyra virgula</i> , 30m ou plus)
	j6N (j8b)	Kimméridgien inférieur à supérieur (<i>pars</i>), Calcaire des gorges de Noailles, 20m ; (Calcaire à <i>Corbis</i> , 5 à 10m)
	j6C (j8a)	Kimméridgien inférieur (faciès ptérocérien), Calcaires et marnes de Chargey, 20m ; (Marnes et calcaires à Ptérocères, épaisseur probable : 15 à 20m)
Oxfordien (Kimméridgien inférieur pour j5CI à j5C selon Kerrien <i>et al.</i> 1973)		
	j5C	Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie supérieure, Calcaire de Besançon, 35 à 40m ; regroupe : (j7d) (Calcaire à <i>Cardium</i> , 15 à 20m) ; ((j7c) (Calcaire à térébratules, vallée du Doubs, 20 à 35m)
	j5M	Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie moyenne, Marnes de Besançon, 30 à 35m ; (j7b) (Marnes et calcaires à Astartes, 30m en moyenne)
	j5CI	Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie inférieure, Calcaire de Clerval, 20m ; (j7a) (Calcaires à Astartes et Calcaires à natices, 20 à 30m)
	j5P (j6)	Oxfordien moyen, faciès rauracien, Oolite corallienne de Pagnoz, calcaires oolitiques, bioclastiques, à polypiers, 30 à 35m
	j5B (j5)	Oxfordien moyen, faciès argovien, Calcaire de Bonnevaux-le-Prieuré, alternance marno-calcaire, calcaires à silex, 50m
	j4-5 (j4)	Callovien supérieur-Oxfordien, Marnes à Rengeri, 30m

arietinum. Vers le sommet abondent des pisolites et, dans les derniers centimètres, des « momies », de taille voisine du centimètre (Nord-Est d'Allondans, route de Montbéliard).

j5CI – Oxfordien moyen, faciès séquanien, partie inférieure (15 m) ; calcaires sublithographiques, parfois crayeux (*cf.* Calcaires de Clerval de D. Contini, 2000 ; j7a : Calcaires à Astartes et Calcaire à Natices de la carte à 1/50 000 Montbéliard, Kerrien *et al.*, 1973).

À la base, le calcaire récifal terminant le faciès rauracien peut se poursuivre sur 1 à 2 m, exceptionnellement sur plus de 5 m dans la carrière du Miémont où de fines tiges isolées de coraux, de quelques millimètres de diamètre, peuvent monter verticalement sur une hauteur de 1 m, tentant de survivre à l'envasement de la plate-forme. Sur la surface terminale de ce môle récifal tardif, sont plaquées, çà et là, quelques grosses huîtres, de 10 cm de longueur. Les premiers niveaux des calcaires sublithographiques contiennent localement des gravelles beige rosâtre de quelques millimètres à 1 centimètre de diamètre (Sud-Est de Trémoins (ligne LGV), Ouest de Tavey et Nord-Est d'Allondans).

La masse principale de l'unité j5CI est constituée de gros bancs de calcaire sublithographique, durs, sauf dans sa partie supérieure où (carrière du Miémont), ils sont tendres et blanchâtres. Ces calcaires sont très peu fossilifères.

j5M – Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie moyenne (30 à 35 m) ; « Marnes et calcaires à

astarte » (*cf.* Marnes de Besançon, R. Enay *et al.*, 1988 ; D. Contini, 2000 ; j7b : Marnes à Astartes du 1/50 000 Montbéliard, Kerrien *et al.*, 1973).

Au début de l'Oxfordien supérieur, à la suite de l'envasement de la plate-forme rauracienne, la région devient une vaste vase marine à sédimentation fine ; dans les calcaires s'intercalent des lits et couches argileuses.

La partie moyenne du faciès séquanien se différencie par une teinte nettement plus grise, principalement dans des petits bancs calcaires, épais de 5 à 10 cm, et la présence d'intercalations argileuses. Au Sud de la zone étudiée (carrière du Miémont), le faciès reste sublithographique dans sa partie inférieure ; les intercalations argileuses y sont rares et très minces (1 à 2 cm). Plus haut, dans la série, les intercalations argileuses deviennent probablement plus épaisses, ainsi qu'en témoignent les alternances de couches d'argile gris sombre, d'épaisseur métrique, et de bancs calcaires épais, gris clairs, effondrés et plissés dans la zone de failles située au Sud-Est de la carrière visible en 2007 et 2008. Beaucoup plus au Nord, les lits argileux peuvent atteindre la puissance du mètre, sur le plateau situé au Nord et au Nord-Est de Lure. Dans ce village, les bancs calcaires contiennent des amas d'oncholites de couleur noir bleuâtre, prenant une teinte brun rougeâtre estompée à l'altération (présence de pyrite microcristalline ?). Les oncholites sont des débris, généralement calcaires, enveloppés de couches concentriques calcaires, liées à d'anciens voiles algales.

Dans la partie médiane de *j5M*, *Astarte supracorallina* est fréquente, en lumachelle dans des joints marneux ou de façon plus éparse dans les petits bancs de calcaire gris. Dans la zone faillée au Sud-Est du Mont Chevis, ces niveaux contiennent des oncholites (lotissement du Mont-Chevis, Fig. 5).

Dans la partie supérieure de *j5M*, la série devient plus calcaire, en bancs décimétriques, sans intercalations argileuses, sur plusieurs mètres d'épaisseur et peut former des replats dans la topographie (Les Dandeligeons au Sud de Vyans-le-Val, Fig. 5 et 6). Au Sud immédiat de Dung, en bordure de la route D326, une succession de 10 m de calcaire sublithographique, en bancs très redressés dans une lanière faillée, est attribuée à cette partie sommitale du Séquanien moyen ; dans les derniers mètres, elle contient plusieurs sections de fossiles calcifiés (*Diceras* probable). De petits bancs de calcaire crayeux à débris de fossiles continuent la coupe sur quelques mètres et appartiennent déjà à la base du Séquanien supérieur (base des « Calcaires à *Cardium* »).

***j5C* – Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie supérieure (35 à 40 m) ;** Calcaire de Besançon (Enay *et al.*, 1988).

Observée ponctuellement et donc non représentée, cette formation comprend :

- un membre supérieur, le calcaire à *Cardium* de Ch. Contejean (1858), *j7d* du 1/50 000 Montbéliard ;
- un membre inférieur, le calcaire à térébratules décrit par Ch. Contejean (1858) dans la vallée du Doubs en aval de Montbéliard ; *J7c* du 1/50 000 Montbéliard, Kerrien *et al.* (1973).

Nous n'avons pas observé le calcaire à térébratules et, à Montbéliard, la partie supérieure de la série du Séquanien débute avec des calcaires blancs crayeux, contenant des débris de tests, formant un ensemble de 7 à 8 m d'épaisseur (*cf.* Calcaire à *Cardium* de Ch. Contejean, 1858). L'épaisseur de ces calcaires se réduit vers le Nord. Au-dessus, près de la grotte de Sainte-Suzanne, ce faciès crayeux, en couches pluridécimétriques, alterne avec des niveaux de calcaire sublithographique, d'une épaisseur voisine du mètre. Les calcaires sublithographiques prennent de l'importance vers le haut où ils forment des bancs épais. Dans les derniers mètres de la série de faciès séquanien, le calcaire devient rognoneux et renferme quelques lamellibranches (800 m au Nord de la grotte de Sainte-Suzanne, sous le rond-point routier ; affleurements masqués en 2008 par une plantation d'arbustes).

Une plate-forme marine s'est reformée, mais en milieu protégé, favorisant le dépôt de calcaires fins formant l'essentiel du faciès séquanien.

