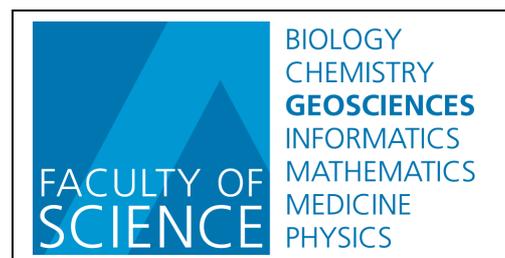




Département des Géosciences
Unité de Géologie et Paléontologie
Université de Fribourg / CH



Étude lithostratigraphique et paléontologique de la Molasse de Tavannes (Jura bernois)

accompagné d'une

**Compilation cartographique des remplissages
Cénozoïques du Jura central**

TRAVAIL DE MASTER

Décembre 2008

Luca Zulliger
via Vallone 7
6514 Sementina
luca.zulliger@unifr.ch

Dirigé par: Pr. Jean-Pierre Berger

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIÈRES.....	2
RÉSUMÉ.....	4
REMERCIEMENTS :.....	5
TABLE DES FIGURES.....	6
CHAPITRE 1 : INTRODUCTION.....	8
<u>1.1 Objectifs.....</u>	<u>8</u>
<u>1.2 Cadre géographique.....</u>	<u>9</u>
<u>1.3 Cadre géologique.....</u>	<u>9</u>
<u>1.4 Méthodologie.....</u>	<u>13</u>
1.4.1 Rédaction de la carte géologique.....	13
1.4.2 Travail de terrain.....	14
1.4.3 Laboratoire.....	15
CHAPITRE 2 : CARTE GÉOLOGIQUE.....	16
<u>2.1 Commentaire.....</u>	<u>16</u>
<u>2.2 Lithostratigraphie.....</u>	<u>16</u>
2.2.1 Groupes du Paléogène.....	17
<u>2.2.1.1 Sidérolithique.....</u>	<u>17</u>
<u>2.2.1.2 Calcaires inférieures et Terres Jaunes.....</u>	<u>18</u>
<u>2.2.1.3 Gompholithe d'Ajoie.....</u>	<u>19</u>
<u>2.2.1.4 Meeressand, Septarienton (UMM).....</u>	<u>19</u>
<u>2.2.1.5 Molasse alsacienne – Matzendorferkalk (USM).....</u>	<u>20</u>
<u>2.2.1.6 Calcaires delémontiens (USM).....</u>	<u>22</u>
2.2.2 Groupes du Néogène.....	24
<u>2.2.2.1 USM Aquitaniennne (Grès & Marnes « Aquitaniens »).....</u>	<u>24</u>
<u>2.2.2.2 Conglomérats & Grès de l'OMM.....</u>	<u>25</u>
<u>2.2.2.3 Marnes rouges & Gompholithe de l'OMM.....</u>	<u>26</u>
<u>2.2.2.4 Calcaires et Marnes lacustres de l'OSM + Oeningien.....</u>	<u>27</u>
<u>2.2.2.5 Vogesenschüttung, Juranagelfluh.....</u>	<u>28</u>
CHAPITRE 3 : TRAVAIL DE TERRAIN ET ÉTUDE DES SÉDIMENTS MOLASSIQUES À TAVANNES – SOUS LE MONT	29
<u>3.1 Transjurane – A16.....</u>	<u>29</u>
3.1.2 Tunnel Sous le Mont (Tavannes).....	30

<u>3.2 Affleurements à Tavannes – Sous le Mont.....</u>	<u>31</u>
3.2.1 TA (582 016 / 229 539).....	34
3.2.2 TB (583 228 / 230 214).....	38
3.2.3 TC (582 114 / 229 666).....	42
3.2.4 TD (583 193 / 230 368).....	48
<u>3.3 Essai de corrélation lithostratigraphique entre les coupes.....</u>	<u>58</u>
<u>3.4 Paléogéographie.....</u>	<u>60</u>
<u>3.5 Description générale et paléoécologie de la faune et de la flore fossile des niveaux TDOM.....</u>	<u>61</u>
3.4.1 Infra classe des Marsupialia (cf. fig. 36).....	61
3.4.2 Ordre des “Insectivora” (cf. fig. 37).....	62
3.4.3 Famille des Eomyidae (cf. fig. 38).....	62
3.4.4 Famille des Gliridae (cf. fig. 39).....	64
3.4.5 Famille des Sciuroidae (cf. fig. 40).....	65
3.4.6 Famille des Castoridae (cf. fig. 41).....	66
3.4.7 Ordre des Lagomorpha (cf. fig. 42).....	67
3.4.8 Famille des Moschidae (cf. fig. 43).....	68
3.4.9 Famille des Cainotheridae (cf. fig. 44).....	69
3.4.10 Famille des Rhinocerotidae (cf. fig. 45).....	70
3.4.11 Charophyta (cf. Fig. 46 et 47).....	71
<u>3.6 Essai de reconstitution paléoenvironnementale des sédiments aquitaniens.....</u>	<u>73</u>
CHAPITRE 4: CONCLUSIONS.....	74
BIBLIOGRAPHIE.....	75
PLANCHES.....	80
ANNEXES.....	83

RÉSUMÉ

Dans le Jura suisse, entre le Plateau Molassique et le Fossé Rhénan, on retrouve plusieurs synclinaux à remplissage tertiaire.

L'intervalle stratigraphique de ces sédiments se situe entre –42 et –10 Ma. Ils ont été piégés dans les reliefs de la chaîne jurassienne pendant le plissement mio-pliocène causé par l'influence alpine et le rifting rhénan.

La cartographie géologique de cette zone regroupe les synclinaux de Tramelan-Tavannes-Court, de Welchenröhr-Balsthal, de Sornetan-Bellelay, de Moutier, de Mümliswil, de Soulce et celui de Delémont.

Dans le cadre de ce travail de Master, une carte géologique des principaux synclinaux du Jura suisse a été réalisée. En regroupant toutes les informations géologiques, paléontologiques et tectoniques, cette carte pourra être utile pour des études ultérieures concernant la Molasse du Jura.

Dans toute la région, les récents travaux pour la construction de l'autoroute A16 (Transjurane) ont créé de nombreux nouveaux affleurements, dont plusieurs ont été étudiés par la Section de Paléontologie du Canton du Jura.

Les excavations pour réaliser le tunnel "Sous le Mont" (situé le long du tronçon Loveresse – Tavannes, au sud-est de la localité de Tavannes) ont mis à jour plusieurs affleurements molassiques. Lithostratigraphiquement on retrouve le passage entre l'USM et l'OMM. Quatre coupes ont été étudiées dans le cadre de ce travail. Près du portail nord du tunnel, une de ces coupes présentait trois niveaux très riches en fossiles.

Les analyses paléontologiques ont permis une datation biostratigraphique de ces sédiments grésos-marneux qui ont été rapportés à l'Aquitaniens (MN2).

Il s'agit des premiers sédiments de cet âge trouvés dans tous les synclinaux du Jura central.

La présence de charophytes, la grande diversité de la faune, ainsi que la présence de plusieurs structures sédimentaires (galets mous, caliches et brèches calcaires), ont permis de faire des hypothèses sur le milieu de dépôt.

Remerciements :

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé et soutenu lors de réalisation de mon travail de Master :

- Le Professeur J.-P- Berger, directeur de ce travail, pour sa disponibilité à m'accepter dans le cadre d'un de ses domaines de recherche, pour la détermination des Charophytes ainsi que d'autres microfossiles et ses explications et sa bonne humeur lors des nombreux rendez-vous dans le cadre de mon travail.
- Le Doctorant Bastien Mennecart, pour la détermination des fossiles, les conseils et ses précieuses corrections.
- Le Docteur Damien Becker, pour la détermination des Rhinocerotidae.
- Les Doctorants Thibault Lavoyer et Laureline Scherler, pour leurs conseils et corrections.
- La Section de Paléontologie du Jura, pour le dégagement et la détermination des fossiles.
- Le géologue dipl. Nicolas Stork (Service Archéologique du canton de Bern), pour les "visites guidées" au chantier autoroutier à Tavannes.
- Monsieur Roland Maître, responsable du tunnel "Sous le Mont" à Tavannes, pour nous avoir permis de travailler sur les chantier et prélever les échantillons.
- Mon camarade Bertrand Yerly, pour ses explications sur l'utilisation de Photoshop et Microsoft Word.
- Tous les professeurs et le personnel du Département des Géosciences de l'Université de Fribourg.
- La secrétaire de l'Unité de Géologie et Paléontologie Nicole Bruegger.
- Ma famille, pour le soutien économique et moral.
- Tous mes amis et ma copine Brigida Rusconi pour m'avoir encouragé pendant tous mes études à l'Université de Fribourg.
- B. Engesser, pour la détermination des microfossiles

J'aimerais aussi remercier tout ceux qui m'ont aidé lors de sorties sur le terrain à Tavannes pour le prélèvement des échantillons et les "fouilles paléontologiques".

TABLE DES FIGURES

Fig.1	Emplacement géographique de la zone étudiée.....	7
Fig.2	Emplacement des synclinaux avec remplissage tertiaire traités dans ce travail.....	8
Fig.3	Situation de la zone étudiée.....	9
Fig.4	Tableau stratigraphique simplifié de la Molasse.....	10
Fig.5	Carte des principales unités géologiques suisses.....	11
Fig.6	Exemple de coupe géologique entre les Préalpes et le Jura.....	11
Fig.7	Résumé des cartes géologiques 1 : 25'000 utilisées.....	13
Fig.8	Trajet complet de la Transjurane.....	28
Fig.9	Emplacement du Tunnel "Sous le Mont".....	29
Fig.10	Emplacement des coupes étudiées.....	30
Fig.11	Légende des coupes.....	31
Fig.12	Photo de TA.....	32
Fig.13	Log stratigraphique de TA.....	33
Fig.14	Photos de détails de TA.....	34
Fig.15	Exemples de fossiles dans TA.....	35
Fig.16	Photo no.1 de TB.....	36
Fig.17	Photo no.2 de TB.....	36
Fig.18	Log stratigraphique de TB.....	37
Fig.19	Photos de détail de TB.....	38
Fig.20	Exemples de fossiles des niveaux TB13 et TB14.....	39
Fig.21	Photo de TC.....	40
Fig.22	Dessin de la coupe TC réalisé par Clémentine Schurmann.....	41
Fig.23	Log stratigraphique de TC.....	42
Fig.24	Photos de détails de TC.....	43
Fig.25	Exemples de fossiles des niveaux TC12, 13 et 14.....	44
Fig.26	Photo de TD.....	46
Fig.27	Log stratigraphique de TD.....	47
Fig.28	Photos de détails de TD.....	48
Fig.29	Emplacement des niveaux TDOM.....	49
Fig.30	Exemples de fossiles du niveau TDOM1.....	50

Fig.31	Exemples de fossiles du niveau TDOM2.....	51
Fig.32	Exemples de fossiles du niveau TDOM3.....	53
Fig.33	Biostratigraphie des niveau TDOM.....	55
Fig.34	Corrélation stratigraphique entre TA, TB, TC et TD.....	57
Fig.35	Carte paléogéographique de l'Aquitaniens Supérieur.....	58
Fig.36	Planche traitant les Marsupialia.....	59
Fig.37	Planche traitant les Insectivora.....	60
Fig.38	Planche traitant les Eomyidae.....	61
Fig.39	Planche traitant les Gliridae.....	62
Fig.40	Planche traitant les Sciuroidea.....	63
Fig.41	Planche traitant les Castoridae.....	64
Fig.42	Planche traitant les Lagomorpha.....	65
Fig.43	Planche traitant les Moschidae.....	66
Fig.44	Planche traitant les Cainotheridae.....	67
Fig.45	Planche traitant les Rhinocerotidae.....	68
Fig.46	Planche traitant les charophytes actuelles.....	69
Fig.47	Planche traitant les charophytes fossiles.....	70
Fig.48	Reconstitution du milieu de dépôts des sédiments aquitaniens.....	71
Fig.49	Planche traitant des fossiles divers.....	79
Fig.50	Planche traitant des fossiles divers.....	80

Chapitre 1 : Introduction

1.1 Objectifs

Mon travail de Master consiste principalement en la rédaction d'une carte géologique des sédiments tertiaires de plusieurs synclinaux dans le Jura suisse (cf. fig. 1), ainsi que d'un travail de terrain suivi d'une étude sur des affleurements de Molasse au sud de Tavannes (Jura bernois).

La carte géologique couvre une surface de 1218 km² et s'appuie sur six cartes géologiques de l'atlas 1 : 25'000 (40 St. Ursanne ; 1 Delémont ; 3 Passwang ; 96 Moutier ; 113 Murgenthal) et deux cartes spéciales réalisées par Louis Rollier (Bellelay et Balsthal), 1910.

Vu l'absence d'informations géologiques pour certaines zones, il a été nécessaire de compléter le plus possible cette carte en y ajoutant toutes les informations existantes sur les sédiments tertiaires trouvées dans plusieurs thèses (ANTENEN 1973, BECKER 2003, PICOT 2002, ROTHPLETZ 1933) et Diplômes (BAECHLER 2005, CLÉMENT 1998, FAVRE 1998 & DUMAS 2005).

L'objectif principal de la réalisation de cette carte est celui de réunir dans une unique carte géologique au 1 : 25'000 toutes les informations possibles concernant les sédiments tertiaires de 7 synclinaux du Jura suisse (cf. chapitre 1.2).

En ce qui concerne le travail de terrain à Tavannes, le but était d'étudier le mieux possible ces affleurements et d'essayer de les dater d'après la biostratigraphie. Grâce aux excavations pour la construction de la Transjurane (A16), j'ai eu l'occasion d'apprendre les techniques de base du travail sur le terrain et donc de lever différentes coupes géologiques, de chercher plusieurs fossiles et enfin d'analyser au laboratoire les sédiments prélevés lors de mes visites sur le chantier autoroutier.

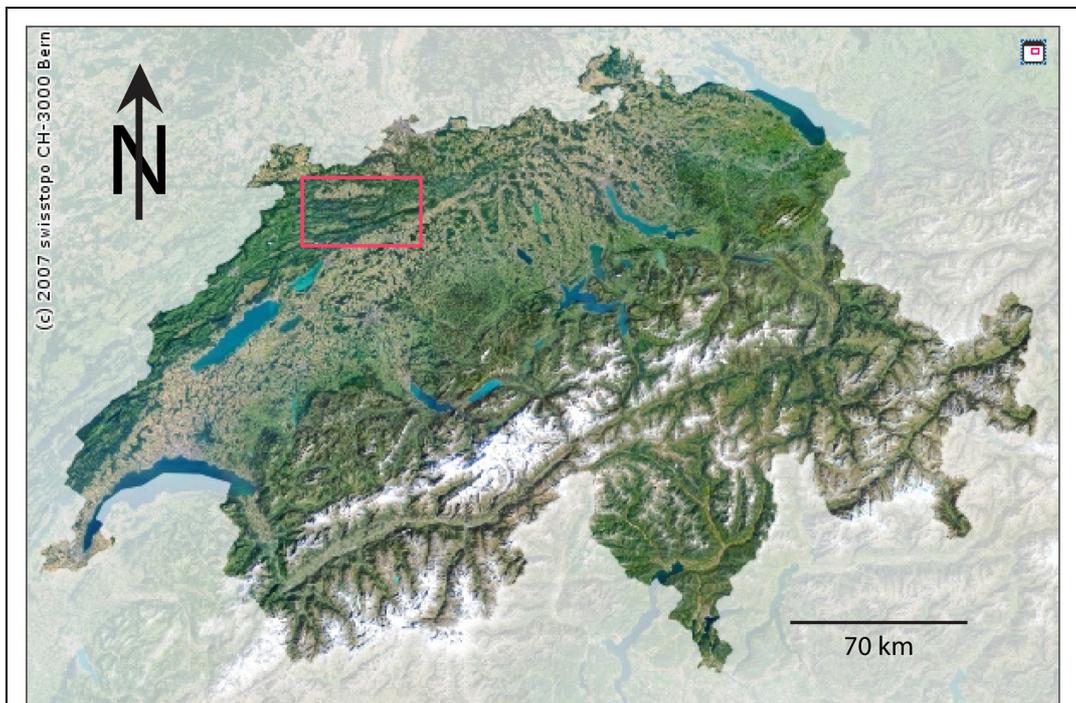
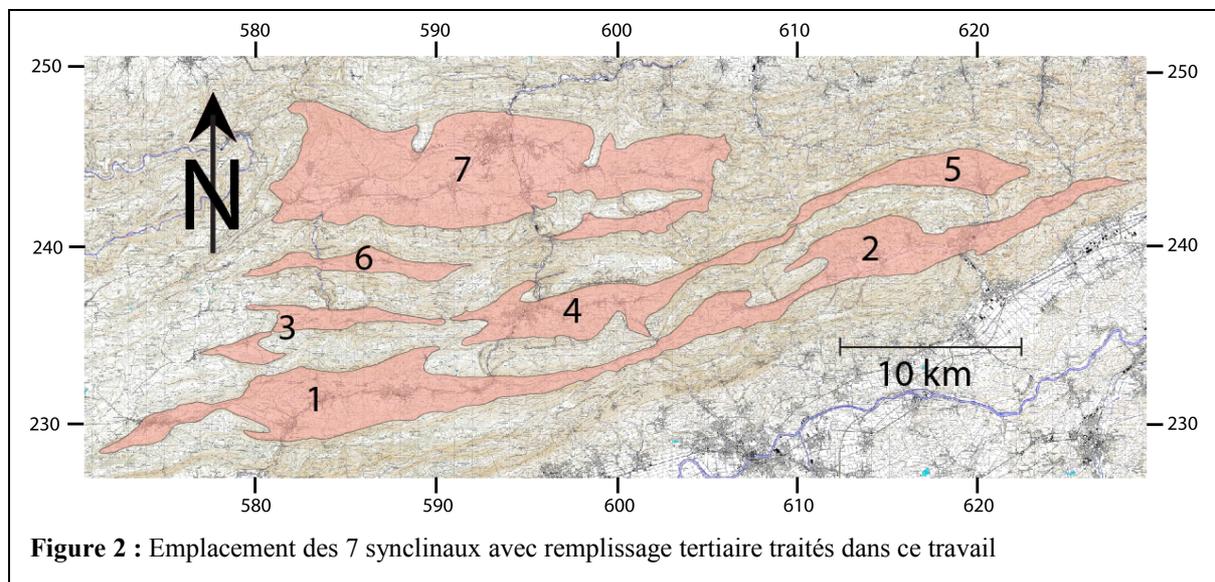