***j6C* - Kimméridgien inférieur : Marnes et calcaires à ptérocères (épaisseur probable : 15 à 20 m) ;** *cf.* Calcaires et Marnes de Chargey de D. Contini (2000), *j8a*

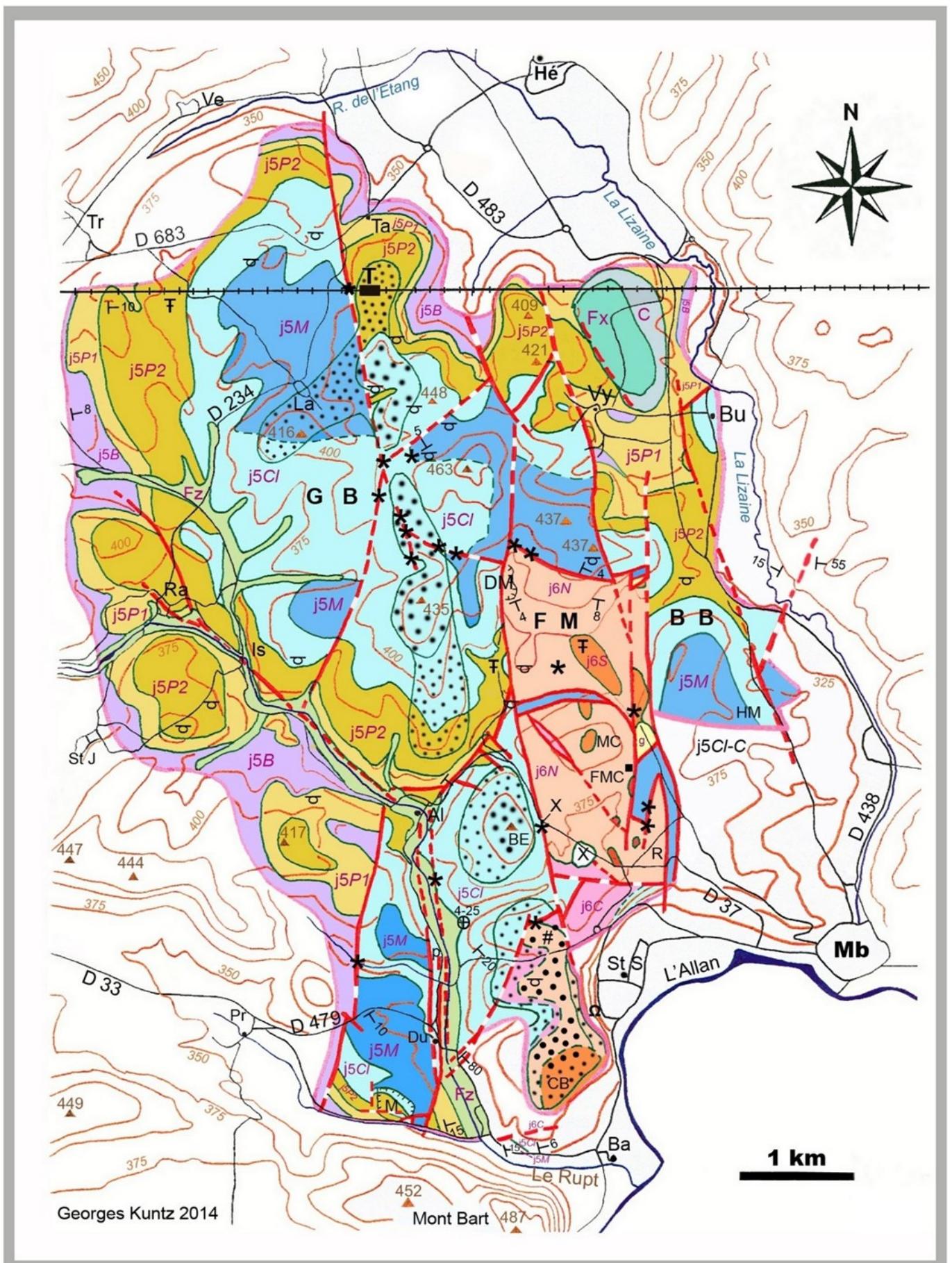
du 1/50 000 Montbéliard, Kerrien *et al.* (1973).

Cette unité présente de fréquentes variations de faciès. Au Nord-Est de Sainte-Suzanne, elle débute avec quelques décimètres de calcaire oolitique, surmonté par 2 à 3 m de calcarénite fine, blanche, crayeuse, recouverte par de petits bancs de calcaire sublithographique. Au-dessus, commence le faciès marno-calcaire à ptérocères : alternance de calcaires fins à débris fossilifères, aux formes variées, et de marnes gris clair, très fossilifères. En montant la série, la succession apparaît très variable, avec une prédominance de bancs de calcaire très riches en débris, d'épaisseur décimétrique (un Nautilite a été trouvé dans ces calcaires). La formation se termine avec une couche de marne pluridécimétrique, surmontée localement par un niveau de calcaire oolitique, épais de 2,50 m au lotissement du Mont Chevis (Fig. 5), ou un lit de marno-calcaire contenant quelques oolites, épais de 0,50 m dans le lotissement du plateau au Nord de Sainte-Suzanne (ancien terrain militaire). Au Grand Charmont (Nord-Est de Montbéliard), les Marnes et calcaires à ptérocères ont livré une ammonite : *Pachypictonia* de la zone à *Hypselocyclum*.

***j6N* – Kimméridgien inférieur à supérieur (pars.) - Calcaire des Gorges de Noailles (20 m) ;** *cf.* Calcaires à *Corbis* de Ch. Contejean (1858, 1862) ; *j8b* du 1/50 000 Montbéliard, Kerrien *et al.* (1973).

Dans la partie inférieure de l'unité, le lithofaciès varie, avec parfois une microcalcarénite d'un blanc crayeux, d'une épaisseur de 8 à 10 m ; dans sa partie supérieure, le faciès devient plus graveleux, à débris de fossiles, quelques-uns entiers et de petite taille (déchetterie de la forêt de Montevillars, Fig. 5, lieu noté DM et lotissement au Nord de Sainte-Suzanne). Ailleurs, la série débute avec de petits bancs de calcaire sublithographique, à grain fin, de couleur claire (lotissement du Mont Chevis, au Sud-Ouest de la ferme du Mont Chevis, Fig. 5, lieu noté FMC, à l'arrière de l'immeuble au N° 1 de l'avenue de la Principauté de Montbéliard). Dans la partie supérieure de l'unité, de gros bancs de calcaire sublithographique, de couleur claire, alternent avec quelques minces lits marneux fossilifères de quelques décimètres d'épaisseur. C'est probablement à la base ou au sein de la partie supérieure de cette unité que doit s'intercaler un niveau de 2 m de marnes fossilifères avec de petites plaquettes de calcaire à la base (excavation pour une piscine, 2 rue Ronsard ; Fig. 5, lieu noté R ; près du lotissement du Mont Chevis). De haut en bas, les épaisseurs en mètres sont les suivantes :

- 0,20 à 0,60 : sol terreux noir ;
- 0,80 : argile brune (altération ?), mal visible à sa base ;
- 0,80 à 1,00 : marne grise, très argileuse, à passées de minces plaquettes de calcaire marneux gris ; vers sa base, sur 0,10 m, calcaire marneux en miches et petits bancs ; faune : huîtres menues et nombreuses (plus petites qu'*Exogyra virgula*), *Alectryonia sp.*, débris de *Trichites*,



Formations superficielles

	C	Colluvions
	Fz	Alluvions holocènes du bassin versant du Rupt
	FwV	Alluvions du Pléistocène moyen de la Lizaine d'après D. Contini <i>et al.</i> (2000)
	SFu-Aj	Mélange d'alluvions anciennes Fu et d'argiles d'altération, solifluées sur les versants
	RFu	Alluvions généralement résiduelles d'âge miocène possible

Tertiaire

	e-g	Eocène et Oligocène indifférenciés, g : conglomérats (Système de Bourgogne possible, Oligocène) e : calcaires lacustres, surmontés de brèches calcaires (Eocène ?)
---	------------	--

Jurassique

Kimméridgien

	j6S (j8c)	Kimméridgien supérieur (<i>pars</i>), Marno-calcaire à <i>Exogyra virgula</i> cf. Calcaire marneux de Savoyeux de Contini <i>et al.</i> (2000)
	j6N (j8b)	Kimméridgien inférieur à supérieur (<i>pars</i>), Calcaire des gorges de Noailles (20m), cf. Calcaire à <i>Corbis</i> de Contini <i>et al.</i> (2000)
	j6C (j8a)	Marnes et calcaires à Pterocères (épaisseur probable : 15 à 20m) cf. Calcaires et marnes de Chargey de Contini <i>et al.</i> (2000)