Figure 1 : Emplacement géographique de la zone étudiée (modifiée d'après le site internet : « http://prod.swisstopogeodata.ch/kogis_apps/ga/ga.php?lang=fr »)

1.2 Cadre géographique

La zone concernée par ce travail se trouve dans le Jura suisse, entre le Plateau Molassique et le Fossé Rhénan, et traite principalement 7 synclinaux (cf. fig. 2) :

- 1) Tramelan – Tavannes -Court
- 2) Welchenröhr – Balsthal
- 3) Sornetan – Bellelay
- 4) Moutier
- 5) Mümliswil
- 6) Soulce
- 7) Delémont



1.3 Cadre géologique

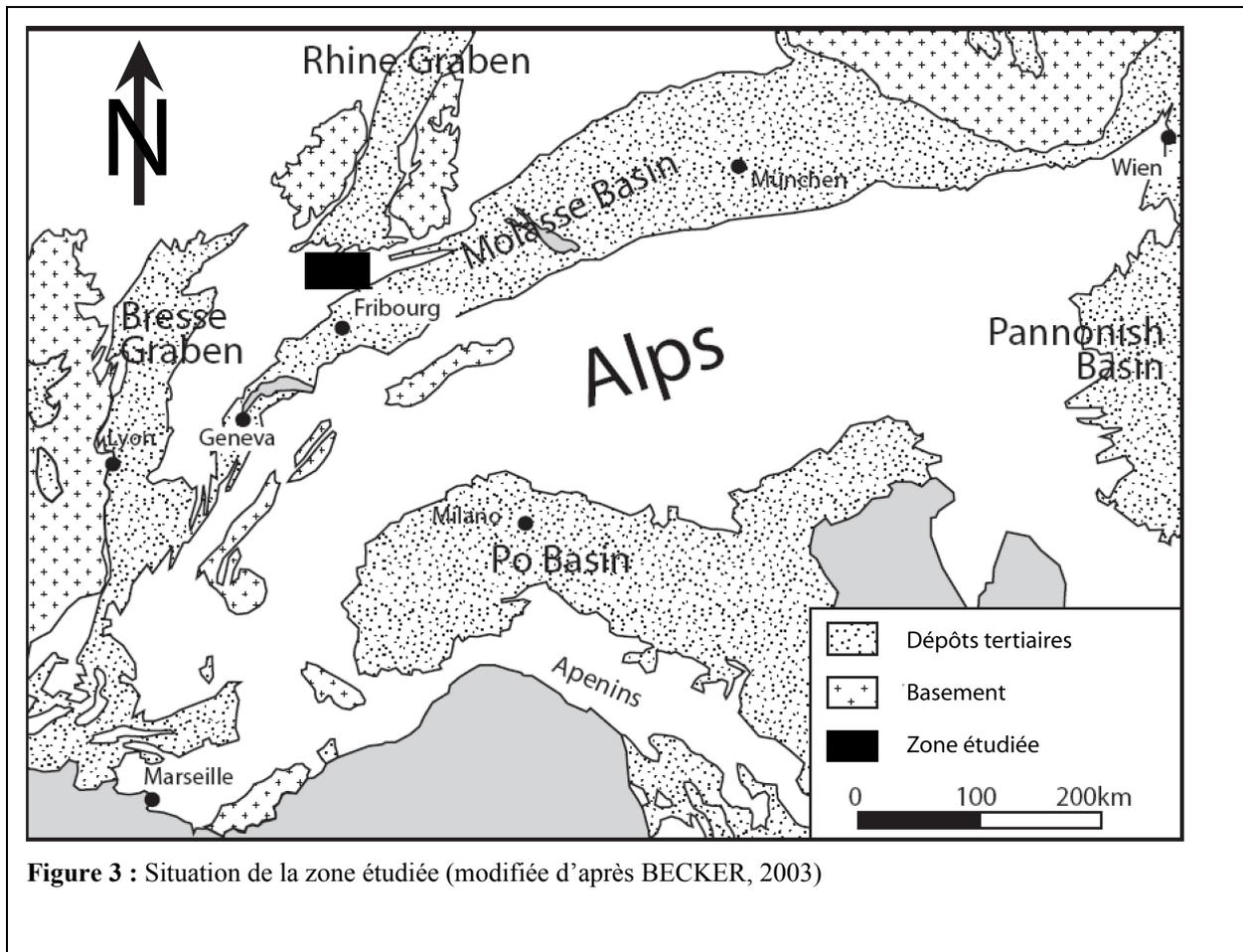
(d'après BECKER 2003, et PICOT 2002)

La zone étudiée dans ce travail se situe entre le Bassin molassique et le Fossé rhénan.

Le bassin molassique, qui s'étend d'ouest en est depuis la Haute Savoie (France) à travers la Suisse et la Bavière jusqu'à la région de Linz en Autriche (cf. fig. 3), est un exemple classique de bassin d'avant pays (HOMEWOOD et *al.*, 1986). Il mesure approximativement 700 km de longueur, et il s'élargit vers l'Est en atteignant sa largeur maximale de 150 km dans le Sud de l'Allemagne.

La limite sud de ce bassin est normalement définie comme coïncidente avec le décrochement frontal de la chaîne alpine, tandis que la limite nord se situe dans la

région du Jura où actuellement les sédiments molassiques représentant cette partie du bassin se retrouvent isolés dans des synclinaux.



Les deux processus qui ont entraîné la formation de ce bassin d'avant pays pendant à peu près 30 millions d'années, sont l'orogénèse alpine et la subsidence qui en résulte. Les sédiments de la partie jurassienne sont également dépendants du Rift rhénan.

Les sédiments molassiques sont repartis dans les trois sous-unités suivantes (cf. fig. 5 et 6) :

- **La Molasse subalpine** est constituée par des dépôts proximaux plissés et faillés formant des écaillés inclinées vers le Sud. Ce sont des dépôts allochtones.
- **La Molasse du plateau** présente des sédiments formant des couches presque tabulaires (à faible pendage). Au Sud elle plonge sous la Molasse subalpine et la limite des Alpes, d'autre part au Nord la limite coïncide avec la chaîne jurassienne. Ce sont des dépôts autochtones.
- **La Molasse du Jura** est constituée par des dépôts de faible épaisseur localisés dans les synclinaux du Jura. Aujourd'hui profondément érodés en raison du

plissement de la chaîne jurassienne, ces sédiments sont ce qui reste de la prolongation vers le Nord de la Molasse du Plateau.

Le plissement mio-pliocène du Jura, dû aux forces de compression de l'orogénèse alpine et d'extension (tectonique du rifting rhénan), a causé l'érosion et le plissement de ces dépôts qui présentent des structures tectoniques assez complexes.

La succession lithostratigraphique n'est donc pas toujours complète dans les différents synclinaux

L'intervalle stratigraphique des dépôts tertiaires traités dans ce travail se situe entre le Lutétien (-42 Ma / MP14, Egerkingen) au Tortonien (-10 Ma / MN9, Nebelbergweg, see Berger & al.2005).

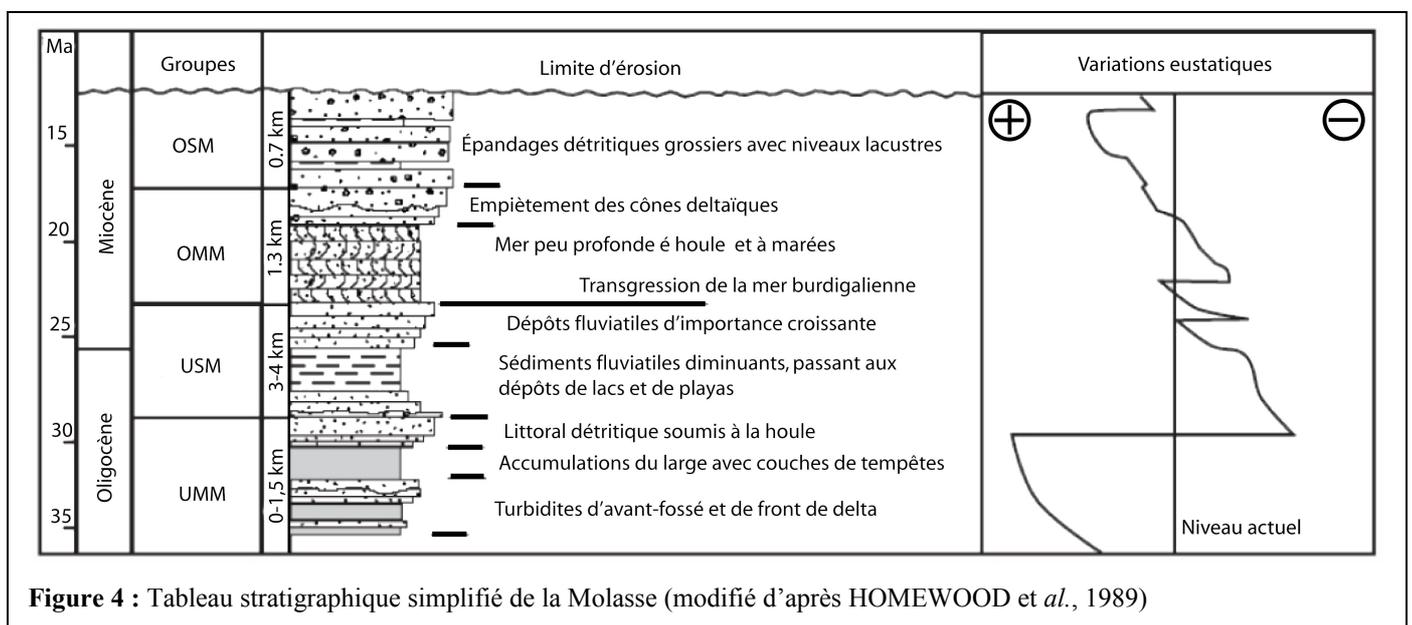
Le substratum est composé essentiellement par les calcaires mésozoïques ; ensuite la succession stratigraphique est la suivante (cf. Chapitre 2.2 Lithostratigraphie) : Sidérolithique, Calcaires inférieures et Terres Jaunes, Gompholithe d'Ajoie, Meeressand & Septarienton, Molasse alsacienne, Calcaires delémontiens, Grès & marnes Aquitaniennes, Conglomérat & grès de l'OMM, Marnes rouges & Gompholithe de l'OMM, Calcaires et marnes lacustres de l'OSM, Vogesenschuttung & Juranagelfluh.

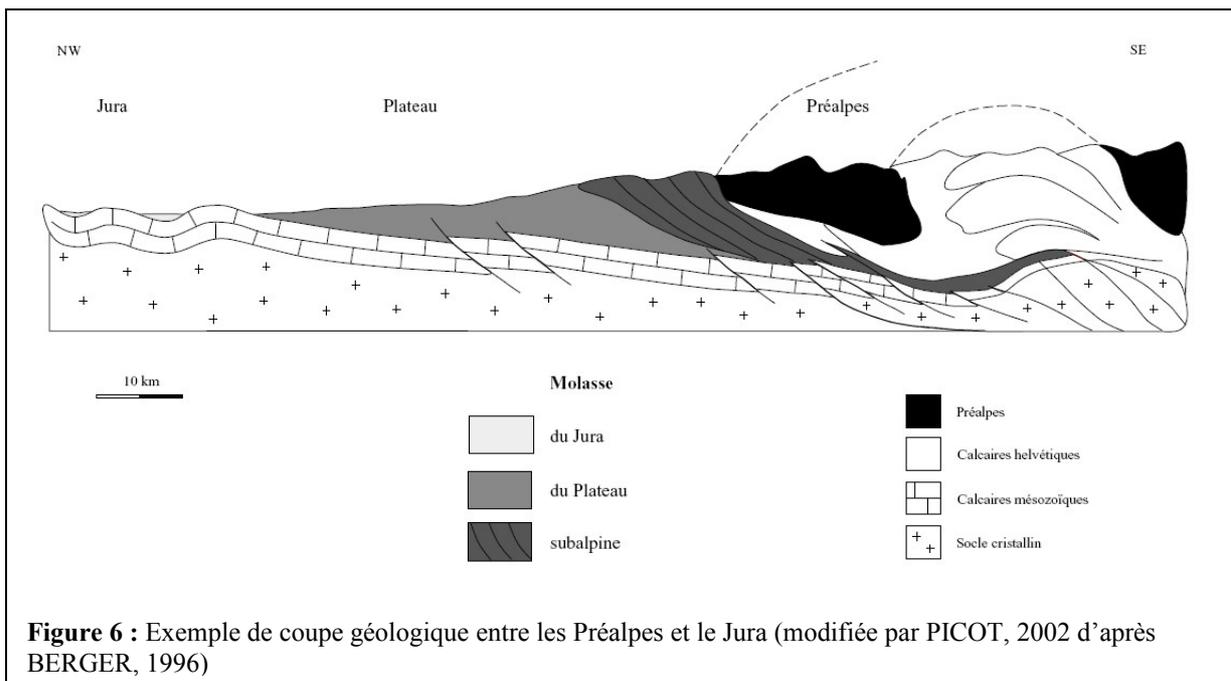
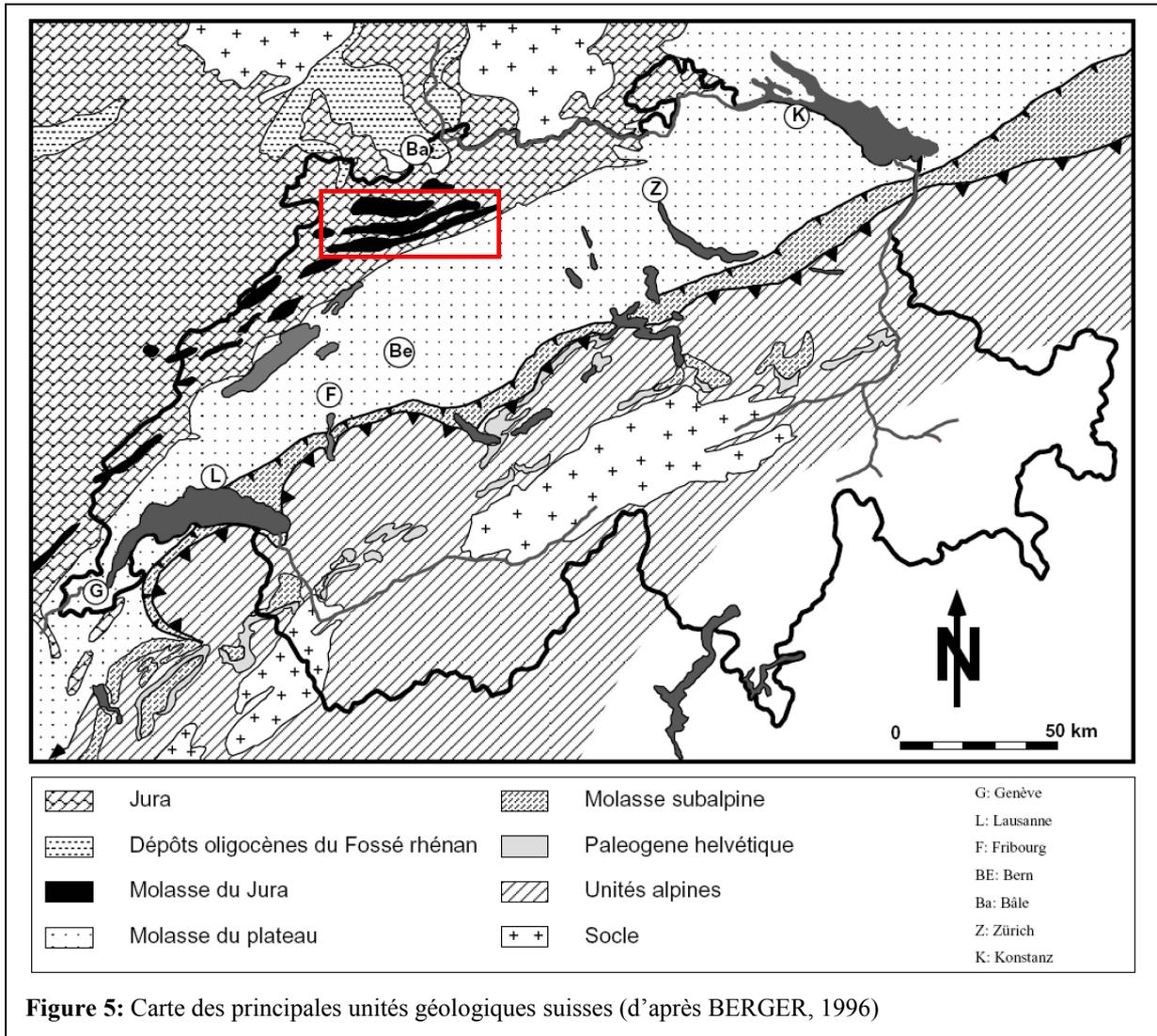
À part le groupe du Sidérolithique, toutes les autres subdivisions font partie des 4 unités lithostratigraphiques de la Molasse.

En raison des enfoncements et des soulèvements du bassin, pendant la période de dépôt de la Molasse, des fluctuations du niveau marin ont engendré une alternance de sédimentation continentale et marine (cf. fig. 4).

Définie par STUDER (1825) et MERIAN (1836-1838) cette succession lithostratigraphique partage les sédiments molassiques en quatre groupes (depuis le plus vieux jusqu'au plus jeune) :

- UMM** (Untere Meeressmolasse) : Molasse marine inférieure
- USM** (Untere Süswassermolasse) : Molasse d'eau douce inférieure
- OMM** (Obere Meeressmolasse) : Molasse marine supérieure
- OSM** (Obere Süswassermolasse) : Molasse d'eau douce supérieure





1.4 Méthodologie

1.4.1 Rédaction de la carte géologique

Les outils principaux utilisés pour créer cette carte géologique sont les logiciels Adobe Photoshop et Adobe Illustrator. Le premier a été utilisé surtout pour la création du fond topographique en mettant ensemble les 12 cartes topographiques couvrant la zone concernée : 1085 St.Ursanne ; 1086 Delémont ; 1087 Passwang ; 1088 Hauenstein ; 1105 Bellelay ; 1106 Moutier ; 1107 Balsthal ; 1108 Murgenthal ; 1125 Chasseral ; 1126 Bueren a.A. ; 1127 Solothurn ; 1128 Langenthal.

Le deuxième logiciel utilisé, Adobe Illustrator, a été employé pour dessiner les formations géologiques et placer les symboles sur le fond topographique par le biais de plusieurs niveaux (layers).

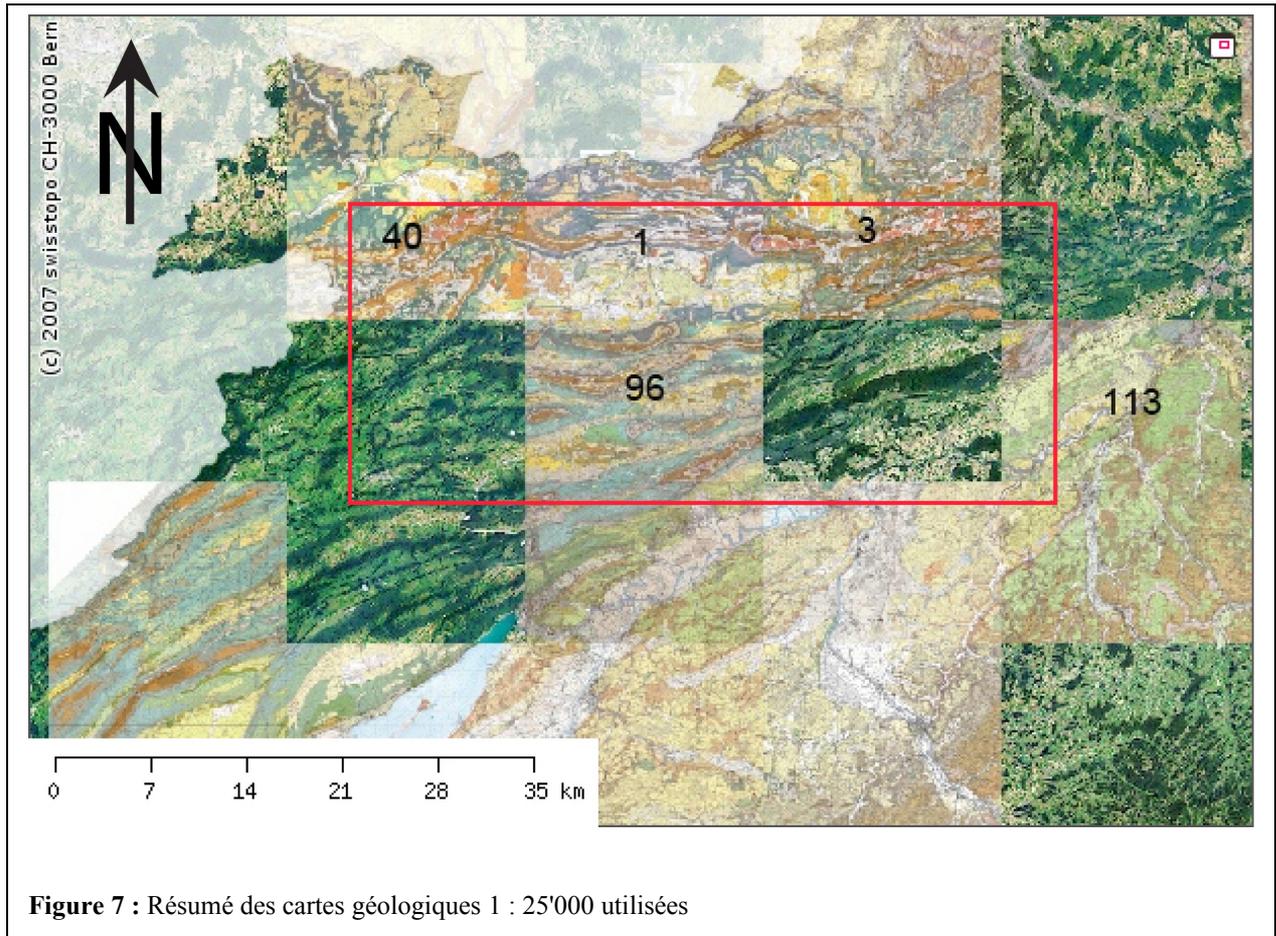
Le premier pas a été celui de recopier les informations concernant les formations tertiaires déjà existantes sur les cartes géologiques nationales de la Suisse, 1 :25'000 (cf. fig. 7) : **40 St.Ursanne** (Von P. DIEBOLD, H.P. LAUBSCHER, A. SCHNEIDER & R. TSCHOPP, 1963) ; **1 Delémont** (Von W.T. KELLER & H. LINIGER, 1930) ; **3 Passwang** (Von R. KOCH, E. LEHNER, A. WAIBEL & M. MÜHLBERG, 1936) ; **96 Moutier** (U. PFIRTER, M. ANTENEN, W. HECKENDORN, R.M. BURKHALTER, B. GÜRLER & D. KREBS, 1996) ; **113 Murgenthal** (Von H.A. JORDI, T. BITTERLI & M.E. GERBER, 2003).

Ensuite pour les zones n'étant pas couvertes par ces cartes géologiques j'ai utilisé les cartes spéciales de Bellelay et Balsthal réalisées par ROLLIER (1900), ainsi que la carte géologique de la région de Tavannes du Diplôme d'Isabelle Favre (1998) et le Diplôme de DUMAS (2005).

Malheureusement, il restait encore des zones qui ne présentaient pas d'informations géologiques détaillées. Pour celles-ci, je me suis appuyé sur les cartes géologiques à plus grande échelle : la carte géologique Suisse au 1 : 500'000, les esquisses géologiques et tectoniques qui se trouvent dans les légendes des cartes au 1 :25'000 et la carte géologique de PICOT (2002).

Ensuite, j'ai utilisé les thèses de ANTENEN (1973), de ROTHPLETZ (1933) et celle de PICOT (2002) pour compléter ultérieurement les données des formations tertiaires dans les 7 synclinaux ; j'ai donc rédigé une liste des affleurements majeurs décrits dans ces thèses et je les ai placés le plus précisément possible sur la carte géologique. Dans le cas des Thèses d'ANTENEN et de ROTHPLETZ la description de ces sites se base soit sur des cartes topographiques anciennes (1933 et 1973), et donc assez différentes des actuelles (voir dimension des villages et des villes ou changement et construction de routes), soit sur une description du paysage lors des visites sur place par les auteurs.

L'absence de coordonnées géographiques dans ces travaux a rendu le travail de localisation de ces affleurements assez compliqué.



Travailler avec plusieurs cartes géologiques, d'âge et d'auteurs différents, pose le problème d'avoir à faire avec différentes légendes.

En effet, dans certains cas la dénomination d'une même formation diffère d'une carte à l'autre, en imposant donc aussi un travail de regroupement de tous les termes indiquant les sédiments appartenant à une seule formation

1.4.2 Travail de terrain

Levé de coupe et échantillonnage

Pour chaque affleurement découvert, j'ai d'abord réalisé un dessin schématique de la coupe en essayant d'identifier et d'estimer l'épaisseur réelle des différentes couches sédimentaires, ainsi que leurs pendages. Enfin, j'en ai faite une brève description lithologique.

Vu qu'il s'agissait d'affleurements temporaires, pour chaque niveau identifié un petit échantillon a été prélevé, ce qui permettra des études ultérieures sur ces sédiments. Les marnes noires et les niveaux qui présentaient des fossiles visibles à l'œil nu, ont

été prélevés en plus grande quantité, pour augmenter les chances d'avoir des fossiles dans les résidus des lavages.

1.4.3 Laboratoire

Les échantillons prélevés ont été traités au laboratoire par des lavages et ensuite en les observant à la loupe binoculaire.

Le processus de lavages des marnes consiste premièrement en mettre en suspension les argiles contenues dans le sédiment traité en y ajoutant de l'eau oxygénée (H₂O₂ 30%).

Après avoir attendu que la réaction soit finie, on peut passer au tamisage qui se fait à l'aide de six tamis de différentes fractions (de 2mm à 0,063mm) dans lesquels il faut laver les résidus avec de l'eau. Une fois terminé le lavage le contenu de chaque tamis sera mis à l'étuve et séché, pour pouvoir après l'analyser au binoculaire et identifier les microfossiles.

Une fois que l'on trouve un microfossile lors de l'observation à la loupe binoculaire, il faut le prélever à l'aide d'un pinceau et le poser dans une cellule séparée pour pouvoir après l'étudier et identifier.

Chapitre 2 : Carte géologique

2.1 Commentaire

La carte géologique élaborée dans le cadre de ce travail traite uniquement les sédiments tertiaires d'âge Eocène à Miocène. Les informations ne viennent que des cartes géologiques préexistantes ainsi que des Thèses et Diplômes.

Pour la région de Tavannes, notamment près du tunnel Sous le Mont, on a utilisé des informations obtenues lors du travail de terrain.

J'ai aussi ajouté les données des forages effectués dans la zone, les gisements fossilifères les plus importantes et les affleurements, de même que les données tectoniques (failles et chevauchements).

2.2 Lithostratigraphie

Dans la littérature et sur les cartes géologiques, la nomenclature des formations tertiaires présentes dans les synclinaux du Jura est très diverse, et il fallait donc faire un travail de regroupement.

La description ainsi que les noms des groupes des formations paléogènes se base surtout sur le travail de PICOT (2002), tandis que pour celles appartenant au Néogène, et plus précisément au Miocène, je me suis appuyé sur le travail de BECKER (2003).

Comme le souligne PICOT (2002), l'abondance de termes et de synonymes pour dénommer les formations, qui concernent souvent des faciès semblables, rend le travail de regroupement et de hiérarchisation assez compliqué.

Dans la description de chaque groupe, après la définition, il y aura une liste des différentes formations prises en considération dans chaque carte géologique utilisée.

2.2.1 Groupes du Paléogène

2.2.1.1 Sidérolithique

Définition :

D'après PICOT (2002) le Sidérolithique regroupe : « *toutes les formations qui contiennent des pisolithes de fer et celles contenant des sables de quartz* ».

Pour ce qui concerne la position stratigraphique, ces formations reposent directement sur le Mésozoïque, surtout en formant des poches karstiques ou comme remplissage dans des fissures ; moins souvent on peut aussi les retrouver sous forme stratifiée.

L'âge des formations sidérolithiques se situe dans l'Eocène moyen à supérieur d'après les travaux de STHELIN (1903) basés sur l'étude des micromammifères. SCHMIDT-KITTLER (1987) signale différents affleurements de Sidérolithique qui sont datés de MP14 (à Egerkingen, le plus vieil affleurement tertiaire de Suisse) jusqu'à MP19.

Ces datations ont été en partie confirmées par l'étude de HOOKER & WEIDMANN (2000) qui leur donne un âge bartonien à priabonien.

Formations regroupées dans le Sidérolithique :

- St.Ursanne :
 - Daubrée-Kalke
 - Bohnertztone mit Bohnerz, Siderolithikum i. Allg.
- Delémont:
 - Bolus avec minerai de fer pisolithique, Sidérolithique en gén.
- Passwang :
 - Bolus avec minerai de fer pisolithique, Sidérolithique en gén.
- Bellelay :
 - Bolus à minerai de fer
- Moutier :
 - Sidérolithique en gén. (conglomérats de Daubrée, Terres Jaunes incluses).
- Balsthal :
 - Sidérolithique

Affleurements :

R1, R2, R3, R4, R5, R6, R7+R8, R9, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R19, R20, R21, R22+R23, R24, R25, R26, R27, R28, R29, R30, A1, A2
(cf. Annexe 1)

2.2.1.2 Calcaires inférieures et Terres Jaunes

Définition :

Dans ce groupe il faut considérer tous les calcaires lacustres qui reposent directement sur le sidérolithique ou le Mésozoïque, ainsi que le complexe des Terres Jaunes du synclinal de Delémont (PICOT, 2002).

En ce qui concerne l'âge de ce groupe, il faut tenir compte d'un laps de temps assez étendu. Plusieurs formations sont datées à l'aide des Gastéropodes (déposées entre l'Eocène moyen et l'Oligocène inférieur), d'autres grâce aux Charophytes et appartiennent à la zone à *Tuberculata* (BERGER, 1992 et 1999 ; REICHENBACHER et *al.*, 1996 ; CLÉMENT, 1998 ; CLÉMENT & BERGER, 1999) qui correspond à la limite Eocène – Oligocène.

Enfin les plus jeunes formations de ce groupe sont datées par ENGESSER (1990) du niveau mammalien MP27 (les "Wynauer Süswasserkalk", les "Süswasserkalk von Boningen" et les "Süswasserkalk von Ober-Wynau").

Formations regroupées dans les Calcaires inf. & Terres Jaunes :

- Delémont :
 - Terre Jaune
 - Calcaire d'eau douce (« Raitsche ») de Courcelon
- Moutier :
 - Calcaires d'eau douce de Moutier
 - Conglomérats (Soulce, Moutier), calcaires d'eau douce concrétionnés.

Affleurements :

R31, R32, P1
(cf. Annexe 2)

2.2.1.3 Gompholithe d'Ajoie

Définition :

Les formations faisant partie de ce groupe sont constituées de conglomérats fluviaux et marins, avec des faciès qui représentent des environnements côtiers (PICOT, 2002).

Ces formations conglomératiques reposent directement sur le Mésozoïque ou sur le Sidérolithique ; l'estimation d'un âge précis pour ce groupe est assez difficile.

PICOT (2002) décrit un affleurement conglomératique, qui grâce à la présence de charophytes a pu être attribué à la zone à *Harrisichra gr. tuberculata* (zone qui correspond du sommet du Priabonien à la base du Rupélien).

Il souligne aussi que grâce aux connaissances actuelles on peut affirmer que les plus jeunes sédiments de ce groupe ne dépassent pas le niveau nannoplanctonique NP21 (âge déterminé par la datation du Septarienton qui surmonte les Conglomérats de Porrentruy dans le synclinal de Bressaucourt – Porrentruy).

Formations regroupées dans la Gompholithe d'Ajoie :

- Delémont : - Sables marins avec conglomérats (G. d'Ajoie) et marnes remaniées.
- Bellelay : - Gompholithe d'Ajoie

Affleurements :

R33, R34, R35, R36+R37, R38, R39, R40, R41, R42, R43+R44, R45, P2, P3
(cf. Annexe 3)

2.2.1.4 Meeressand, Septarienton (UMM)

Définition :

Ce groupe, très peu représenté dans les synclinaux touchés par mon travail, regroupe les formations composées de grès calcaires et de conglomérats

(Meeressand), ainsi que de sédiments marneux ou argileux, marins, de couleur bleue à brun, contenant très souvent des foraminifères (Septarienton).

« *Le Septarienton constitue un faciès de bassin, équivalent latéral des Meeressand, faciès côtier* » (PICOT, 2002).

Les Meeressand sont estimés être du Rupélien (niveau mammalien MP22 d'après BECKER, 2002), même s'il n'y a pas de datations précises.

Le sommet du Septarienton est daté NP24 – NP25 à Courgenay (BERGER 1992, BERGER et al. 2005b). Les datations les plus anciennes de ce groupe sont NP22 à Laufen et Bressaucourt (PICOT 2002).

Formations regroupées dans le Meeressand & Septarienton :

- Delémont : - Marnes à *O. Cyathula* et argile à *Septaria*

Affleurements :

A7, P4, P5
(cf. Annexe 4)

2.2.1.5 Molasse alsacienne – Matzendorferkalk (USM)

Définition :

Ce groupe est constitué par des dépôts micacés avec des intercalations de marnes et de calcaires.

PICOT (2002) précise que : « *le terme de Molasse alsacienne a été utilisé abusivement, désignant des dépôts micacés continentaux contenant des feuilles.* »

On a employé aussi cette dénomination pour des dépôts saumâtres ayant la même nature.

Il souligne aussi, pour éviter de faire la confusion, qu'il faut distinguer deux ensembles de Molasse alsacienne :

1. **Molasse alsacienne s.s.** : se trouve principalement dans les synclinaux au sud de celui de Delémont. Constituée par des sédiments micacés continentaux

fluviales avec intercalation lacustres, elle recouvre le Mésozoïque, le Sidérolithique et les Calcaires inférieurs.

2. **Molasse alsacienne s.l.** : on la retrouve au nord du synclinal de Delémont, donc elle se situe en dehors de la zone traitée par mon travail ; pour toute information additionnelle voir PICOT (2002).

De nombreuses datations (charophytes, mammifères et nannofossiles) sont citées pour la Molasse alsacienne. Dans leur ensemble, elles donnent l'intervalle allant de MP22 à MP 29 (PICOT 2002).

Cette multitude de datations a rendu possible l'analyse des relations entre les sous-unités de ce groupe et les différentes zones des synclinaux.

Formations regroupées dans la Molasse alsacienne :

- Delémont : - Marnes bigarrées
- Passwang : - Molasse alsacienne
- Molasse d'eau douce inférieure, avec calcaire d'eau douce inférieure (Mümliswil)
- Bellelay : - Molasse alsacienne et marno calc. Inférieurs
- Moutier : - Molasse alsacienne et marnes d'eau douce delémontiennes
- Calcaires d'eau douce (Calcaires de Matzendorf)
- Balsthal : - Molasse alsacienne
- Murgenthal : - Oensinger süßwassermolasse
- Aarwanger Molasse : Sandsteine mit konglomeratischen Linsen, kalkmergel mit dünnen Süßwasserkalkbanken

Problèmes :

Dans le synclinal de Tavannes, entre Tramelan et Tavannes, vu l'absence de cartes géologiques détaillées je me suis appuyé sur les profils de ROTHPLETZ (1933). Mais, sur ma carte géologique, j'ai ajouté de la Molasse alsacienne entre les Calcaires delémontiens et la Gompholithe d'Ajoie, même s'il ne sont pas signalés dans les profils de ROTHPLETZ; ils sont par contre cités dans la carte géologique de Bellelay.

Plus généralement, le problème est que certains auteurs décrivent comme Molasse alsacienne des sédiments que d'autres notent comme Calcaires delémontiens.

Terrain :

Lors du travail de terrain, de la Molasse alsacienne a été probablement trouvée au portail sud du Tunnel sous le Mont (TA), constituée d'une alternance des marnes plus ou moins argileuses, des grès et des bancs calcaires peu épais (cf. chapitre 3.2.1)

Affleurements :

R46, R47, R48, R49, R50, R51, R52, A4, A5, A6, A8, P6, P7, P8, P9
(cf. Annexe 5)

2.2.1.6 Calcaires delémontiens (USM)

Définition :

Dans ce groupe sont placés tous les calcaires lacustres recouvrant la Molasse alsacienne et recouverts à leur tour pas l'OMM.

FAVRE (1998), WEIDMANN (comm. écrit.), THEILER (1998), ENGESESSER (1990), ainsi que PICOT et *al.* (2002) ont daté les Calcaires delémontiens dans plusieurs endroits du Jura (coupes et forages) en donnant un intervalle allant de MP29 à la base de MN1 (Chattien supérieur à la base de l'Aquitaniens).