Oxfordien

	j5CI-C	Oxfordien supérieur, faciès séquanien indifférencié (hors zone cartographiée)
	j5C	Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie supérieure, Calcaire de Besançon (35 à 40m) ; seulement en notice, regroupe : (j7d) Calcaire à <i>Cardium</i> (j7c) Calcaire à térébratules (vallée du Doubs)
	j5M	Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie moyenne Marnes de Besançon (30 à 35m) (j7b) Marnes et calcaires à astartes
	j5CI	Oxfordien supérieur, faciès séquanien, partie inférieure ; calcaires sublithographiques, parfois crayeux (15m) ; cf. Calcaire de Clerval de Contini <i>et al.</i> (2000) (j7a) Calcaires à astartes et Calcaire à natices
	P2 j5P (j6)	Oxfordien moyen, faciès rauracien (30 à 35m) cf. Oolite corallienne de Pagnoz de Contini <i>et al.</i> (2000)
	P1	J5P2 partie supérieure ; calcaire oolitique (15 à 20m) j5P1 , partie inférieure, calcaire à polypiers (15m)
	j5B (j5)	Oxfordien moyen, faciès argovien, (50 à 60m) : alternance de bancs silteux et de lits argileux à miches calcaires ; cf. Calcaire de Bonnevaux-le-Prieuré de Contini <i>et al.</i> (2000)

Traits

	verts - : limites de formations géologiques
	verts discontinus - limites masquées ou supposées de formations géologiques
	rouges continus - : faille bien argumentée
	rouges discontinus - : faille supposée ou masquée
	bistres - : courbes de niveau (équidistance : 25m)
	noirs - : routes principales
	rose - : limites du secteur cartographié
	pendage ; valeur en degrés
	entonnoir d'absorption karstique
	entonnoir d'absorption karstique comblé
	ancienne mine de fer du Jaugier, noyée et comblée (Sainte Suzanne)
	grotte de Sainte Suzanne
	carrière abandonnée
	carrière exploitée avec son front de taille à l'époque des levés
	gîtes de fossiles caractéristiques : <i>Exogyra virgula</i> (j6S), astartes (j5M), <i>Diceras arietinum</i> (j5P2)
	ancienne décharge, au NW de Montbéliard

Fig. 5. Carte géologique détaillée d'un secteur situé à l'Ouest et au Nord de Montbéliard.

Explorations et levés géologiques par G. Kuntz avec la collaboration de F. Ménillet entre 2006 et 2008. Compléments de levés en 2010 (failles au Nord-Est de Dung) et en 2014 (secteur de Bussurel). Cartographie de la carrière du Miémont en 2007.

Une double notation est utilisée pour le Jurassique : à gauche, notations conformes aux normes préconisées par le BRGM (Andrieuff, 1997), précédemment utilisées sur le carte Lure à 1/50 000 (2^{ème} édition, Contini, 2000) ; à droite (entre parenthèses), notations utilisées sur la carte géologique Montbéliard (Kerrien *et al.*, 1973).

L'épaisseur des formations jurassiques est indiquée entre parenthèses.

Abréviations utilisées : **Al** : Allondans ; **Ba** : Bart ; **BB** : Bois Bourgeois ; **Bu** : Bussurel ; **CB** : ancien château d'eau de Bart ; **DM** : déchetterie de la Forêt de Montevillers ; **Du** : Dung ; **FM** : Forêt de Montevillers ; **FMC** : ferme du Mont Chevis ; **GB** : Grands Bois de Laire et de Raynans ; **Hé** : Héricourt ; **Is** : Issans ; **La** : Laire ; **M** : carrière du Miémont ; **Mb** : Montbéliard ; **MC** : Mont Chevis ; **P** : rue des Plainots, au N. de Dung ; **Pr** : Présentevillers ; **R** : rue Ronsard ; **Ra** : Raynans ; **St J** : Saint-Julien-lès-Montbéliard ; **St S** : Sainte-Suzanne ; **T** : coupe LGV de Tavey ; **Ta** : Tavey ; **Tr** : Trémoins ; **Ve** : Verlans ; **Vy** : Vyans-le-Val.

Fig. 5. Detailed geological map of the area located to the North and NW of Montbéliard.

A double notation is used for the Jurassic: that on the left followed the normalized nomenclature (Andrieuff, 1997), previously used for the 2e edition of the Lure map (Contini, 2000); that on the right and in brackets was used on the Montbéliard map (Kerrien *et al.*, 1973).

The thickness of the Jurassic formations is indicated between brackets.

nombreuses sortes de lamellibranches, pholadomies assez grandes et abondantes.

Selon le propriétaire, la fouille de la maison située en contrebas de la sienne a aussi entaillé des marnes, mais rencontré un calcaire à 2 m de profondeur, probablement le sommet de la partie inférieure du Calcaire de Noailles qui affleure un peu plus bas, le long de la route de Montbéliard à Allondans (D 37) où il est très diaclasé en raison de sa proximité avec une faille.

j6S – Kimméridgien supérieur (pars) – Marno-calcaires à *Exogyra virgula* (cf. Calcaires marneux de Savoyeux de D. Contini, 2000 ; j8c sur le 1/50 000 Montbéliard, Kerrien et al., 1973).

Dans la zone étudiée, le faciès virgulien est presque entièrement érodé. Seule sa base est localement conservée en lambeaux résiduels sur le Mont Chevis (Fig. 5), ainsi qu'au Sud, sur les hauteurs dominant le village de Bart. Elle est constituée par une alternance de plaquettes de calcaire argileux, avec des pistes et des perforations d'invertébrés et des lits, de quelques centimètres d'épaisseur, de marne très fossilifère : lumachelles à *Exogyra virgula*, lamellibranches et térébratules. Une passée calcaire à petites gravelles et débris de fossiles contient quelques grains de glauconie (flanc nord du Mont Chevis, Fig. 5). D. Contini (2000) a identifié, dans un banc marno-calcaire surmontant ce niveau à glauconie, l'ammonite *Orthaspidoceras*. Dans la région, la partie supérieure de la formation a livré des *Aspidoceras* et des *Aulacostephanus* de la zone à Eudoxus (Contini, 2000).

CENOZOÏQUE

Un petit fossé tectonique a été découvert par G. Kuntz dans le secteur oriental de la zone cartographiée que nous appellerons « fossé du Bois Bourgeois ». Aux extrémités septentrionale et méridionale de ce fossé affleurent des restes de dépôts tertiaires. Les premiers furent découverts à l'Ouest de la faille de la gare de Montbéliard qui limite vers l'Ouest le « Golfe de Montbéliard » (terme habituel et emphatique pour désigner l'extrême extension SW du fossé tertiaire de Dannemarie, localisée dans un petit fossé annexe entre Montbéliard et Méziré) (voir Ménillet, en préparation).

e-g - Éocène à Oligocène

Dans le petit fossé d'effondrement situé au Sud-Est de la clairière des Dandeligeons, aux confins de la forêt de Montevillars et du Bois Bourgeois (Fig. 5), des lambeaux de conglomérats tertiaires occupent une partie du fond de la dépression. Deux formations (e et g) sont reconnues dont l'une (g – Conglomérats) n'affleure que ponctuellement et n'as pas été cartographiée.

e – Calcaires lacustres, Éocène probable et brèche à éléments de Jurassique, Éocène ou début de l'Oligocène

Dans la partie septentrionale du fossé du Bois Bourgeois, une série d'affleurements calcaires est visible