Formations regroupées dans les Calcaires delémontiens :

- St.Ursanne : - Delsberger Süßwasserkalk und bunte mergel (Glovelier)
- Delémont : - Calcaires d'eau douce de Delémont
- Passwang : - Calcaires d'eau douce de Delémont
- Bellelay : - Calcaires delémontiens
- Moutier : - Calcaires d'eau douce delémontiens
- Balsthal : - Calcaires delémontiens

Problèmes :

En ce qui concerne les Calcaires delémontiens et la rédaction de la carte géologique, le problème principal a été les multiples interprétations de ces sédiments de la part des différents auteurs, comme c'est le cas pour la Molasse alsacienne (cf. chapitre 2.2.1.5).

Par exemple, dans la carte géologique de Moutier au 1' 25 :000, entre Bévillard et Sorvilier (synclinal de Tavannes), la Molasse alsacienne est en contact avec les Grès et conglomérats de l'OMM.

Si l'on observe la Fig. 6 d'Antenen (1973), on s'aperçoit que pour les mêmes sédiments il leur donne le nom de « Delémontien ».

En observant la légende de la carte géologique de Moutier, on voit que la Molasse alsacienne est nommée de la façon suivante : « Molasse alsacienne et Marnes d'eau douce delémontiennes ». On a donc un problème de conformité de la dénomination des formations. Dans ce cas, Antenen (1973) place les "Marnes delémontiennes" dans le groupe des Calcaires delémontiens, tandis que les auteurs de la carte géologique de Moutier les ont placés dans le groupe de la Molasse alsacienne.

En ce qui concerne ce cas, dans le cadre de ce travail on retiendra le terme de Calcaires delémontiens.

Terrain :

Les sédiments appartenant au groupe de Calcaires delémontiens ont les retrouve dans les coupes suivantes : TB, TC et TD.

(cf. chapitres 3.2.2, 3.2.3, 3.2.4)

Affleurements :

R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59, R60, R61, R62, R63, R64, R65, R66, R67, R68, R69, R70, A3, A15, P10, P11, P12

(cf. Annexe 6)

2.2.2 Groupes du Néogène

2.2.2.1 USM Aquitanienne (Grès & Marnes « Aquitaniens »)

Définition :

Dans le bassin de Delémont, la partie supérieure de la Molasse alsacienne était connue sous le nom de Molasse delémontienne ou aquitanienne (ROLLIER, 1910).

Ensuite d'autres auteurs, à cause de l'absence de preuves pour attribuer ces dépôts sableux à l'Aquitaniens, finiront par nommer ces sédiments Molasse alsacienne supérieure (LINIGER, 1925) et leur donneront un âge Chattien (BAUMBERGER, 1934).

PICOT et al. (1999), PICOT (2002), BECKER & CIVELLI (2002) et la révision lithostratigraphique et biostratigraphique de la Thèse de BECKER (2003) confirment que la Molasse alsacienne supérieure date du Chattien (zone mammalienne de MP23 à MP29).

Dans la Molasse du Jura, l'Aquitaniens en tant que groupe lithostratigraphique est absent, par contre on le retrouve dans deux affleurements isolés : Boudry et La Chaux (Jura vaudois et neuchâtelois).

Comme le souligne aussi BECKER (2003), on trouve des sédiments aquitaniens dans les parties sommitales de certaines coupes des Calcaires delémontiens (Brochene Fluh, Waldenburg – Humbel, SE Pré Godat, Tavannes – Tramelan).

À Tavannes "Sous le Mont" la première localité du Jura central contenant des alternances marno-gréseuses surmontant les Calcaires delémontiens et datée de l'Aquitaniens a été récemment découverte et analysée lors de ce travail.

On parlera dans le détail plus tard dans ce travail des sédiments Aquitaniens de la coupe Tavannes – Sous le mont (cf. chapitre 3.2).

Terrain :

Au sommet de la coupe TD, grâce à la découverte de 3 niveaux fossilifères, on a pu attribuer à l'Aquitaniens une dizaine de mètres de sédiments sableux.

On retrouve aussi probablement de l'Aquitaniens dans les coupes TB et TC entre les Calcaires delémontiens et les sédiments marins de l'OMM.

(cf. chapitre 3.2.4)

2.2.2.2 Conglomérats & Grès de l'OMM

Définition :

Dans ce groupe il faut distinguer deux différents faciès:

1. **"Burdigalien"** : il s'agit de formations gréseuses caractérisées par des dépôts sableux dominés par les marées et la houle. Ici on parle de complexe Grès coquiller – Molasse grise.

Les environnements de dépôt de ce faciès sont probablement des estrans et des plates-formes siliciclastiques.

2. **"Helvétien"**: il regroupe les formations conglomératiques gréseuses et marneuses, influencées par les marées et la houle, mais avec une influence fluviatile. Ici on utilise normalement le nom de Poudingue polygénique.

En ce qui concerne le dépôt de ces sédiments, il s'agit d'un environnement côtier de fan-delta et d'inter-fan-delta.

Comme le souligne BECKER (2003), la position stratigraphique de ce groupe diffère légèrement selon le faciès traité.

Les formations faisant partie du Burdigalien se retrouvent souvent en contact discordant avec les calcaires delémontiens, ou en cas d'absence de ces derniers, directement sur le Mésozoïque.

Par contre la formation du Poudingue polygénique se retrouve en plus directement sur la Molasse alsacienne par érosion et ravinement (par exemple à Sorvilier).

Le groupe des Conglomérats et Grès de l'OMM présente très peu de datations, comme aussi toute l'OMM jurassienne en générale.

Jusqu'à présent, on ne connaît que 3 localités qui possèdent une datation précise pour ce groupe : « *ainsi les Conglomérats et Grès de l'OMM se déposent dans leur ensemble durant l'intervalle MN3-4, ce qui correspond approximativement au Burdigalien* » (BECKER, 2003).

À Tavannes ils sont datés à MN3 par Weidmann.

Formations regroupées dans les Conglomérats & Grès de l'OMM :

- Passwang :
 - Formations marines (Marnes, grès, lumachelles)
 - Poudingue polygénique
- Bellelay :
 - Grès coquiller + Molasse lausannienne
- Moutier :
 - Sables à Galets (OMM) + Poudingue polygénique
 - Grès et sables micacés (Molasse grise)

- Balsthal : - Poudingues à *Ostr. Crassissima*

Terrain :

L'OMM a été retrouvée dans les coupes TB et TC.

La partie sommitale de l'affleurement TB, aujourd'hui disparue à cause de l'avancement des travaux pour la construction du Tunnel sous le Mont, présentait quelques mètres de sédiments marins appartenant à l'OMM.

Ici la Molasse Marine Supérieure est constituée par une fine couche de sables à galets, dans lequel on a trouvé des fossiles remaniés, et de quelques mètres de grès coquillers avec une grande quantité de dents de requins.

En ce qui concerne la coupe TC, les sédiments attribués à l'OMM sont composés d'un niveau conglomératique dans lequel a été retrouvé un gros os de mammifère indéterminé et des dents de raies, et de grès argileux avec présence de dents de requins et de raie.

(cf. chapitres 3.2.2 et 3.2.3)

Affleurements :

R71, R72, R73, R74, A9, A10, A14

(cf. Annexe 7)

2.2.2.3 Marnes rouges & Gompholithe de l'OMM

Définition :

Ce groupe regroupe les formations à lithofaciès marneux et gompholithique passant latéralement de l'un à l'autre; ces sédiments varient entre terrestres, marins et saumâtres (BECKER, 2003).

Il n'y a pas de datations précises mais l'intervalle de dépôt se situe probablement entre le Langhien et le Serravalien (MN5-6).

Généralement les formations appartenant à ce groupe reposent sur les Conglomérats et Grès de l'OMM. Parfois, on les retrouve en contact direct avec le

Mésozoïque, et dans le cas du synclinal de Delémont sur la Molasse alsacienne de la Beuchille (BECKER, 2003).

Formations regroupées dans les Marnes rouges & G. de l'OMM :

- Delémont :
 - Sables et marnes à Dinotherium
 - Marnes rouges (Mt. Chaibeux)
- Bellelay :
 - Marnes rouges et sables à Dinotherium
 - Molasse helvétique et Poudingue polygénique
- Balsthal :
 - Marnes rouges

Affleurements :

R75, R76

(cf. Annexe 8)

2.2.2.4 Calcaires et Marnes lacustres de l'OSM + Oeningien

Définition :

Ce groupe contient toutes les formations à faciès lacustre de l'OSM.

Normalement ces calcaires d'eau douce reposent sur les formations du groupe de Marnes rouges & Gompholithes de l'OMM.

« La biostratigraphie des Calcaires & Marnes lacustres de l'OSM est documentée par un nombre élevé de localités. » (BECKER, 2003)

L'âge de dépôt de ce groupe se situe entre le Langhien et le Serravalien (intervalle MN5-8).

Formations regroupées dans les Calcaires et Marnes lacustres de l'OSM + Oeningien :

- Delémont :
 - Calcaires d'eau douce
- Bellelay :
 - Calcaires oeningiens
- Moutier :
 - Calcaires d'eau douce (Vermes, Golat, marnes sables, etc.)

- Balsthal : - Calcaires oeningiens

2.2.2.5 Vogesenschüttung, Juranagelfluh

Definition :

Les sédiments de cette formations présentent des faciès conglomératiques, sableux et marneux. Il s'agit de sédiments alluviaux d'origine nordique de l'OSM, contrôlés par le soulèvement des massifs des Vosges et la Forêt Noire.

La position stratigraphique varie selon l'emplacement géographique.

Les formations de ce groupe sont assez mal datées. Plusieurs auteurs (BERGER, 1996 ; KÄLIN 1993, 1997 ; KÄLIN & KEMPF, 2002) estiment que le dépôt de ces cônes alluviaux c'est fait entre 14 et 10 millions d'années (soit toute la période de l'OSM).

Formations regroupées dans le Vogesenschüttung, Juranagelfluh :

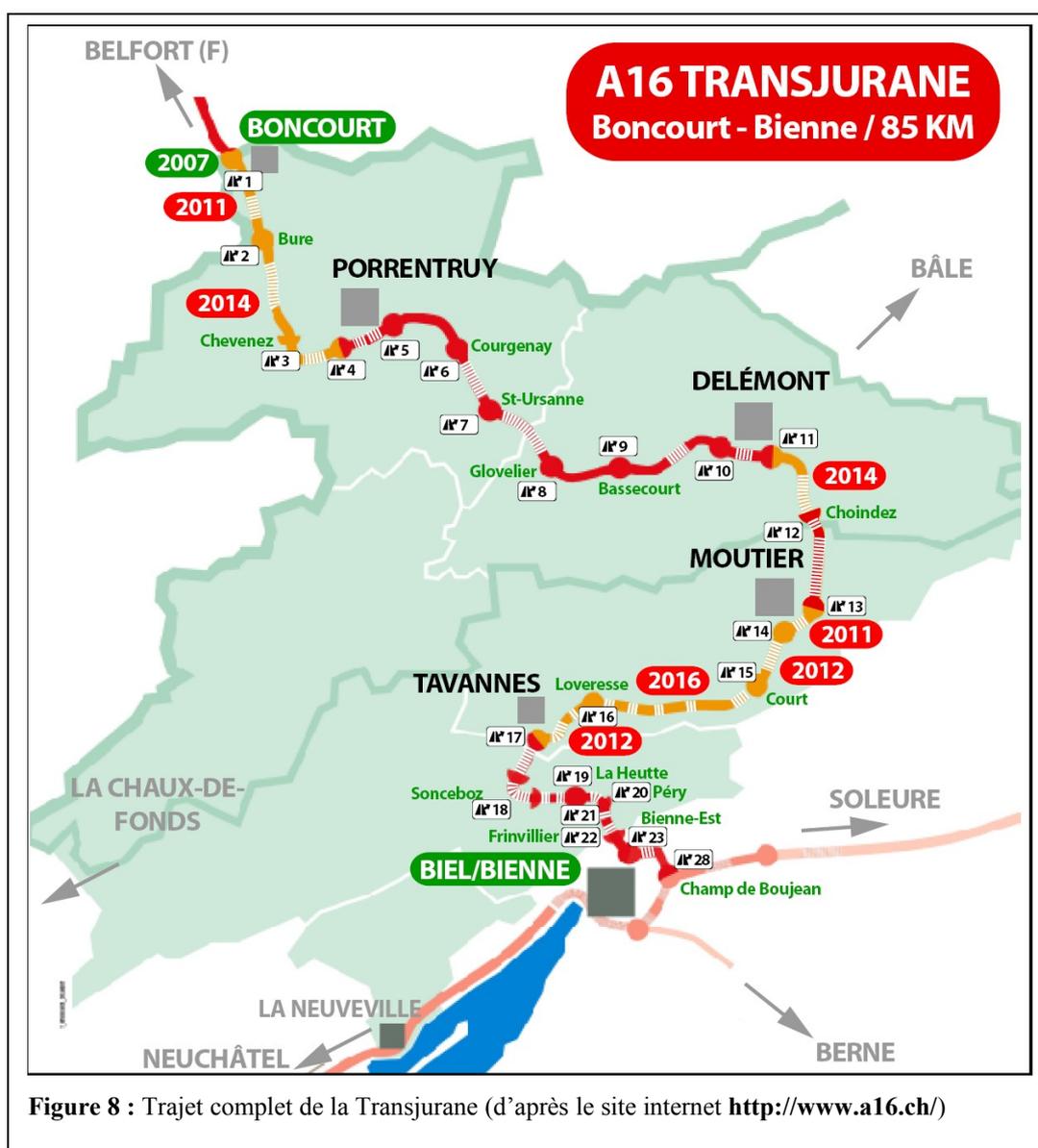
- St.Ursanne : - Vogesenschotter
- Vogesensande
- Delémont : - Galets vosgiens (Bois de Raube) et cailloux vosgiens isolés.

Chapitre 3 : Travail de terrain et étude des sédiments molassiques à Tavannes – Sous le Mont

3.1 Transjurane – A16

L'A16 (Transjurane), qui représente un tracé de 85 kilomètres entre Boncourt et Bienne (cf. fig.8), a été intégrée dans le réseau des routes nationales le 1^{er} octobre 1984 grâce à une décision des Chambres fédérales.

D'après le site officiel : « à ce jour 48,5 des 85 kilomètres de l'A16 (57%) sont en service. »



3.1.2 Tunnel Sous le Mont (Tavannes)

Le long du tronçon Loveresse – Tavannes, au SE de la ville de Tavannes, le projet de l'A16 prévoit l'excavation d'un tunnel de 1210 mètres nommé « Tunnel Sous le Mont » (cf. fig. 9).

En avril 2007, lors d'une visite sur le chantier de ce tunnel avec le Pr. J.P. Berger et M. Stork (Service Archéologique du Canton de Berne), on a pu constater la présence de nombreux affleurements de sédiments tertiaires.

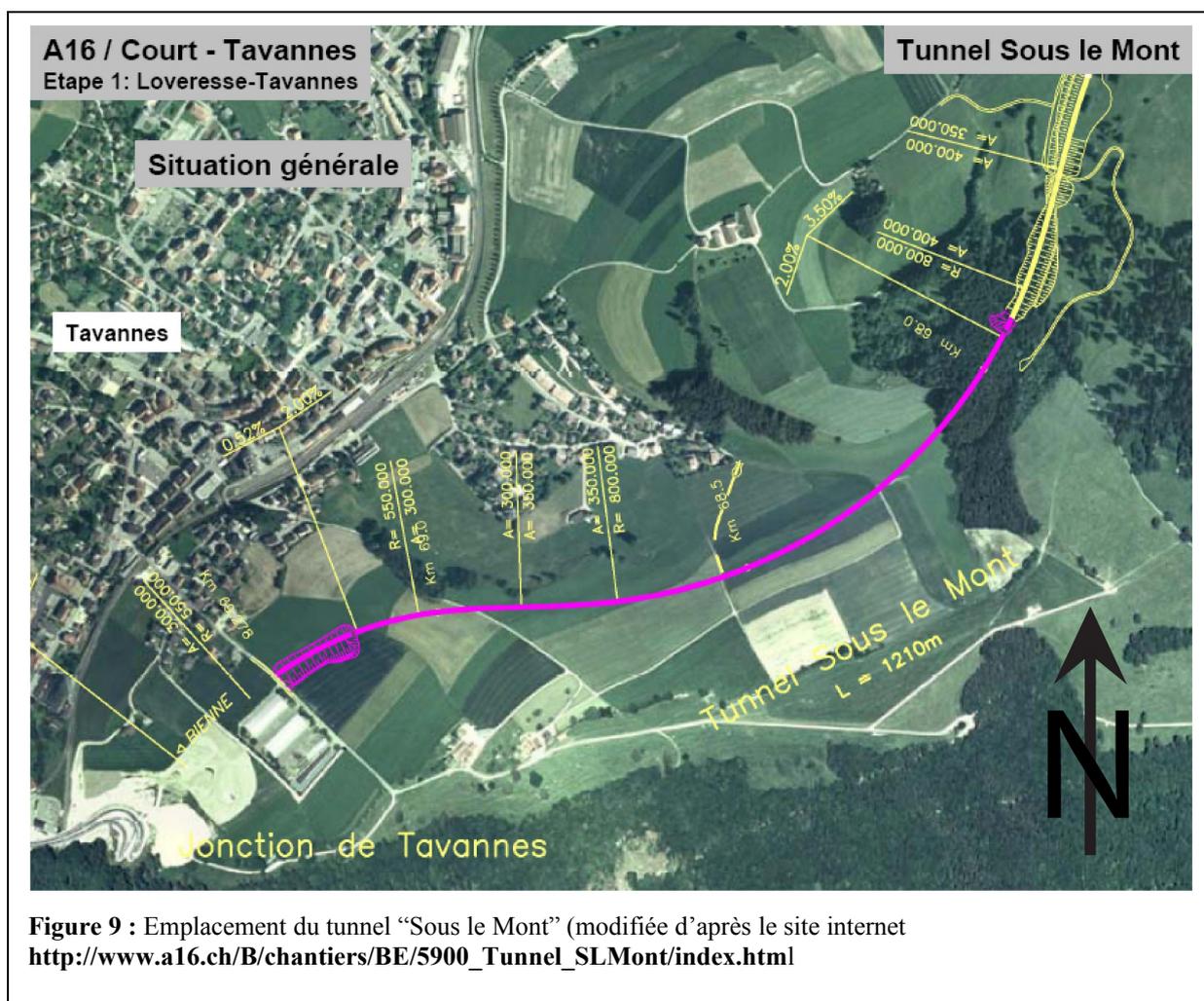


Figure 9 : Emplacement du tunnel “Sous le Mont” (modifiée d’après le site internet http://www.a16.ch/B/chantiers/BE/5900_Tunnel_SLMont/index.html)

3.2 Affleurements à Tavannes – Sous le Mont

Comme je l'ai déjà souligné dans le chapitre précédent, les excavations pour réaliser ce tunnel ont permis la mise à jour de plusieurs affleurements de sédiments molassiques qui, jusqu'à présent, étaient couverts par du Quaternaire.

Lors de mes nombreuses visites sur le chantier, j'ai levé quatre coupes différentes : une située au portail Sud (TA), deux au portail Nord (TB et TD) et une le long d'une petite route de liaison entre les deux portails (TC) (cf. fig.10).

Cette partie du travail comprendra pour chaque affleurement : un log synthétique (avec indications des noms des échantillons prélevés, de l'éventuelle présence de fossiles trouvés lors des lavages ou directement sur le terrain et des sédiments qui ont été lavés), une description lithologique et des images de détail pour mieux illustrer ces affleurements. Pour finir, il y aura une liste des fossiles découverts dans chaque coupe avec quelques images. La coupe TD bénéficiera d'une description paléontologique plus détaillée, vu la grande quantité de fossiles découverts.

En ce qui concerne les échantillons à laver, on s'est surtout concentré sur les niveaux marneux noirs, lesquels possèdent normalement un bon contenu fossilifère. Ils ont donc été prélevés en plus grande quantité, pour augmenter les possibilités de trouver des fossiles lors des lavages.

Vu l'absence d'informations géologiques dans la partie Sud du synclinal de Tavannes, la découverte de ces affleurements de sédiments molassiques a permis d'ajouter sur la carte géologique d'importantes informations.

Aucune analyse granulométrique n'ayant été faite lors de ce travail, les définitions lithologiques se basent uniquement sur les observations faites directement sur le terrain lors des levées de coupe.

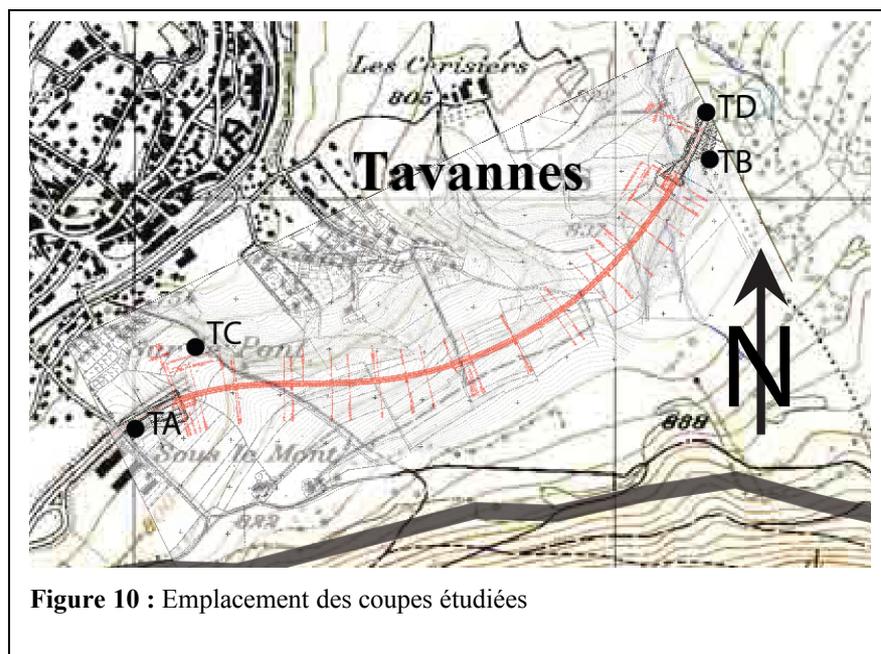
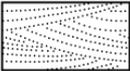
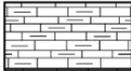
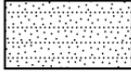
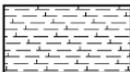
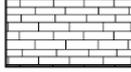
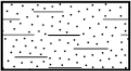
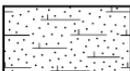
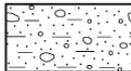


Figure 10 : Emplacement des coupes étudiées

LEGENDE DES COUPES

LITHOLOGIE

	Grès		Grès peu lithifié		Calcaire marneux
	Grès coquiller		Marne		Calcaire
	Grès marneux		Marne gréseuse		Sable à galets (conglomératique)

FOSSILES

Vertébrés	Mollusques 	Plantes	Bioturbation	Bryozoaires 
Micromammifères 	Gastéropodes 	Bois, charbon 	Ichnofossiles 	
Macromammifères 		Charophytes 	Traces de racine 	
Reptiles 				
Poissons divers 				
Requins et raies 				
Otolithes 				
Fragments d'os 				

Structures sédimentaires:

Concrétions calcaires
(caliches)



Galets mous



Echantillon lavé => ●

Figure 11 : Légende des coupes

3.2.1 TA (582 016 / 229 539)

3.2.1.1 Description

Cette coupe est composée entièrement de marnes et grès (USM – Molasse alsacienne ??) allant du beige au marron-gris plus au moins foncé, d'une puissance d'une vingtaine de mètres.

La coupe montre à sa base une couche gréseuse grise-verte qui devient graduellement plus marneuse ; ces niveaux sont surmontés par un niveau marno-calcaire noir qui présente une forte odeur d'hydrocarbures à la cassure. Ce niveau noir est caractérisé par une grande quantité de fragments de mollusques visibles à l'œil nu. Il en a donc été prélevé en grande quantité (20 kg).

La succession lithologique de cette coupe continue avec des alternances de marnes et de grès avec des passages graduels entre les niveaux . Après une quinzaine de mètres, on retrouve un niveau marno-calcaire d'à peu près 1 m d'épaisseur, lui aussi surmonté par des marnes.

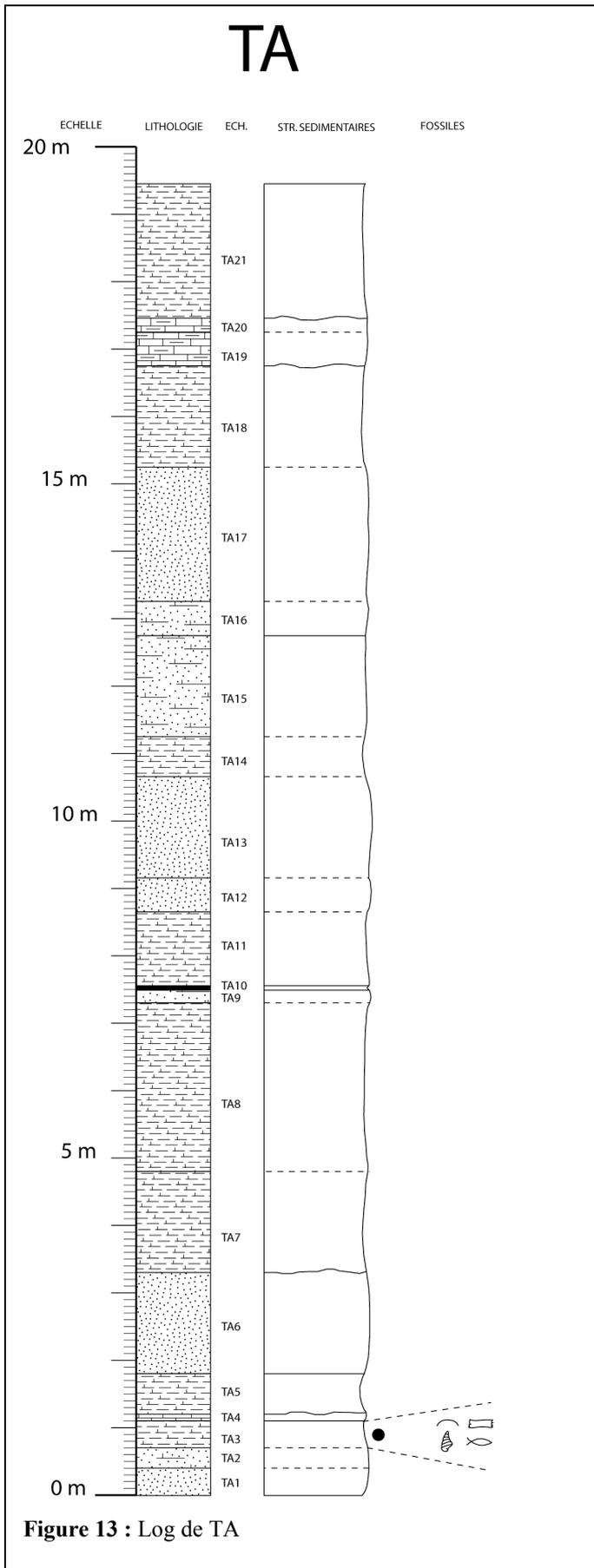
Ici, comme d'ailleurs pour tous les affleurements découverts, la situation tectonique est assez compliquée comme le montre très bien la figure 12.

En effet les couches montrent une forte déformation sous forme de plis, ce qui rend la compréhension de la stratigraphie très difficile.



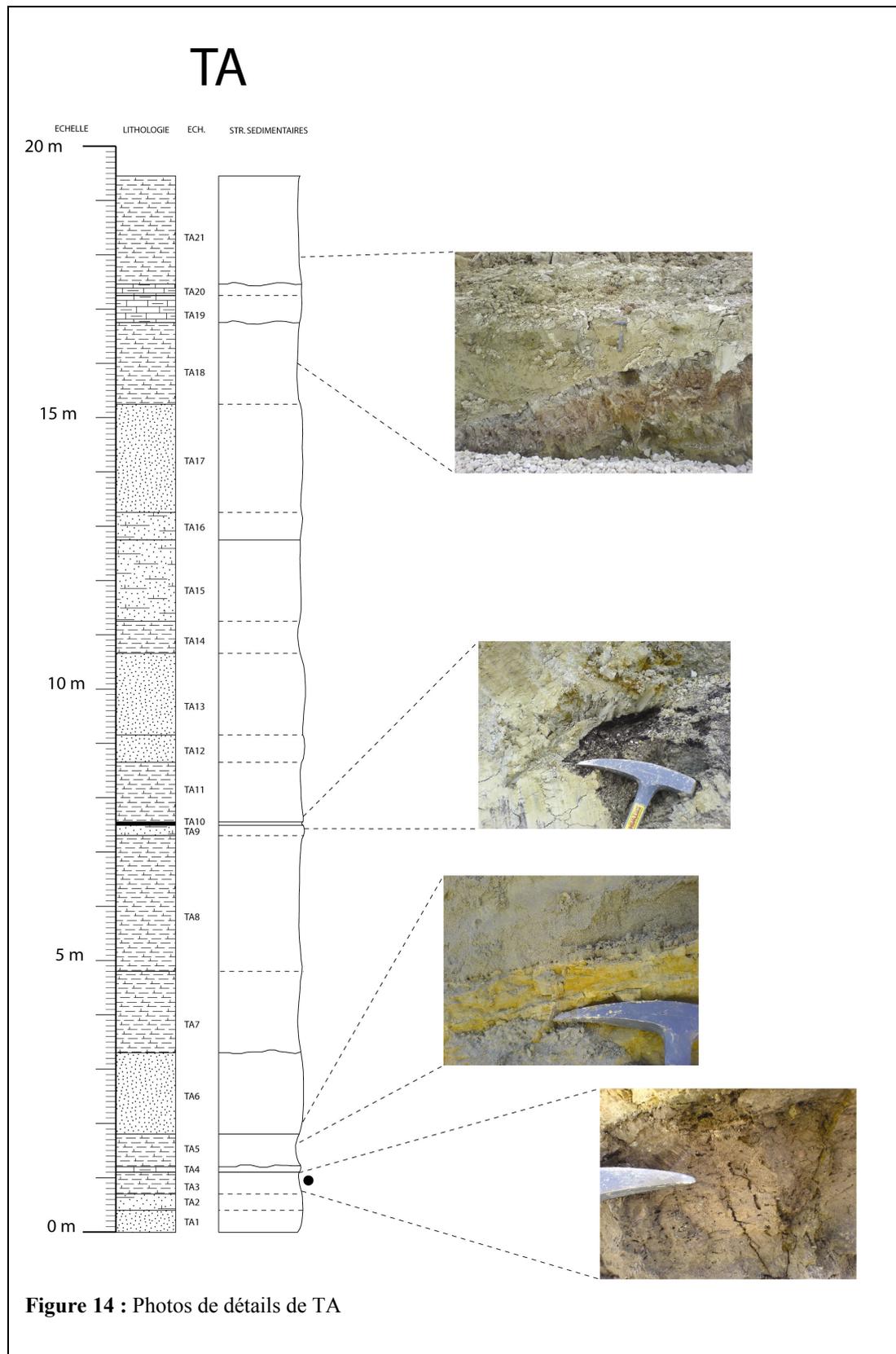
Figure 12 : Photo de TA

3.2.1.2 Log avec description lithologique :



TA21	marne / beige
TA20	calcaire marneux / gris-vert
TA19	calcaire marneux / rougeâtre
TA18	marne / vert-beige-gris
TA17	grès / beige-gris
TA16	marne gréseuse / verte-beige foncé avec taches rouges
TA15	marne gréseuse / verte-beige claire
TA14	marne / verte-beige
TA13	grès dur / gris-marron foncé
TA12	grès / marron-beige avec taches rouges
TA11	marne / beige-vert clair
TA10	marne / noir
TA9	marne gréseuse / gris foncé (parfois vert)
TA8	marne / gris avec taches rouges et beige
TA7	marne / gris avec taches beige
TA6	grès / gris
TA5	marnes / alternances beige et grises
TA4	calcaire marneux / marron clair
TA3	marne lacustre / gris - marron foncé avec forte odeur d'hydrocarbures
TA2	marne gréseuse / gris-vert
TA1	grès / gris-vert

3.2.1.3 Log avec photos de détails :



3.2.1.4 Paléontologie :

•TA3

C'est le seul niveau de cette coupe ayant été lavé. Il s'agit d'une marne lacustre grise foncé avec beaucoup de fragments de coquilles de mollusques visibles à l'œil nu.

Le contenu fossilifère est le suivant (cf. fig. 15) : gastéropodes, fragments d'os et dents de poisson. Pour l'instant, aucun de ces fossiles n'a été déterminé.

Classification de la faune fossile :

- Gastéropodes indéterminés (type lymnée et planorbe, cf. fig. 49)
- Poissons indéterminés

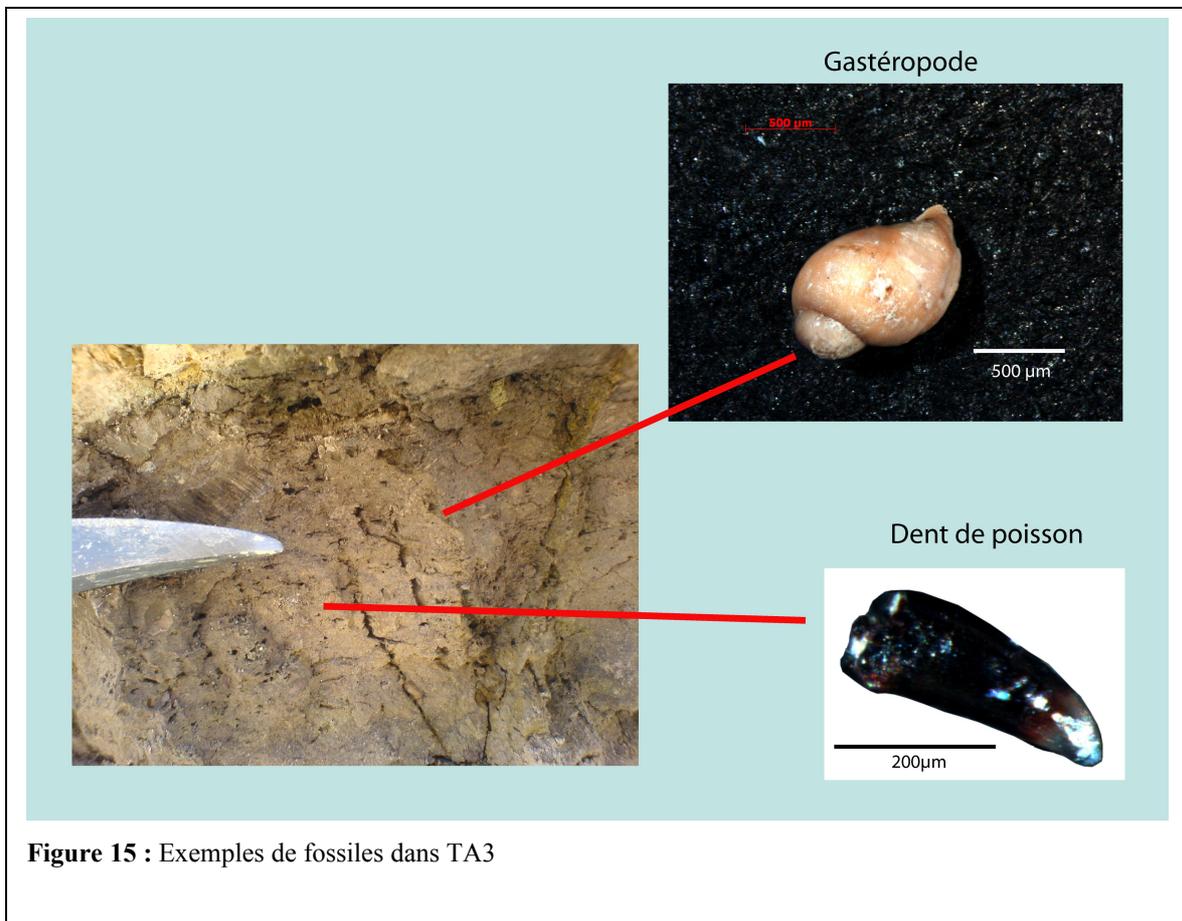


Figure 15 : Exemples de fossiles dans TA3

3.2.1.5 Biostratigraphie

Dans cette coupe, les fossiles sont très rares. Le niveau TA3 présente divers types de gastéropodes (comme des planorbes et des lymnées) et quelques dents de poissons. Pour l'instant, aucune espèce n'a été déterminée. On ne peut donc pas savoir à quel âge correspondent ces sédiments. Tout au plus, les fossiles confirment la nature dulcicole des couches étudiées (USM).