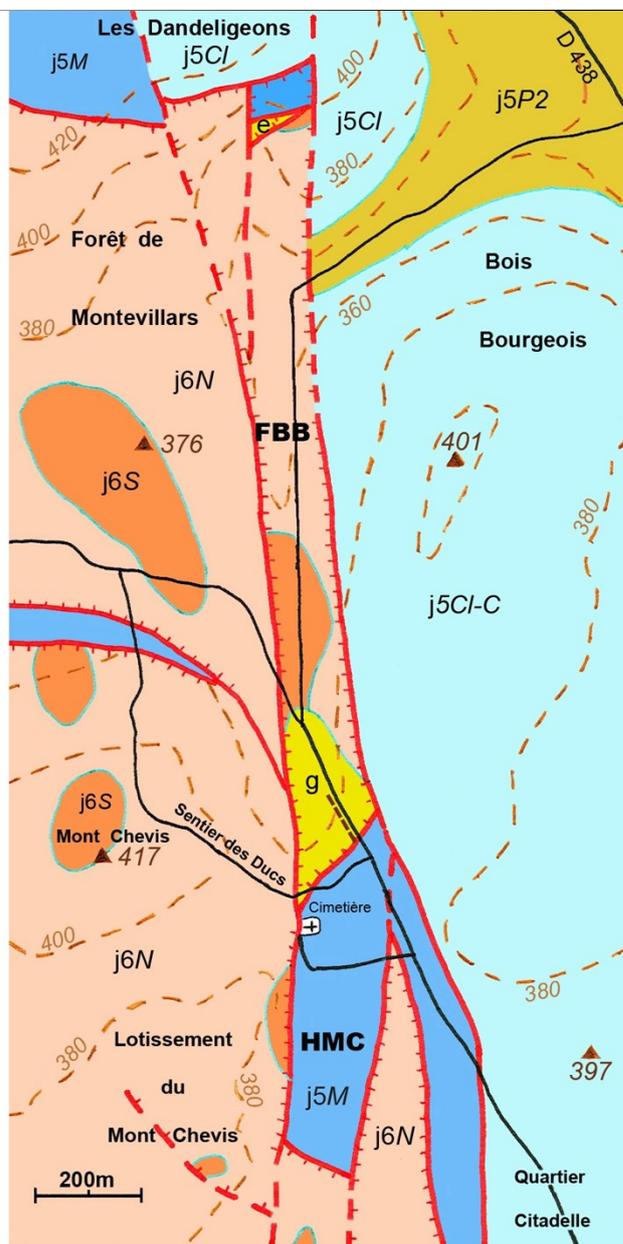


Fig. 6. Carte géologique détaillée du fossé du Bois Bourgeois au Nord de Montbéliard. FBB - Fossé du Bois Bourgeois ; HMC - Horst du Mont Chevis. --- - Tranchée étudiée par G. Kuntz en 1993.

Fig. 6. Detailed geological map of the Bois Bourgeois graben north of the Montbéliard city.

FBB - Bois Bourgeois graben; HMC - Mont Chevis Horst. --- - Trench studied by G. Kuntz en 1993.

sur une distance de plus de 20 m, le long du talus abrupt d'un vallon, situé à proximité immédiate de la faille orientale du fossé. Les couches, visibles sur les différents affleurements, ont un pendage apparent de 30° vers le Sud-Ouest. Ce pendage et la proximité de la faille ont favorisé une altération. Les conditions d'affleurement, dans un contexte tectonique sur lequel se greffent probablement des phénomènes karstiques, ne permettent pas d'intégrer ces affleurements dans une coupe continue.

Sur un substratum masqué, le premier affleurement débute avec un banc de 1 m de calcaire bréchiq ue à éléments de calcaire sub-lithographique de couleur claire, de 1 à 5 cm de longueur. Le ciment du banc est un calcaire jaunâtre microbréchiq ue, à rares pisolites d'oxyde de fer.

Après une lacune d'observation, longue de 7 m, deux autres affleurements se succèdent, l'un sur 2 m, le second

sur 1,50 m, puis dans les 6 mètres suivants, apparaissent des calcaires jaune à ocre, plus ou moins riches en pisolites d'oxyde de fer (1 à 2 mm de diamètre) avec de nombreux microlits de calcite. Dans le dernier mètre, on voit sur 0,50 m ce même type de calcaire, avec quelques dalles courbes, de 2 à 3 cm d'épaisseur montrant de fins rubanements millimétriques à filets de calcite.

Sur le premier affleurement, F. Ménillet a observé un calcaire jaune à ocre à pisolites d'oxyde de fer dont le « ciment » présente des figures de restructuration fréquentes dans les calcaires d'eau douce : îlots résiduels de 1 à 10 mm, épargnés par une recristallisation en micrite secondaire du fond cryptocristallin initial, veines de calcite spathique, de formes irrégulières, anastomosées ; niveaux rubanés semblables à une pellicule rubanée de calcrète ou à un revêtement de stromatolite laminaire, pouvant s'invaginer dans le calcaire sous-jacent, poinçonné par un élément isolé du conglomérat (thixotropie probable de la boue carbonatée initiale).

Ces affleurements n'ont pas livré de fossiles. Nous les attribuons à l'Éocène.

À la suite affleure sur 9 m, un agglomérat à galets calcaires plus ou moins roulés, avec parfois un ciment de calcaire jaune à ocre à pisolites d'oxyde de fer ou un ciment marneux en lits minces.

Les 6 premiers mètres présentent un aspect de formation de versant, avec des galets calcaires de 1 à 15 cm de long et quelques blocs longs de 30 à 60 cm. Les niveaux de galets, peu cimentés, alternent avec de minces lits marneux intermédiaires. Les galets et blocs calcaires remaniés proviennent probablement de la partie moyenne du Kimméridgien (*j6N*), calcaire sublithographique de couleur claire.

Les premiers mètres du conglomérat, à blocs grossiers, ont pu se former lors d'un jeu synsédimentaire de la faille voisine ou au cours de l'évolution en doline de la dépression située entre les 2 failles, avec un mouvement de fauchage sur sa bordure dès cette époque. Toute la combe septentrionale, où reposent les terrains tertiaires, est parsemée d'anciennes fouilles, laissant souvent des mares à la surface ; anciennes recherches probables de minerai de fer.

Le dépôt tertiaire daté le plus proche, à Grand-Charmont (Fig. 2), a livré *Planorbis pseudoammonius* du Lutétien (Théobald *et al.* 1967) ; un peu plus à l'Est, la formation conglomératique de Bourogne (Système de Bourogne) contient des mollusques de l'Oligocène inférieur (Théobald et Devantoy, 1963).

g - conglomérats, Système de Bourogne probable, Oligocène

Au Sud du fossé du Bois Bourgeois, près de la ferme du Mont Chevis (Fig. 5 et 6), une tranchée Sud-Nord, profonde de 1,5 m et longue de 220 m (observation G. Kuntz en 1993) recoupaît, du Sud au Nord :

- des calcaires de faciès séquanien ;
- une petite faille, localisée à l'orée du Bois Bourgeois, oblique à l'axe du fossé ;
- sur environ 40 m, un conglomérat à éléments calcaires de 1 à 30 cm de longueur, sub-émoussés à anguleux pour les plus gros et ciment marneux beige jaunâtre puis rougeâtre, avec localement une passée de conglomérat à ciment calcaire beige-jaunâtre ou rouge. Ces matériaux conglomératiques rappellent certains faciès du Système de Bourogne, d'âge oligocène et pourraient lui appartenir ; nous leur avons donc attribué de façon hypothétique cet âge (notation « g ») ;
- à une distance de 40 à 50 m du début de la coupe, affleuraient des marnes ou argiles brun-rouge, à petits fragments calcaires (épaisseur de 1 à 2 m) ; ce faciès persiste au-delà de 50 m, puis est remplacé par des argiles brun-jaune sans cailloutis ;
- au-delà de 100 m, on ne trouve plus que des limons, anciens loess possibles, plus ou moins remaniés et altérés, pouvant masquer des dépôts oligocènes.

Alluvions anciennes

Dans le secteur que nous avons cartographié, la seconde édition de la carte à 1/50 000 Lure (Contini *et al.*, 2000) figure des alluvions « F » situées à différents niveaux, hors des vallées principales. Observées dans la tranchée de la ligne ferroviaire à grande vitesse (LGV) au Sud de Tavey et dans les bois situés plus au Sud, ces alluvions nous sont apparues sous deux faciès : l'un résiduel (**R_{Fu}**) et l'autre largement soliflué sur les versants (**S_{Fu-Aj}**).

R_{Fu} - Alluvions généralement résiduelles d'âge miocène possible

Ces alluvions se présentent sous deux faciès qui définissent deux unités que nous n'avons pas distinguées cartographiquement :

- une unité supérieure à blocs de grès ;
- une unité inférieure à fine organisation séquentielle et petits galets.

I - Unité inférieure : alluvions des poches karstiques de la LGV à Tavey

Au Sud de Tavey, les déblaiements sur l'emprise de la voie ferrée à grande vitesse (LGV Rhin-Rhône) ont entaillé une colline à substrat de calcaires oolithiques oxfordiens (*j5P2*), recouverts et pénétrés en poches par une argile rouge, type *terra rossa*, résidu de la décalcification de la partie supérieure des calcaires. 200 à 250 m à l'Est de l'entonnoir karstique figuré sur la carte contre le tracé de la faille de Tavey (Fig. 5), une des poches recoupées par les engins de terrassement renfermait une masse d'alluvions, haute d'environ 3 m et large de 1,50 m (Fig. 7). La cote de la base du remplissage alluvial est estimée à 390 m. Incluse

dans l'argile rouge AR, compacte, homogène et tronquée à sa partie supérieure par les travaux de terrassement, cette poche présente une succession de lits d'alluvions qui peut être subdivisée en 3 ensembles A, B, C (observations G. Kuntz en septembre 2007) :

- **l'ensemble A** comprend 6 séquences (Fig. 7) formées d'un lit de sable S surmonté par un lit de galets G, lui-même recouvert, dans les 4 séquences supérieures, par une fine pellicule jaune indurée, riche en oxydes de fer (Fe) ; succession S-G-Fe. Jaunâtre, constitué de grains de quartz, pour l'essentiel, le lit sableux est épais de 4 à 5 cm dans la première séquence et diminue rapidement dans les séquences suivantes où il n'excède plus 2 cm. Parmi les séquences de base, les lits de galets contiennent de nombreux fragments centimétriques de quartz ;
- **l'ensemble B** comprend une vingtaine de séquences qui se réduisent à 2 termes, un lit de galets G recouvert par la pellicule ferrugineuse Fe ; succession G-Fe. En montant la série, la pellicule ferrugineuse se morcelle de plus en plus ;
- **l'ensemble C** ne comprend quasiment plus que des lits de galets, à l'exception d'un lambeau de pellicule ferrugineuse dans sa partie supérieure ; succession G-G(Fe).

Les lits de cailloutis sont constitués uniquement de galets de roches du Paléozoïque. L'épaisseur des lits de galets croît, dans l'ensemble, de bas en haut (3 à 5 cm dans A ; 5 à 10 cm dans B ; jusqu'à 15 cm dans sa partie supérieure). Il en va de même pour la taille des galets : longueur 1 à 2 cm à la base de A, 3 à 5 cm dans B, 3 à 10 cm dans C. Bien imbriqués les uns dans les autres, ces galets sont nettement arrondis, sauf à la base de A où ils sont seulement émoussés, avec une forme plus ou moins irrégulière.

Les lits de cailloutis de A contiennent de nombreux petits galets de quartz blanc, à structure bréchique, tous de même taille (au plus 1 cm). Ils sont émoussés à peu usés et semblent provenir d'un remaniement des lits conglomératiques du Dévono-Dinantien qui affleurent dans la vallée de la Lizaine, entre Chagey et Chenebier (Fig. 2 ; Série de la Gigoutte à passées conglomératiques riches en petits éléments de quartz.).

En revanche, l'origine des galets bien roulés de roches du Paléozoïque peut être recherchée, pour l'essentiel, dans les cailloutis du Permien qui devaient déjà affleurer, au moins dans le lit du cours d'eau, au Nord du massif de Chagey (Fig. 2).

Enfin, les galets d'une taille de 2 à 5 cm de la partie supérieure de A, de B et de la partie inférieure de C pourraient provenir du Trias gréseux, en particulier du Conglomérat principal du Buntsandstein (Poudingue de Sainte-Odile) qui affleure au Sud-Est et au Nord-Ouest du

massif de Chagey (Fig. 2) où la cuesta du Chérumont (Ch) devait se situer nettement plus à l'Est à l'époque du dépôt des alluvions Fu.

Dans l'ensemble A, les séquences élémentaires S-G (Fe) sont négatives (croissance de la taille des éléments de la base au sommet de la séquence). Par l'augmentation progressive de l'épaisseur des lits de cailloutis et de la taille des galets, la totalité de la coupe forme une séquence d'ordre supérieure aussi négative, indiquant des apports épisodiques, avec une augmentation progressive de la force du courant qui, à partir de B, n'apporte plus que des galets. Le morcellement de la pellicule ferrugineuse apparaît lié à la force érosive du courant chargé de galets.

Une telle succession pourrait s'expliquer par une cyclicité climatique entraînant une variation de la compétence du cours d'eau, augmentant de façon progressive et modérée au début de chaque séquence. G. Kuntz interprète l'absence de matrice sableuse ou limoneuse dans les lits de galets par le développement probable d'un voile algaire au sommet des séquences détritiques, piégeant les particules fines et des complexes ferreux, et empêchant l'illuviation de ces particules fines dans les lits de galets. Une phase plus sèche aurait permis l'oxydation du fer et l'induration de l'ancien voile algaire.

Selon F. Ménillet (en préparation), l'unité inférieure de R_{Fu} daterait au moins du Miocène moyen .

Remarquons l'excellente conservation de ce lambeau d'alluvions dont les lits sont parfaitement horizontaux, sans les déformations habituelles des dépôts de poches karstiques et ses bords quasi-verticaux.

Pour les expliquer, on peut envisager un effondrement brutal de la poche karstique et peut être une cohérence du matériel alluvial gelé. Rappelons qu'en période froide, les

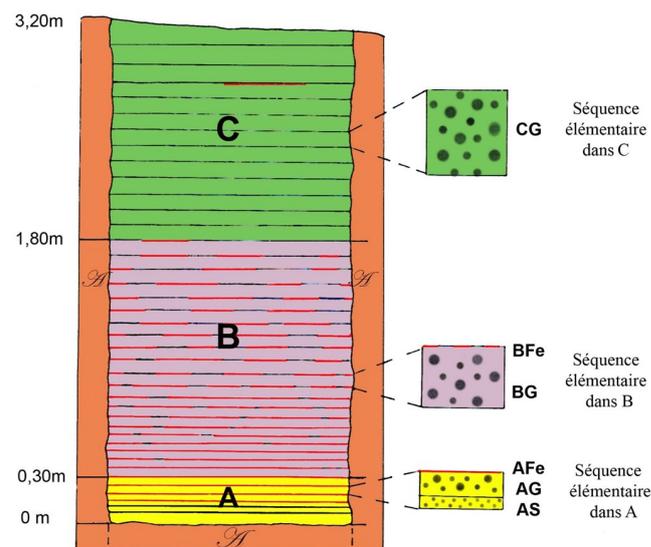


Fig. 7. Alluvions d'âge miocène possible piégées dans une poche « karstique » révélée lors du creusement de la ligne LGV à Tavey (Haute Saône, France). Observations de G. Kuntz, en 2007.

Abréviations : BFe (traits rouges) - pellicule ferrugineuse ; AG, BG, CG - lits de galets dans A, B et C ; AS - lits de sable dans A ; A - argile d'altération ancienne rouge. Les niveaux A, B et C ont été représentés par des teintes différentes.

Fig. 7. Outcrop of alluvial deposits of possible Miocene age trapped in a karstic cave revealed by the trenching of the LGV line at Tavey, LGV (Haute Saône, France). Observations by G. Kuntz in 2007.

phénomènes de dissolution des calcaires sont plus intenses.

II - Unité supérieure : Paléo-Rahin de Laire

Des galets et blocs, provenant pour l'essentiel des grès du Trias, groupe du Buntsandstein, et du socle paléozoïque, résiduels, constituent les restes de la partie supérieure des alluvions Fu. Ils gisent en surface ou « flottent » dans l'argile rouge de décalcification où ils se sont probablement enfoncés par thixotropie, lors des grandes périodes de dégel des dernières glaciations. Leur forme est bien arrondie, à l'exception de quelques-uns dont les angles apparaissent à peine émoussés.