3.2.2 TB (583 228 / 230 214)

3.2.2.1 Description :

Cet affleurement, situé sur le côté d'une petite route au nord-est du portail nord du Tunnel (cf. fig. 16 et 17) présente le passage entre la fin de l'USM et le début de l'OMM. En ordre stratigraphique, on retrouve d'abord des alternances de marnes et de grès marneux (Molasse alsacienne ??) , et ensuite des couches calcaires de 3-4 mètres d'épaisseur (il s'agit des Calcaires delémontiens) surmontés par quelques mètres de calcaires marneux.

Ensuite, l'affleurement disparaît sous la route (sur environ 7 mètres) et il réapparaît avec 6 m de sables (?USM?Aquitaniens?) et de grès (OMM). La base de l'OMM est marquée par un niveau transgressif conglomératique sableux avec des galets bien arrondis, probablement de provenance alpine dans lequel ont été trouvés des dents de Rhinocerotidae extrêmement roulées et fragmentées. Sa partie sommitale, grâce à la présence de bivalves, de dents de requin et de bryozoaires, a pu être attribuée à l'OMM (Burdigalien).

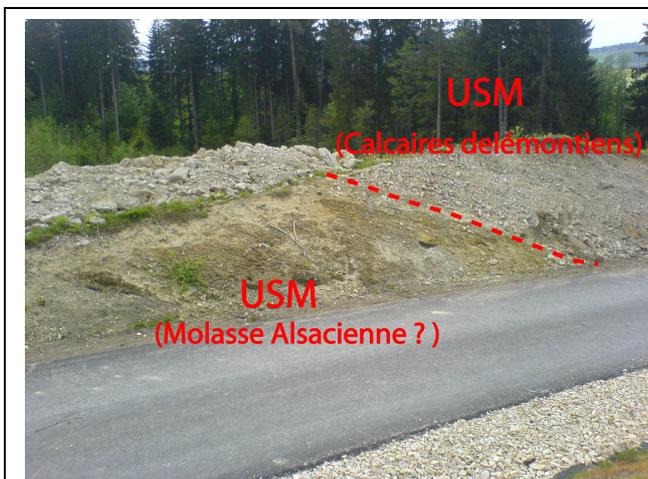


Figure 16 : Photo no.1 de TB

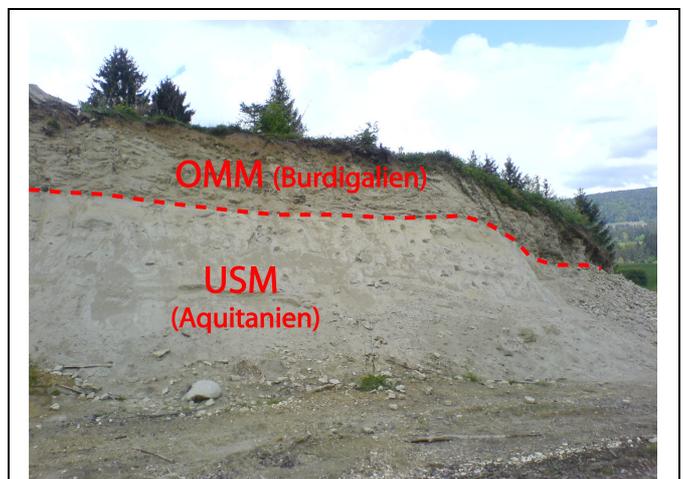
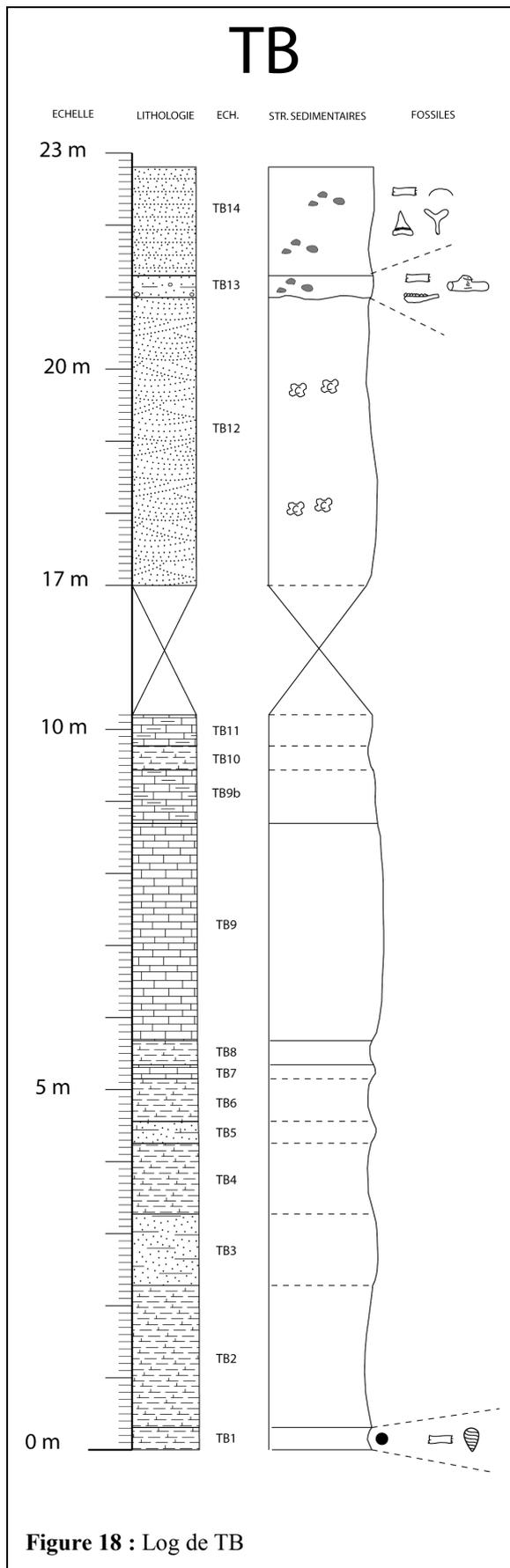


Figure 17 : Photo no.2 de TB

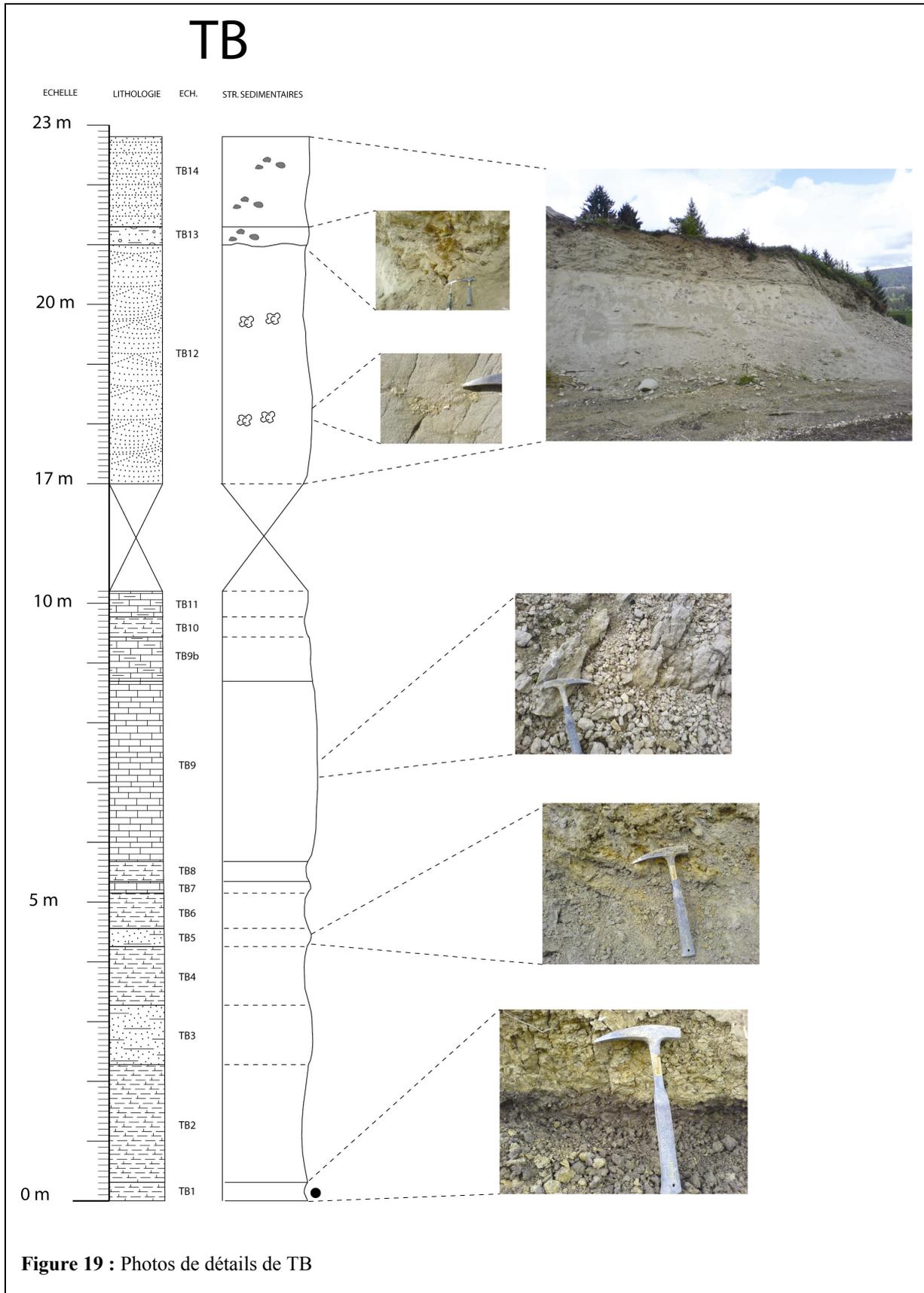
3.2.2.2 Log avec description lithologique :



TB14	grès coquiller avec galets mous et dents de requin
TB13	niveau conglomératique sablo-argileux
TB12	sable avec caliches et brèches calcaires
TB11	calcaire marneux / beige
TB10	calcaire marneux / ?
TB9b	calcaire marneux / gris-beige
TB9	calcaire avec odeur d'hydrocarbures à la cassure / gris
TB8	marne à galets mous / vert foncé
TB7	calcaire / beige clair
TB6	marne / beige-marron
TB5	marne gréseuse / gris
TB4	marne / beige
TB3	grès marneux / gris
TB2	marne / beige-gris
TB1	marne / gris foncé

Figure 18 : Log de TB

3.2.2.3 Log avec photos de détails :



3.2.2.4 Paléontologie :

TB1

Le contenu fossilifère est pratiquement nul. Le résultat d'une assez grande quantité de sédiments lavés (20 kg) n'a été que d'une Charophyte à moitié cassée, trouvée lors de l'analyse à la loupe binoculaire.

TB13

On a trouvé des fragments de dents de mammifères et des fragments d'os (cf. fig. 20). Aussi, pour ces fossiles, aucune détermination précise n'a encore été possible. On peut cependant affirmer que les dents appartiennent à du Rhinocerotidae.

TB14

Dans ce niveau gréseux a été trouvé un grand nombre de dents de requin (cf. fig. 48) et des fragments d'os de mammifères (cf. fig. 20).

Classification de la faune fossile :

Classe	Infra classe	Ordre	Famille	Espèce
Chondrichthyes	-	Lamniformes	Odontaspidae	<i>Carcharias</i> <i>sp.</i>
Mammalia	Placentalia	Perissodactyla	Rhinocerotidae	

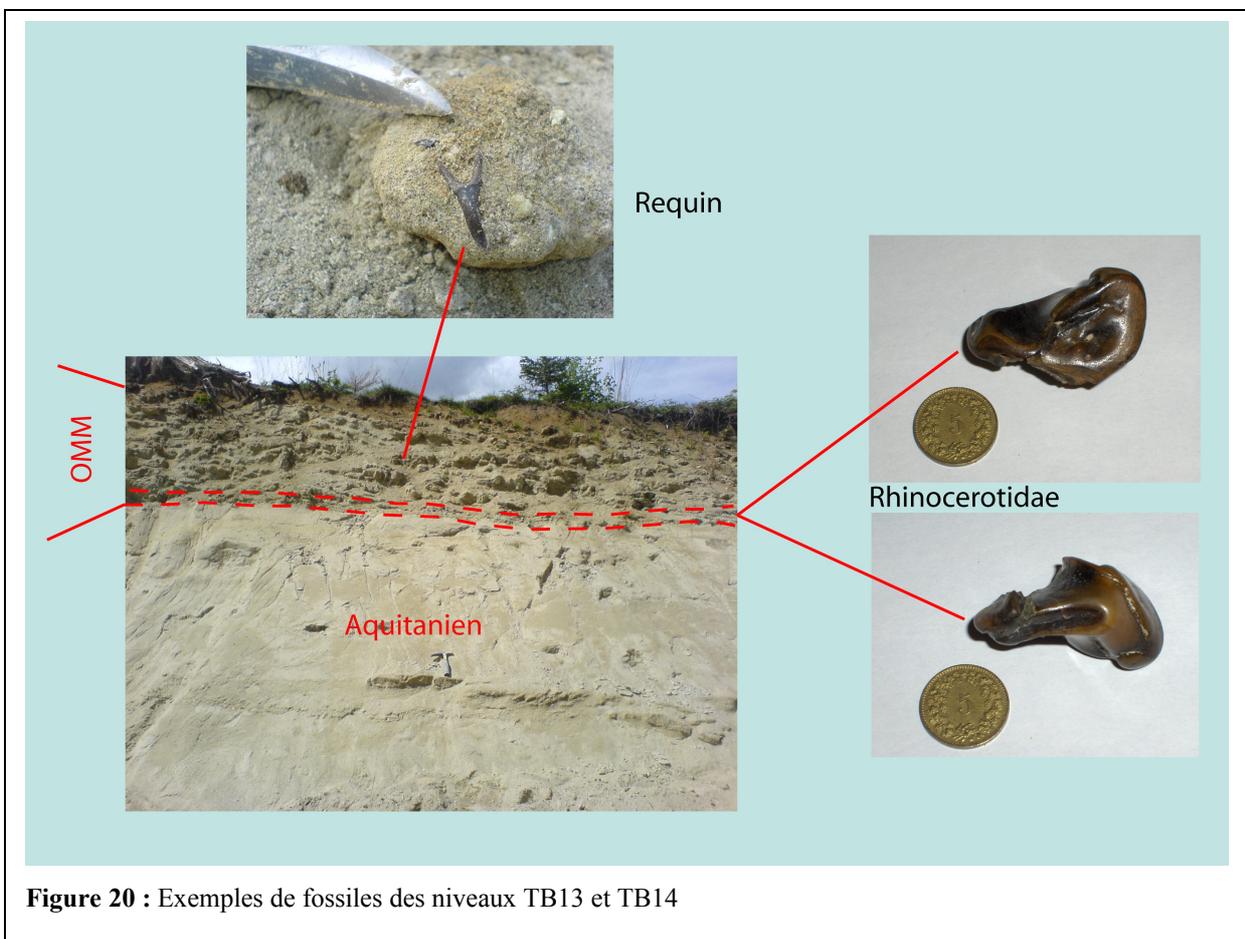


Figure 20 : Exemples de fossiles des niveaux TB13 et TB14

3.2.2.5 Biostratigraphie

En ce qui concerne la biostratigraphie de la coupe TB, on n'a pas de données significatives. En effet, dans le seul niveau qui a été lavé (TB1), les fossiles sont pratiquement absents, et la seule charophyte qui a été trouvée n'a pas pu être identifiée car à moitié cassée. Il en est de même pour les dents de requins trouvées dans TB14 et pour les dents de Rhinocerotidae du niveau TB13.

3.2.2.6 Paléoécologie

Dans les grès "aquitaniens" (TB12), on observe la présence de caliches et galets calcaires bréchiques, ce qui indique qu'on était en milieux continental.

Le niveau TB13 est probablement un conglomérat de plage.

Dans TB14 la grande quantité de dents de requin et la présence de quelques bryozoaires membraniporiformes et adeoniformes indiquent que l'on est dans un milieu marin probablement peut profond (comm. pers. LAVOYER) .

3.2.3 TC (582 114 / 229 666)

3.2.3.1 Description :

Cet affleurement, constitué de 80 mètres de tranchée d'une hauteur variable entre 2 et 3 mètres, présente le passage entre l'USM et l'OMM (cf. fig. 21).

Comme dans le cas de l'affleurement TB, TC est constitué (de bas en haut selon l'ordre stratigraphique) au début d'alternances marneuses et gréseuses jusqu'à arriver à des bancs calcaires (Calcaires delémontiens) et enfin par des couches gréseuses. Entre les calcaires et les grès marins (avec présence de dents de requins, de raie et de coquillages), on a probablement un niveau d'âge aquitaniens. Entre les sédiments marins (OMM) et ceux d'eau douce (USM), on a trouvé une couche conglomératique riche en fragments d'os roulés marquant la base de l'OMM.

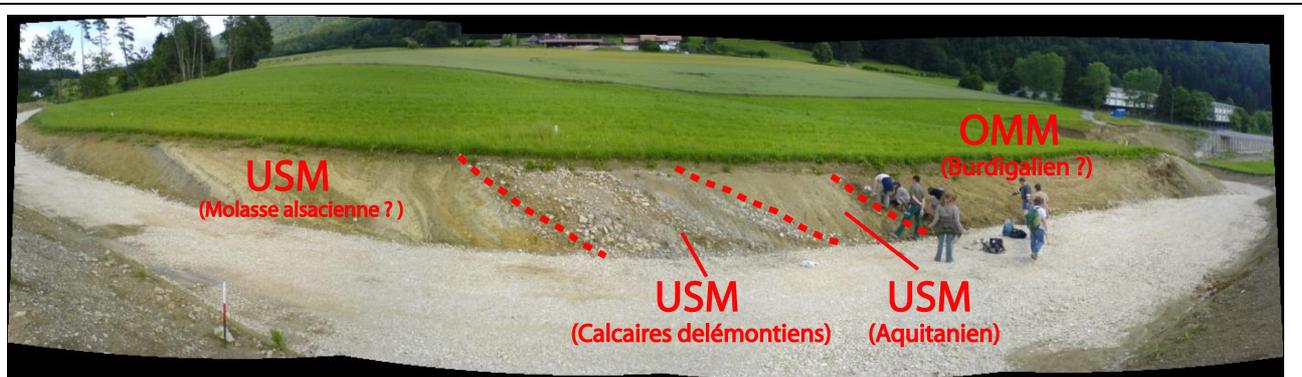


Figure 21 : Photo de TC

Le long de cette coupe on retrouve deux axes de synclinal séparés par environ 25 m. Entre les deux plis les couches sont continues, ce qui confirme qu'il s'agit du même système de déformation. Les axes des deux plis sont orientés plus au moins N-S, ce qui impliquerai une compression orientée E-W ; cela ne correspond pas à la direction générale de plissement du Jura, c'est à dire N-S.