Au Sud de Tavey, les travaux de la LGV ont dégagé de très nombreux gros galets et blocs de grès de 15 à 40 cm de longueur (mode compris entre 20 et 30 cm). A la surface des champs, avant les travaux, gisaient des blocs sub-émoussés de grès, parfois conglomératiques, de forme souvent plus allongée que les blocs arrondis ; la longueur des plus grands atteint 60 cm. Au sein des argiles rouges de la tranchée de la LGV, un bloc émoussé de quartz filonien de 40 cm a été observé, ainsi que deux blocs de grès. Le bloc de quartz renferme quelques inclusions de schistes silicifiés qui indiquent sa provenance du socle paléozoïque. D'autres affleurements de R_{Fu} livrent des galets et de petits blocs de conglomérats et grès paléozoïques (grauwackes) et des volcanites acides (kératophyres). Ces alluvions ne sont donc pas constituées exclusivement de roches originaires du Buntsandstein, comme l'ont noté N. Théobald et D. Contini (1965). En prenant en compte les 2 unités R_{Fu}, les blocs semblent terminer une séquence fluviatile négative due à une augmentation d'ensemble de la compétence de la rivière jusqu'au régime torrentiel, mais nous n'avons pas observé les deux unités selon une succession continue et une longue lacune peut aussi séparer ces deux dépôts. Assez altérés, entièrement décolorés et moins durs, les blocs de grès proviennent, pour l'essentiel, des Couches intermédiaires du Buntsandstein et les blocs de conglomérats du Poudingue de Sainte-Odile (souvent appelé Conglomérat principal). Quelques blocs ont conservé leur teinte rouge.

Autres témoins d'alluvions résiduelles R_{Fu} entre Laire et Bart

Au Sud du secteur recoupé par la LGV, les blocs sub-émoussés s'observent aussi dans les Grands Bois (Fig. 5, GB), avec une taille maximale de 42 cm, entourés de galets bien roulés de grès et de roches du Paléozoïque : grauwackes, conglomérats, roches volcaniques acides (kératophyres). Les blocs roulés de mylonites, de quartz filoniens ou bréchiques des zones de faille ne sont pas rares et sont parfois aussi gros que ceux de grès. On les retrouve au Nord et à l'Est d'Allondans sur la butte du Berceau (Fig. 5, BE, culminant à 413 m), puis sur les hauteurs dominant Sainte-Suzanne, à l'Ouest et enfin au-dessus de Bart. Là, dans les terrassements de l'ancien château d'eau (Fig. 5, CB) et de quelques maisons voisines, les gros galets et

petits blocs de grès bien arrondis s'accompagnent encore de blocs de grès, certains conglomératiques, la longueur du plus gros atteignant encore 60 cm. Des galets plus petits de roches du Paléozoïque se mêlent aux blocs de grès, mais paraissent moins nombreux car ils ont, sans doute, été entraînés plus loin. Situés sur un interfluve en contrebas du plateau et emballés dans un matériau argileux, ces restes d'alluvions sont vraisemblablement soliflués (observation de G. Kuntz en décembre 1969). Sur le plateau, situé entre Dung et Sainte-Suzanne, les cailloutis R_{Fu} comprennent un galet de silex, long de 25 cm, provenant probablement des calcaires de la partie supérieure du Muschelkalk moyen, dont la bande d'affleurement était recoupée par l'ancien cours d'eau Fu, au Sud du massif de Chagey (au sein du Trias figuré près de cette localité, sur la Fig. 2 ; détail sur la feuille Lure, Contini, 2000).

Résiduelles et conservées sur des replats à une altitude supérieure à 400 m, soit au moins 90 m au-dessus du fond des vallées principales actuelles, les alluvions de l'unité supérieure de la formation R_{Fu} jalonnent, entre Laire au Nord et Bart au Sud, un ancien cours d'eau. En prenant en compte le lambeau d'alluvions le plus élevé : 448 à l'Est de Laire et le plus méridional : 401 m au-dessus de Bart, soit une différence d'altitude de 47 m sur 5,6 km, on a une idée de la pente moyenne que pouvait avoir l'ancien cours d'eau dans ce secteur : 0,7 %, si elle n'a pas été modifiée par des mouvements tectoniques. Nous l'appellerons Paléo-Rahin de Laire.

Plus en amont, nous avons vu que cette paléo-rivière devait entailler les roches paléozoïques du massif de Chagey (Fig. 2), peut-être encore surmontées, au moins sur son versant occidental, par les grès du Trias, que l'on trouve conservés à l'altitude de 547 m au bois de la Thure (Fig. 2). Dans cette hypothèse, ces grès pouvaient dominer la rivière d'une cinquantaine de mètres et libérer, par érosion, des blocs tombant dans le Paléo-Rahin, à compétence suffisamment forte pour les transporter sur une vingtaine de kilomètres. En extrapolant la structure actuelle à l'époque du dépôt, la pente moyenne de ce cours d'eau, entre le massif de Chagey et les Grands Bois de Laire, ne dépasserait pas 0,3 %, soit une cote voisine de 480 m au Nord du massif de Chagey, du même ordre de grandeur que les altitudes maximales atteintes par le Paléozoïque dans ce secteur (473 et 481 m). Ultérieurement, le Paléo-Rahin s'est encaissé dans le massif paléozoïque de Chagey, mais a été capturé par une rivière empruntant la vallée actuelle de la Lizaine, en aval d'Héricourt (Fig. 2), comme en témoignent des restes d'alluvions anciennes, notamment à Vyans-le-Val, d'âge probable pléistocène moyen, déjà observés par N. Théobald et D. Contini (1965), notés Fx et attribués au Pléistocène moyen récent (« Riss ») par D. Contini *et al.* (2000). Une reconstitution des profils des Paléo-Rahin de Laire et Vyans-le-Val dans la topographie actuelle, est proposée par F. Ménillet (en préparation).

Les lambeaux résiduels R_{Fu} apparaissent localisés dans un panneau délimité par deux failles sub-méridiennes ;

à l'Ouest celle de Laire et ses relais vers l'Ouest, et à l'Est, la faille qui traverse la déchetterie de la forêt de Montevillers (Fig. 5, DM). On ne peut exclure que ces deux failles aient joué au moment du dépôt des alluvions Fu, entraînant une subsidence tectonique du panneau qu'elles délimitent et la « canalisation » du cours d'eau Fu, mais nous n'avons pas d'arguments pour le démontrer.

Âge de l'unité supérieure des alluvions R_{Fu}

F. Ménillet (en préparation) replace les alluvions R_{Fu} dans le contexte des différents dépôts alluviaux d'âge miocène à pléistocène moyen affleurant sur le seuil de Belfort et adopte l'hypothèse de N. Théobald et D. Contini (1965) de les considérer comme antérieurs aux Cailloutis du Sundgau, datés du Pliocène moyen par H. Liniger (1967), puis C. Petit *et al.* (1996) sur la base des micromammifères. Comme ces derniers, les alluvions R_{Fu} comportent des éléments à l'état d'altération variable. Les galets remaniés du Poudingue de Sainte-Odile (Trias), faits de quartz et quartzite très résistants, ne sont pas altérés, tout comme d'autres éléments compacts et généralement à grain fin du socle paléozoïque (volcanites acides, quartzites). Les galets de grès triasique sont souvent décolorés, mais encore cohérents ; quelques-uns conservent leur couleur rouge ; ceux à ciment de quartzite, très durs, ne sont pas altérés. F. Ménillet (en préparation) évoque plusieurs hypothèses pour expliquer ce degré d'altération aussi variable pour une formation dont l'âge pourrait remonter au Miocène.

S_{Fu-Aj} - mélange d'alluvions anciennes Fu et d'argiles d'altération solifluées sur les versants

Largement emballées dans des argiles d'altération, ocre en surface et rouges en profondeur, les alluvions résiduelles R_{Fu} ont été souvent solifluées sur les versants sur des dénivelées atteignant plusieurs dizaines de mètres ; au Sud et au Sud-Ouest de Laire, les solifluxions ont même progressé sur un axe de collines à une altitude nettement inférieure à celui de leur dépôt initial. De teinte brune à marron brique, ce matériau argilo-sableux à graviers, galets et blocs peut être localement assez épais comme l'indiquent les sondages 04437X0209 (2,6 m), 7X0033 (3,4 m) et 7X0207 (5 m) dans le secteur de Laire (Contini *et al.*, 2000).