Aussi les roches jurassiques encaissantes sont plissées selon un axe N-S. D'après SCHURMANN (comm. écrit. 2007) cela pourrait être expliqué par la formation de petits plis secondaires formés après ou durant la phase principale de formation de la chaîne jurassienne.

Ces structures secondaires pourraient être associées à l'activité des fossés Rhénan et de la Bresse qui auraient pu produire des mouvements décrochants ou transpressifs.

Il est probable que ces plis sont similaires aux plis découverts dans le tunnel de la Rochette (environ 1km à l'Est de TC) et décrits pas FAVRE 1998.

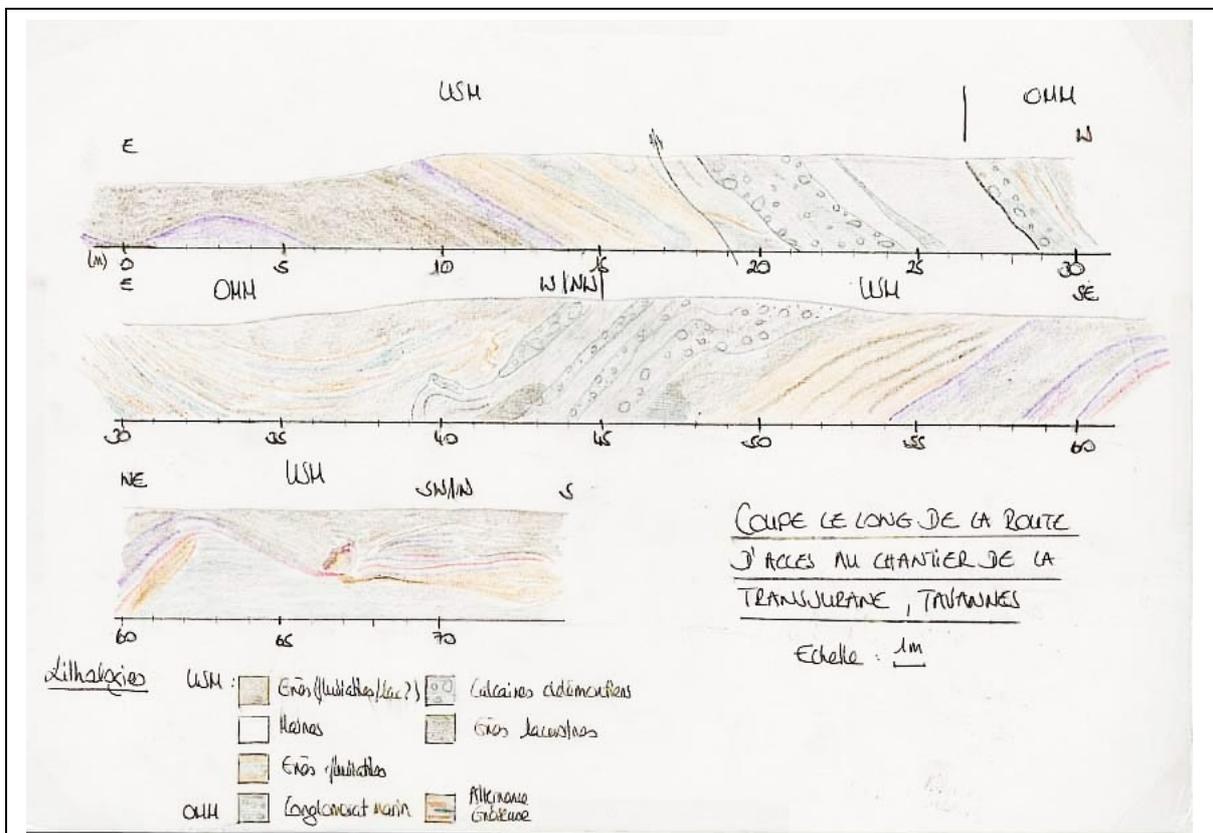


Figure 22 : Dessin de la coupe TC réalisé par Clémentine Schurmann, 2007.

3.2.3.2 Log avec description lithologique :

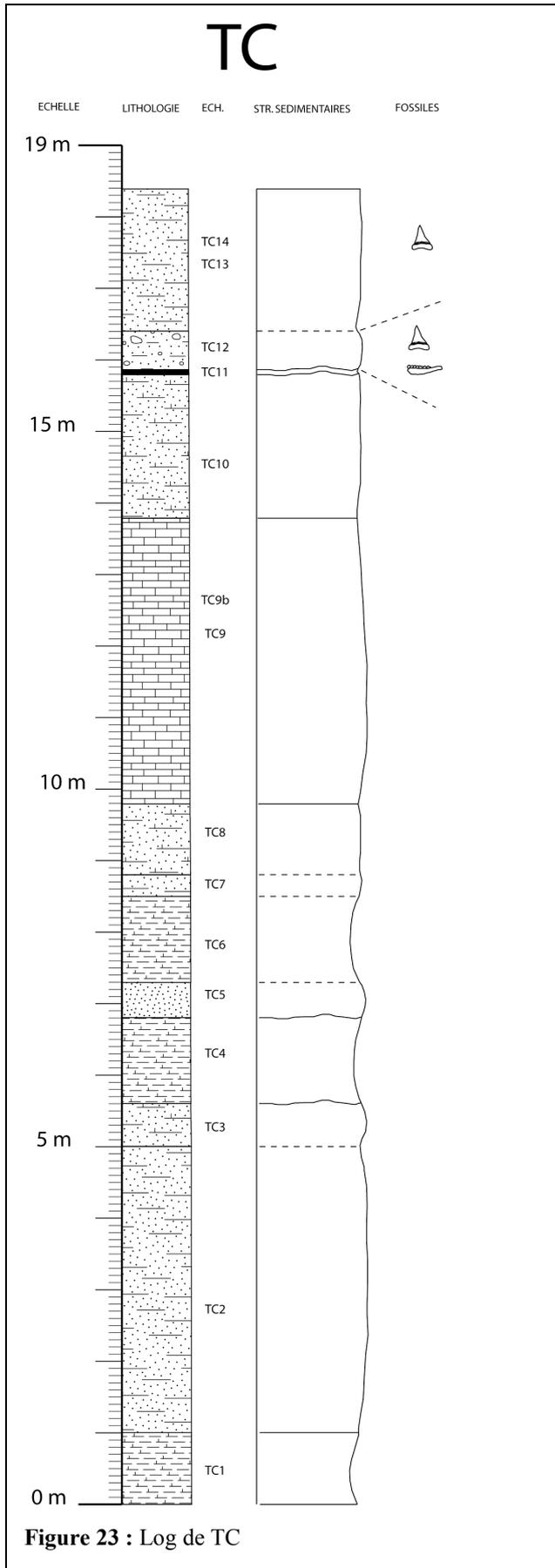
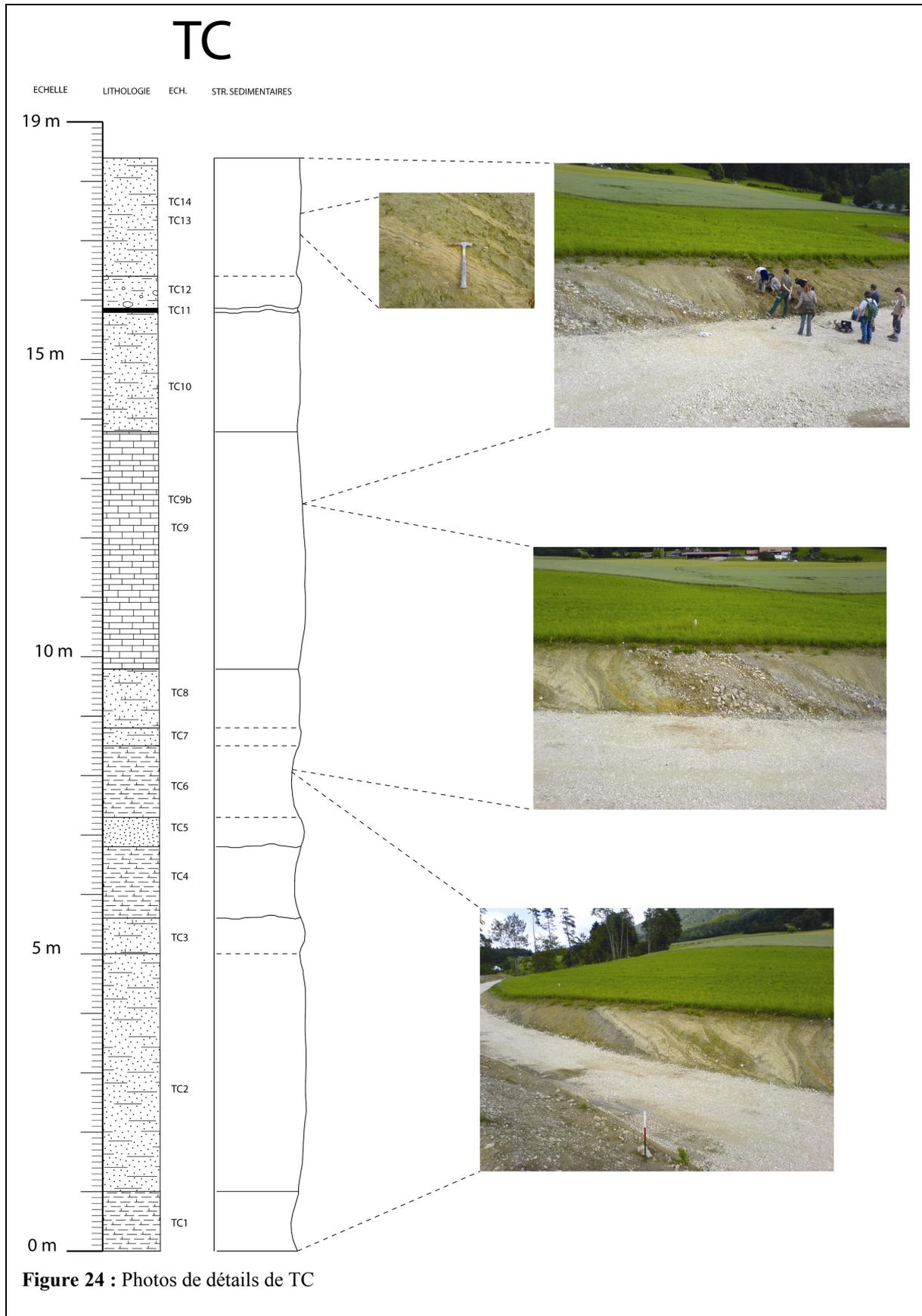


Figure 23 : Log de TC

3.2.3.3 Log avec photos de détails :



3.2.3.4 Paléontologie:

TC12 :

Dans ce niveau conglomératique, il a été retrouvé un gros os de mammifère indéterminé, des dents de requins et de raies, ainsi que des fragments de dents de Rhinocerotidae.

TC13 + TC14 :

Ici on a trouvé des dents de requin et de raie.

Classification de la faune fossile :

Classe	Infra classe	Ordre	Famille	Espèce
Chondrichthyes	-	Lamniformes	Odontaspidae	<i>Carcharias sp.</i>
	-	Rajiformes	Myliobatidae	<i>Aetobatis arcuatus</i> <i>Rhinoptera cf. studieri</i>
Mammalia	Placentalia	Perissodactyla	Rhinocerotidae	



Mammifère indéterminé



Myliobatidae (Raie)

Figure 25 : Exemples de fossiles des niveaux TC12, TC13-14

3.2.3.5 Biostratigraphie

Dans cette coupe, on n'a pas trouvé de fossiles utiles pour la biostratigraphie.

3.2.3.6 Paléoécologie

Le niveau TC12, très probablement le même que TB13, marque lui aussi de façon érosive l'arrivée de la mer burdigalienne.

La présence de dents de requins et de raies dans les niveaux TC12-13-14 indique un milieu marin.

3.2.4 TD (583 193 / 230 368)

3.2.4.1 Description :

Situé quelques dizaines de mètres au nord-ouest de TC, cet affleurement de 100 m de long (cf. fig. 26) et d'une hauteur variant entre 8 et 10 mètres est constitué de calcaires lacustres (Calcaires delémontiens), d'alternances de marnes plus au moins argileuses et gréseuses pour arriver enfin à des sédiments sableux.

Une première interprétation lithostratigraphique de cette succession avait donné comme résultat qu'on était encore une fois en face à la transition entre USM et OMM. En effet, on a le passage entre des sédiments lacustres (calcaires et marnes) et des sédiments sableux et gréseux probablement d'origine marine. On retrouve cette situation dans les affleurements TB et TC.

Après avoir analysé plus dans le détail la série sableuse, on a individualisé la présence de trois niveaux fossilifères (TDOM1, 2,3) et l'absence de fossiles marins.

Il s'agit donc probablement de sédiments d'origine fluviatile et grâce à l'analyse de plusieurs fossiles trouvés, on peut estimer un âge Aquitanién pour ces sédiments.

Ici, comme d'ailleurs dans tous les affleurements traités dans mon travail, les déformations tectoniques rendent compliquée l'interprétation de la stratigraphie.