F_{wV} - Alluvions d'âge probable Pléistocène moyen : dépôts du Paléo-Rahin de Vyans-le-Vail

Situées sur des replats dominant le fond de la vallée de la Lizaine d'environ 45 m ; figurées en Fx sur la carte géologique de Lure (Contini, 2000), les alluvions du Paléo-Rahin de Vyans-le-Val nous paraissent plus anciennes et probablement contemporaines de la Paléo-Doller de Bréchaumont, à l'est de Belfort (Ménillet, en préparation).

Fz - Alluvions holocènes de la vallée du Rupt

La Banque de Données du Sous-Sol du BRGM (BSS) ne répertorie qu'un seul sondage donnant une lithologie et une épaisseur des alluvions holocènes du fond de la vallée

du Rupt, l'ouvrage 02744X0025, traversant un dépôt de sables et graviers, épais de 1,5 m. Ces matériaux sont vraisemblablement remaniés des alluvions anciennes Fu, résiduelles sur les buttes du Berceau et les hauteurs de Sainte-Suzanne.

Plus en amont, dans les zones dépourvues de cette couverture alluviale ancienne, les alluvions holocènes de la vallée du Rupt et de ses vallons tributaires sont vraisemblablement constituées de limons plus ou moins argileux, comme l'observe D. Contini (2000) pour les vallées secondaires du secteur où leur épaisseur peut atteindre et dépasser localement 5 m.

C - Colluvions

Sédiments de bas de versants, déposés principalement par les eaux de ruissellement, les colluvions sont fréquentes, juste au-dessus des fonds de vallons ; la carte Fig. 5 les représente seulement au NE de Vyans-le-Val où elles sont épaisses, assez étendues et constituées de limons, contenant quelques galets épars remaniés des alluvions F_{wV}.

3. Évolution tectonique cénozoïque

Cadre général

La zone étudiée se rattache à la « zone transformante » (continentale) entre le Fossé bressan et le Fossé rhénan (Contini et Théobald, 1974 ; Vialon *et al.*, 1976 ; Bergerat, 1977 et 1987) (Fig. 1), se manifestant par une fragmentation en lanières de direction subméridienne, limitées par des failles à jeu sénestre. Lors de la présente étude, une attention particulière a été portée sur le suivi des tracés de failles ; observés ou déduits de divers indices : décalages dans le suivi latéral des ensembles lithostratigraphiques, affleurements à très forts pendages, topographie, alignements d'entonnoirs d'absorption des eaux etc.... De nouveaux accidents ont ainsi été mis en évidence, spécialement dans les secteurs d'Allondans, de Laire et dans le voisinage du Mont-Chevis, en particulier à l'Est de celui-ci, avec la découverte d'un étroit fossé, partiellement rempli de dépôts cénozoïques (Fig. 6). Des failles ont joué en décrochement (stries horizontales fréquentes).

Des périodes de tectonique cassante sont connues dans toute la région au cours du Cénozoïque. Les principales failles sub-méridiennes ont eu une activité synsédimentaire lors des dépôts lacustres du « Système de Bourgne » (Éocène à Oligocène). Générateur des alluvions à blocs de grès de la Formation du bois de Raube et probablement des alluvions Fu, la surrection des horsts des Vosges et de la Forêt-Noire, reconnue de longue date, est confirmée par les travaux récents (voir la synthèse de P. Dèzes *et al.*, 2004). Elle précède le plissement du Jura (-11 à -4,3 Ma, Kälin, 1997), au front septentrional duquel va se former une gouttière empruntée, au Pliocène moyen, par l'Aar-Doubs, déposant les Cailloutis du Sundgau (Fig. 1).

Un dernier mouvement de surrection notable va soulever la partie méridionale de ces cailloutis au Pléistocène inférieur et moyen (Briquet, 1930 ; Théobald, 1934). M. Giamboni *et al.* (2004) voient les mouvements de cette époque déformer la base des Cailloutis du Sundgau. Une autre interprétation peut être proposée selon laquelle certaines dénivellations seraient dues à des phénomènes de creusement et de remblaiement (Ménillet, en préparation).

Remarques sur la tectonique du secteur étudié

Problème soulevé par l'arrivée, en direction de la vallée du Doubs, des alluvions très anciennes Fu

Les alluvions Fu, en provenance du Nord, semblent avoir été « canalisées » entre deux failles de direction sub-méridienne : au Nord celle de Laire et au Sud, la faille qui traverse la déchetterie de la forêt de Montevillers (Fig. 5, DM). Selon cette hypothèse, ces deux failles auraient joué au début ou au cours du Miocène en abaissant la lanière tectonique qu'elles encadrent, ouvrant une voie au cours d'eau Fu. Ce cours aurait été ultérieurement abandonné au profit de la vallée actuelle de la basse Lizaine, à la suite possible d'une reprise de l'activité tectonique des failles sub-méridiennes du secteur de Bussurel.

M. Campy et D. Contini (1981) voient, dans la topographie actuelle du seuil de Belfort, une ou plusieurs phases de basculement, du Nord vers le Sud, au Pléistocène inférieur et moyen. Néanmoins, la pente modérée du cours du paléo-Rahin de Laire dans la topographie actuelle, ne permet pas de prendre en compte le transport des blocs de grès qui le jalonnent dont la taille peut atteindre 60 cm. Ceux-ci impliquent un régime torrentiel, différent de celui que l'on pourrait attribuer à la topographie actuelle.

M. Giamboni *et al.* (2004) incluent les corps alluviaux d'origine vosgienne, de type R_{Fu} dans les Cailloutis du Sundgau. Il en découle des différences d'altitudes de ces cailloutis que les auteurs attribuent à de légères déformations anticlinales et synclinales. De fait, les matériaux alluviaux d'origine vosgienne, sont bien distincts des Cailloutis du Sundgau par leur disposition topographique et leur lithologie. Ceci est particulièrement évident pour les alluvions résiduelles R_{Fu} cartographiées lors de la présente étude.

Une hypothèse alternative est envisagée par F. Menillet (en préparation) qui met en avant l'importance des incisions fluviales et des remaniements.

Notons enfin que le basculement des Cailloutis du Sundgau, bien argumenté sur le rebord septentrional du Jura, et difficilement traçable sur le seuil de Belfort par manque de niveaux repères fiables.

Rejets de failles

Les rejets de failles sont faibles (10 à 20 m) au Nord (Tavey) et à l'Ouest (Raynans, Issans), mais deviennent

localement, plus importants ; au Sud, par exemple plus de 50 m à l'Est de Présentevillers. Au Nord-Ouest de Montbéliard, les rejets des failles sub-méridiennes de part et d'autre, à l'Ouest et à l'Est des terrains du Kimméridgien, peuvent atteindre ou dépasser 100 m.

Lanières faillées étroites

Elles n'étaient pas connues au Sud-Est, au Nord et à l'Est du Mont Chevis (Fig. 5). A Dung, sur le côté ouest du vallon, des bancs de calcaire séquanien indifférencié, inclus dans cette lanière, sont proches de la verticale sur plusieurs dizaines de mètres (début de la rue des Plainots ; Fig. 4, P).

À la carrière du Miémont, une lanière Est-Ouest complexe peut être observée depuis l'intérieur de cette exploitation. On y voit, près de l'entrée de la carrière, des couches calcaires et marneuses du Séquanien moyen séparées d'un pilier de calcaire compact de Séquanien inférieur par une petite faille Nord-Sud. La bande de terrain du Séquanien moyen, située à l'Est du pilier de Séquanien inférieur, est elle-même subdivisée en 2 lanières côte à côte d'orientation Est-Ouest. La première est plissée et renferme un banc de calcaire de 0,50 m qui ondule sur 10 m et se replie sur lui-même au milieu de marnes argileuses grises épaisses (sans rupture du banc au milieu de ce repli). La deuxième bande, à l'arrière, montre une alternance de petits bancs calcaires et de lits marneux gris sombre peu épais, avec un faible pendage.

La mise en place de structures telles que celles observées à Miémont et peut être aussi celle de Dung, pourrait s'être produite lors d'une phase de distension temporaire, contemporaine du plissement du Mont-Bart.

Décrochements

De petits décrochements en travers de failles plus anciennes ont été observés :

- la faille sub-méridienne située à l'Est de Présentevillers (Fig. 5, Pr) est décrochée d'environ 50 m par une petite faille transverse ;
- au Nord-Est d'Allondans (Fig. 5, Al), une faille de direction Nord-Est, au fond du vallon menant à la Forêt de Montevillers (FM), est décrochée de 5 à 10 m par deux failles transverses.

Stries horizontales - Carrière du Miémont

Dans cette grande carrière, située au Nord de la structure plissée du Mont Bart, et allongée approximativement d'Ouest en Est sur près de 500 m, on observe des calcaires de faciès rauracien et séquanien et c'est principalement dans les calcaires oolitiques $j5P2$, que l'on peut bien voir, à intervalles irréguliers, des parois verticales entièrement recouvertes de stries horizontales, mises en relief sur une pellicule d'argile rouge. Ces parois striées bordent des fissures qui devaient affecter aussi les calcaires érodés qui les recouvraient (séquanien et peut-être kimméridgien). C'est sans doute l'argile d'altération

rouge qui recouvrait ces calcaires qui a dû tapisser, par illuviation, les parois des fissures.

Ces fissures ont une direction N130°E, sensiblement identique à celle de la compression miocène (Bergerat, 1987) ; moteur de la formation du Jura dont le Mont Bart, 750 m au sud de la carrière du Miémont, constitue, ici, la structure la plus septentrionale. Le plissement du Mont Bart a pu poinçonner le domaine pré-jurassien et y développer des jeux décrochants sur des failles comme l'accident subméridien situé à l'Est et au Nord-Est de Présentevillers (Fig. 5, Pr).

4. Conclusion

De nouveaux levés, réalisés à la faveur d'affleurements temporaires, ont permis d'établir une cartographie de détail d'un territoire situé à l'Ouest et au Nord-Ouest de Montbéliard. Des avancées significatives ont été ainsi réalisées, ceci incluant la découverte d'un fossé tertiaire auparavant inconnu. De tels travaux, qui participent d'une meilleure connaissance de la géologie locale, enrichissent et précisent l'information portée par la carte géologique régulière. À terme, ils sont destinés à intégrer la base de données du programme Référentiel Géologique de la France (RGF) visant à offrir au public une information spatialement cohérente et abondée des résultats les plus récents sur le sous-sol national.

Remerciements

Les auteurs remercient les propriétaires et entreprises qui leur accordèrent l'accès à leurs chantiers lors des levés de terrain.

BIBLIOGRAPHIE

- Andreieff P.** (ed.) (1997) - Notes d'orientation pour l'établissement de la carte géologique de France à 1/50 000, 3^{ème} éd., 255 p., BRGM, Orléans.
- Bergerat F.** (1977) - Le rôle des décrochements dans les liaisons tectoniques entre le Fossé de la Saône et le Fossé rhénan. *C.R. somm. Soc. Géol. France*, 4, 195-199.
- Bergerat F.** (1987) - Stress field in European platforms at the time of Africa Euroasia collision. *Tectonics*, 6, 99-132.
- Campy M., Contini D.** (1981) - La Néotectonique en Franche-Comté (France), Vosges méridionales – Jura septentrional. *Bull. Assoc. Fr. Etud. Quat.*, 1981, 3-4, 193-205.
- Chantraine J., Autran A., Cavalier C.** (2003) - Carte géologique de la France à 1/1 000 000, 3^{ème} édition révisée, BRGM, Orléans.
- Contejean Ch.** (1858) - Étude de l'étage kimméridgien dans les environs de Montbéliard. 1 vol., 352 p.
- Contejean Ch.** (1862) - Description physique et géologique de l'arrondissement de Montbéliard. *Mém. Soc. Emul. Montbéliard*, 2^{ème} sér., 1^{er} vol., 41-126.
- Contini D.** (1990) - L'Oxfordien du Jura septentrional. Définition des formations. Évolution paléogéographique. *Ann. Sci. Univ. Besançon, Géol.*, (3), (29), 21-36.
- Contini D.** (2000) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Lure (443), 2^{ème} éd., Orléans, BRGM. Notice par D. Contini *et al.* (2000), 67 p.
- Contini D., Boullier A., Morin D.** (2000) - Notice explicative carte géol. France (1/50 000), feuille Lure (443), 2^e éd., Orléans, BRGM. Carte géologique par D. Contini (2000).
- Contini D., Théobald N.** (1974) - Relations entre le Fossé rhénan et le Fossé de la Saône. Tectonique des régions sous-vosgiennes et pré-jurassiennes. International Rift symposium, Approaches to taphrogenesis, Inter-union Commission on Geodynamics, Scientific Report n° 8, 310-321, Stuttgart.
- Dèzes P., Schmid S.M., Ziegler P.A.** (2004) - Evolution of the European Cenozoic Rift System: interaction of the Alpine and Pyrenean orogens with their foreland lithosphere. *Tectonophysics*, 389, 1-33.
- Enay R., Contini D., Boullier A.** (1988) - Le Séquanien-type de Franche-Comté (Oxfordien supérieur) : datations et corrélations nouvelles, conséquences sur la paléogéographie et l'évolution du Jura et des régions voisines. *Eclogae geol. Helv.*, vol. 81, n° 2, 295-363.
- Fallot P., Corroy G., Cousin G., Gardet G., Meyer L., Nordon A.** (1933) - Montbéliard, carte géologique à 1/80 000 (2^{ème} éd.). Service des Mines, Paris.
- Giamboni M., Ustaszewski K., Schmid S.M., Schumacher M.E., Wetzel A.** (2004) - Plio-Pleistocene transpressional reactivation of Paleozoic and Paleogene structures in the Rhin-Bresse transform zone (northern Switzerland and eastern France). *Int. J. Earth Sci. (Geol Rundschau)*, 93, 207-223.
- Kälin D.** (1997) - Litho- und Biostratigraphie der mittel- bis obermiozänen Bois de Raube Formation (Nordwestschweiz). *Eclogae Geol. Helv.*, 90, 97-114.
- Kerrien Y., Dreyfuss M., Contini D., Kuntz G., Angély B., Laffly J.-L., Landry J.** (1973) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Montbéliard (474), Orléans, BRGM. Notice explicative, 19 p.
- Liniger H.** (1965) - Pliocän und Tektonik des Juragebirges. *Eclogae Geol. Helv.* 60-2, 407-490.
- Ménillet F.** (en préparation) - Les alluvions d'âge miocène à pléistocène moyen sur le seuil de Belfort ; nouvelles observations et hypothèses sur l'évolution de la région durant ces périodes ; âge des formations à blocs de grès de la bordure alsacienne des Vosges. Soumis à *Géol. France*, 2018.
- Petit C., Campy M., Chaline J., Bonvalot J.** (1996) - Major Palaeohydrographic changes in Alpine foreland during the Plio-Pleistocene. *Boreas*, 25, 131-143.
- Théobald N.** (1934) - Les alluvions du Pliocène supérieur de la région du Sundgau. *Bull. Soc. Indust. Muhlhouse*, 101, 1-36.
- Théobald N., Contini D.** (1965) - Les alluvions anciennes d'origine vosgienne au N. et au S. du massif de Chagey. *Bull. Soc. Hist. Nat. du Doubs*, n° 57, fasc. 3, 43-50.
- Théobald N., Contini D., Kuntz G.** (1967) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Lure (443), 1^{ère} éd. SCGF, Paris. Notice, 11 p.
- Théobald N., Devantoy J.** (1963) - Carte géol. France (1/50 000), feuille Belfort (444), SCGF, Paris.
- Vialon P., Boudon J., Gamond J.-F., Robert J.-P.** (1976) - L'arc des Alpes occidentales : une zone de « transformation continentale » par glissement sénestre. Présentation d'un modèle des déformations. 4^e réunion des Sciences de la Terre, p. 391.