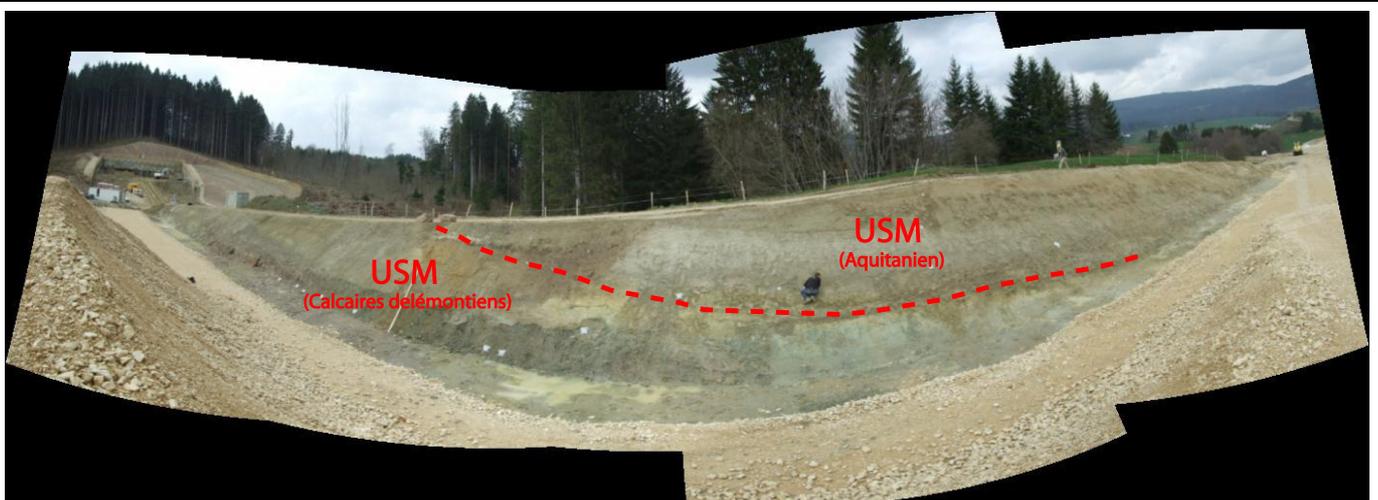


Figure 26 : Photo de TD

3.2.4.2 Log avec description lithologique :

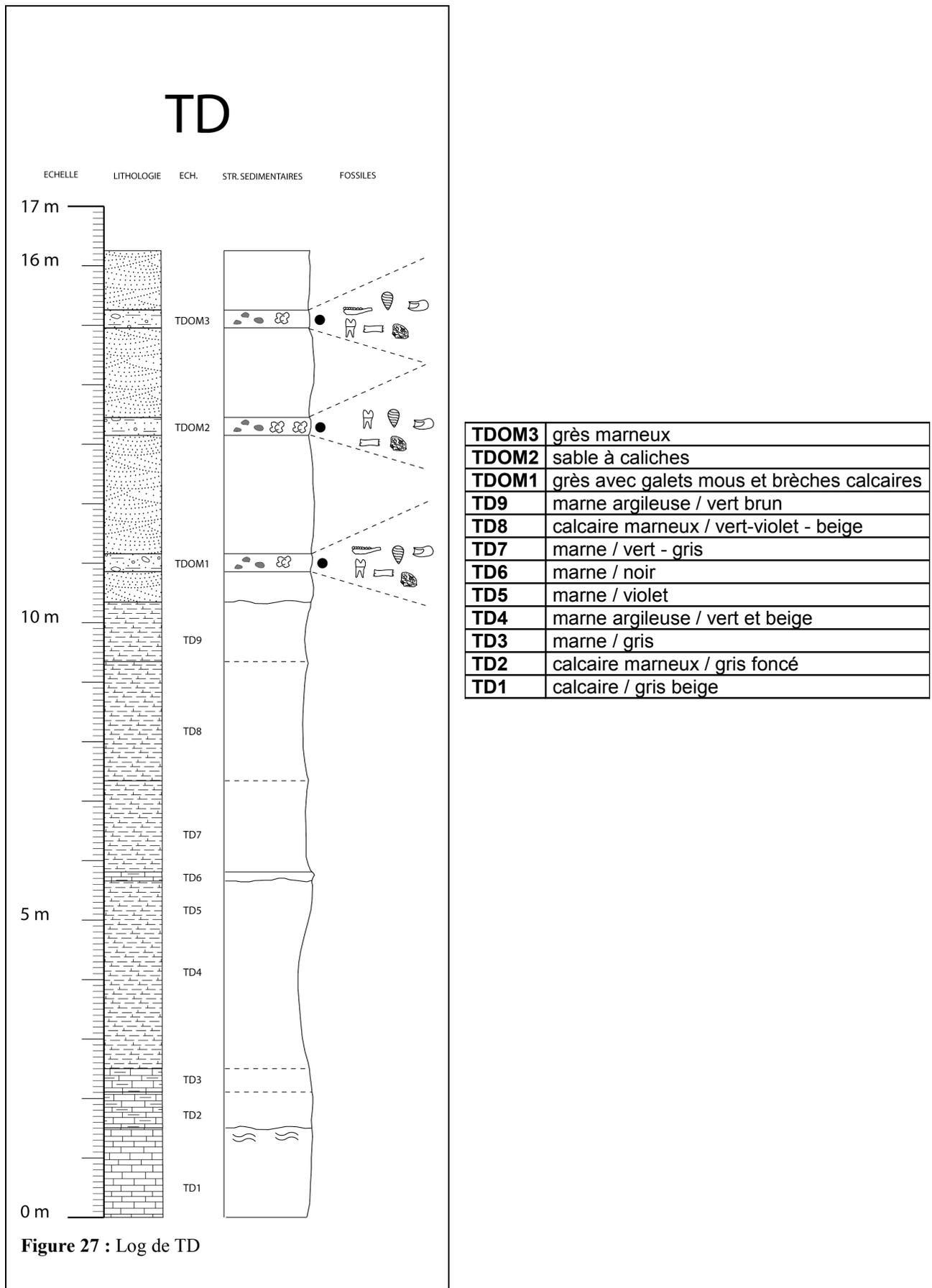


Figure 27 : Log de TD

3.2.4.3 Photos de détails :

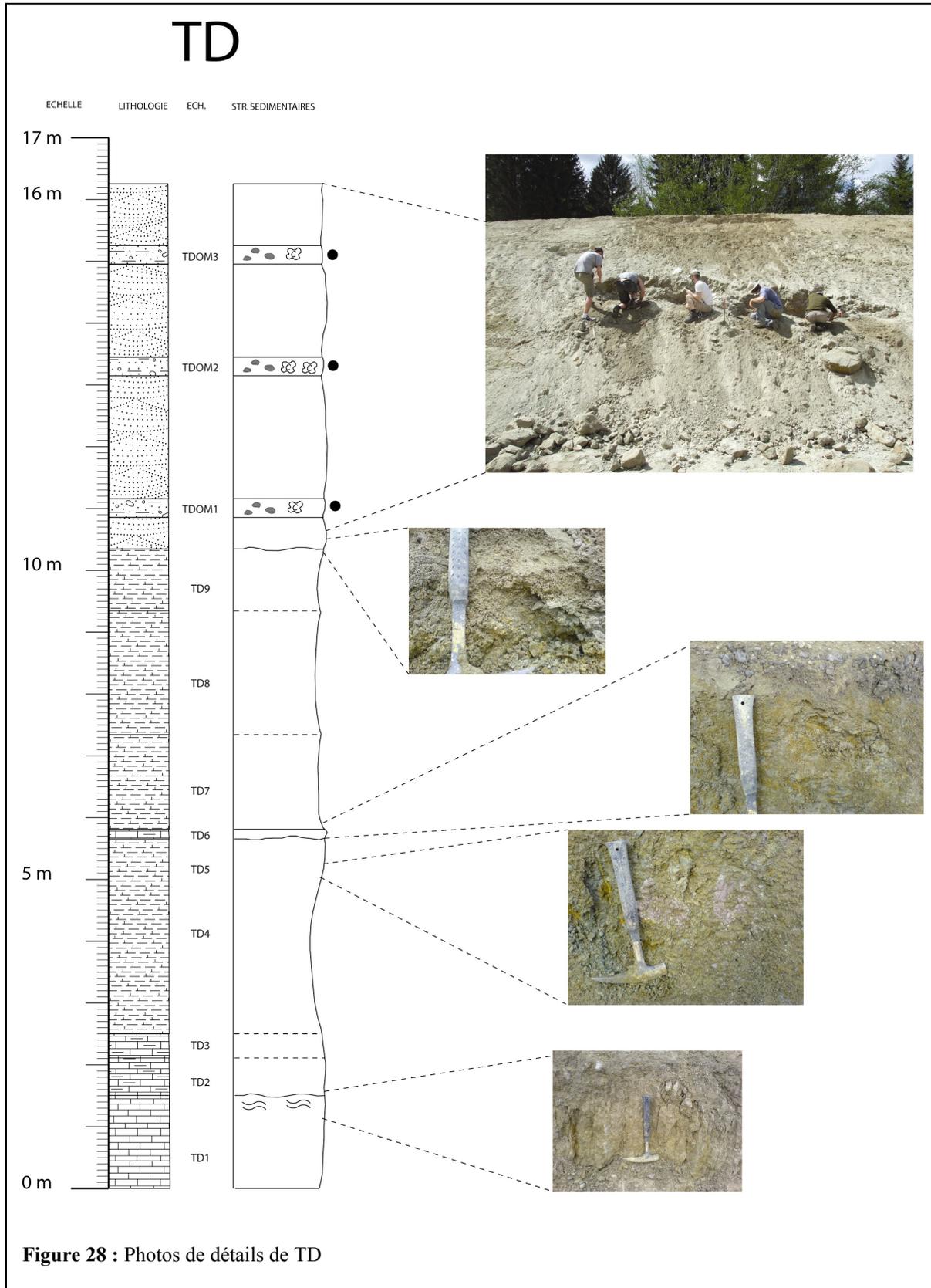


Figure 28 : Photos de détails de TD

3.2.4.4 Paléontologie:

L'abondance de fossiles dans les trois niveaux TDOM (cf. fig. 29) permettra de réaliser une analyse paléontologique plus complète par rapport aux niveaux fossilifères des autres coupes. En effet, même si seule une petite partie des échantillons prélevés à été étudiée, on peut observer une grande diversité des taxons présents.

Dans cette coupe, environ 30 kg de ces sédiments ont été analysés à la loupe binoculaire après avoir été lavés, et il en reste encore près de 500 kg à faire. Donc de futures études sur ces sédiments pourraient compléter les informations déjà présentes.

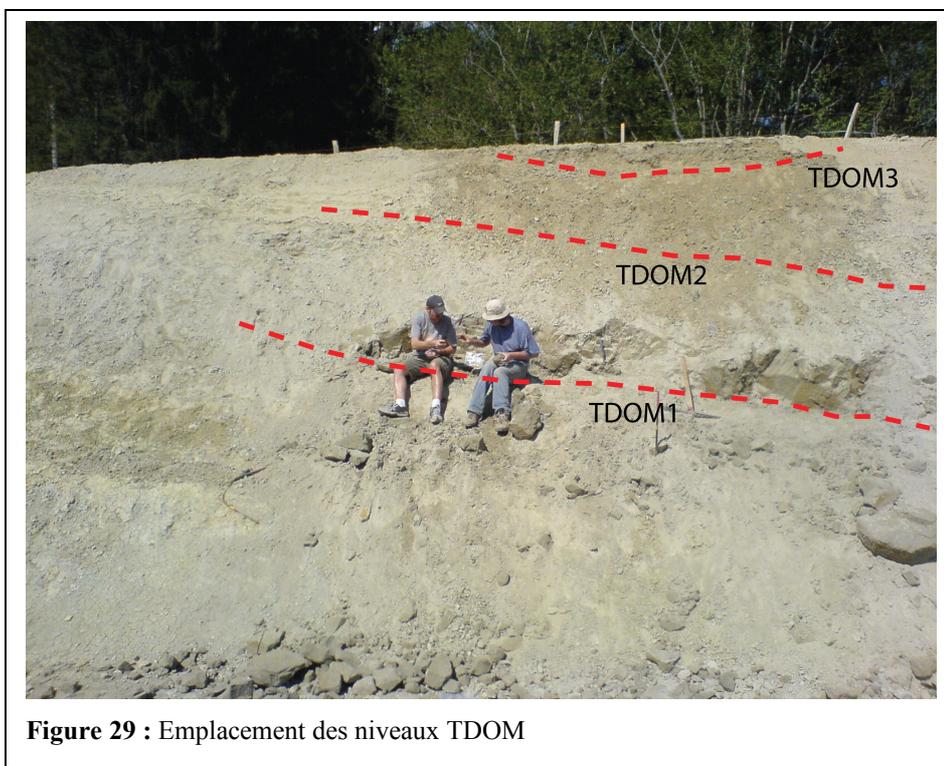


Figure 29 : Emplacement des niveaux TDOM

- **TDOM1 :**

Dans ce niveau fossilifère, on a trouvé des charophytes, des fragments d'os, une mandibule d'un Moschidae, des dents de nombreux ordres de mammifères (Lagomorpha, Carnivora, Rodentia, Artiodactyla et Perissodactyla), des fossiles de reptiles (ostéodermes de crocodile, cf. fig. 50, et fragments de carapace de tortue) , quelques dents de Cyprinidae ainsi que des fragments d'os appartenant probablement à des ?Aves.

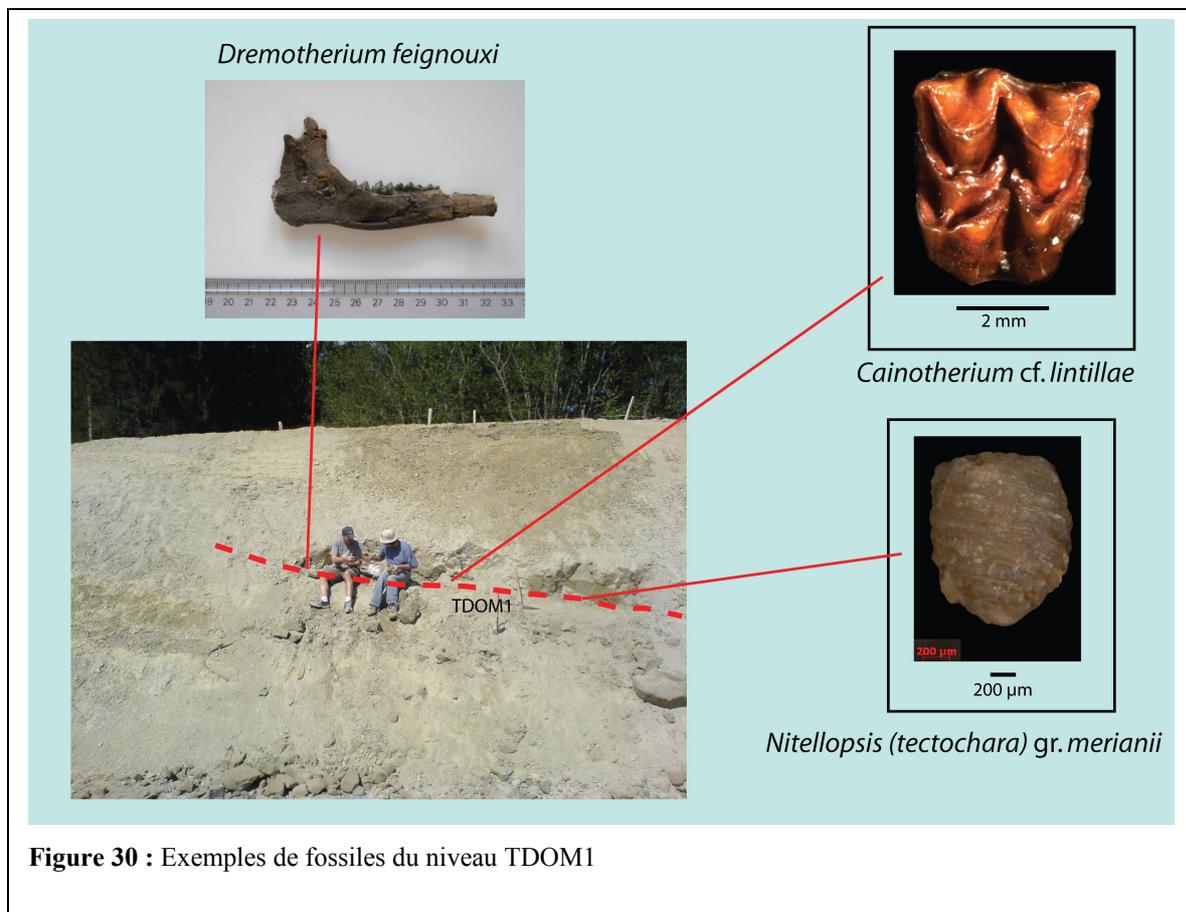
Classification de la faune fossile :

Classe	Infra classe	Ordre	Famille	Espèce
Actinopterygii	Teleostei	Cypriniformes	?Cyprinidae	
Reptilia	Archosauromorpha	Testudines	Cheloniidae	
		Crocodylia ?Aves		
Mammalia	Placentalia	Rodentia	Castoridae	? <i>Steneofiber eseri</i>
		Lagomorpha		
		Artiodactyla	Moschidae	<i>Pomelomeryx cf. boulangeri</i> <i>Dremotherium feignouxii</i>
			Cainotheriidae	<i>Cainotherium cf. lintillae</i>
		Perissodactyla	Rhinocerotidae	<i>Diaceratherium cf. asphaltense</i>
Carnivora				

Flora :

• Charophytes:

- *Stephanochara* gr. *praeberdotensis*
- *Nitellopsis (Tectochara)* gr. *merianii*



• **TDOM2:**

Ce niveau a été prélevé pour sa grande concentration en caliches.
C'est le moins riche des trois niveaux TDOM, mais il présentait quand-même des charophytes, des dents de Lagomorpha, de Carnivora (cf. fig. 50) de ?Cyprinidae et de Crocodilia.

Classification de la faune fossile :

Classe	Infra classe	Ordre	Famille	Espèce
Actinopterygii	Teleostei	Cypriniformes	?Cyprinidae	
Reptilia	Archosauromorph a	Crocodylia		
?Aves				
Mammalia	Placentalia	Lagomorpha		
		Carnivora		

Flora :

• Charophytes :

- *Stephanochara* gr. *praeberdotensis*
- *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *merianii*

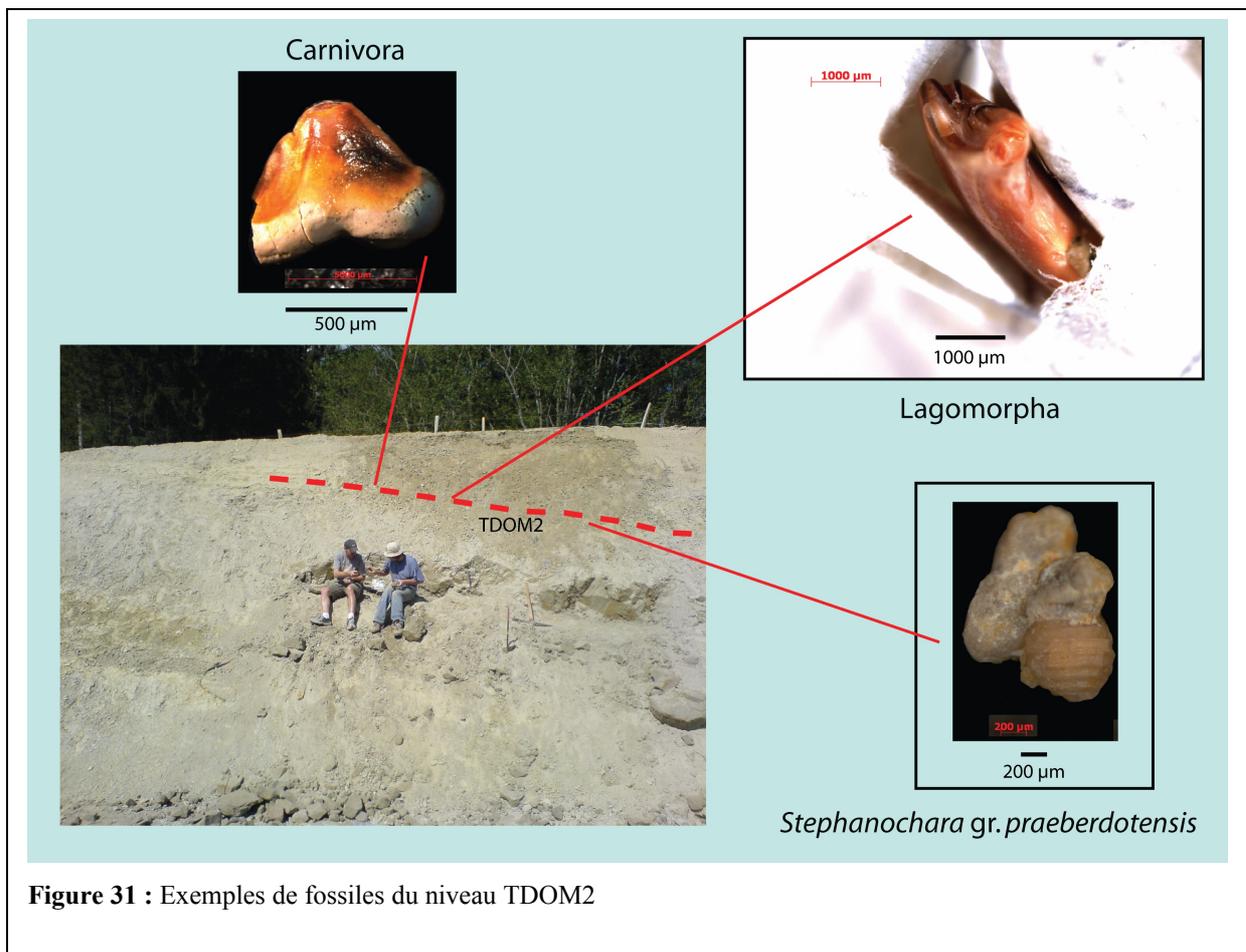


Figure 31 : Exemples de fossiles du niveau TDOM2

• **TDOM3 :**

Ici on a trouvé des charophytes, des dents de ?Cyprinidae (cf. fig. 49), un métapode entier d'un Rhinocerotidae, des fragments d'os de mammifères, et des dents de plusieurs ordres de mammifères (Lagomorpha, Rodentia, ?Eulypotiphla et Artiodactyla), une dent de ?Marsupialia et des dents de Crocodilia (cf. fig. 50).

Classification de la faune fossile :

Classe	Infra classe	Ordre	Famille	Espèce
?Actinopterygii	?Teleostei	?Cypriniformes	?Cyprinidae	
Reptilia	Archosauromorpha	Crocodylia ?Aves		
Mammalia	Marsupialia		Didelphidae	
	Placentalia	Eulypotiphla	Talpidae	
		Rodentia	Eomyidae	<i>Ritteneria</i> nov. sp. ?Eomyidae 2
			Gliridae	Gliridae1 Gliridae2
			Sciuroidea	<i>Heteroxerous</i> sp. <i>Blackia</i> sp.
			Cricetidae	<i>Eucricetodon</i> cf. <i>quadratus</i>
		Lagomorpha		
		Artiodactyla	Moschidae	<i>Pomelomeryx</i> cf. <i>boulangeri</i> <i>Dremotherium feignouxii</i>
			Cainotheriidae	<i>Cainotherium</i> cf. <i>lintillae</i>
	Perissodactyla	Rhinocerotidae	<i>Diaceratherium</i> cf. <i>asphaltense</i>	

Flora :

• Charophytes:

- *Stephanochara* gr. *praeberdotensis*
- *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *merianii*
- cf. *Rhabdochara* gr. *langeri*

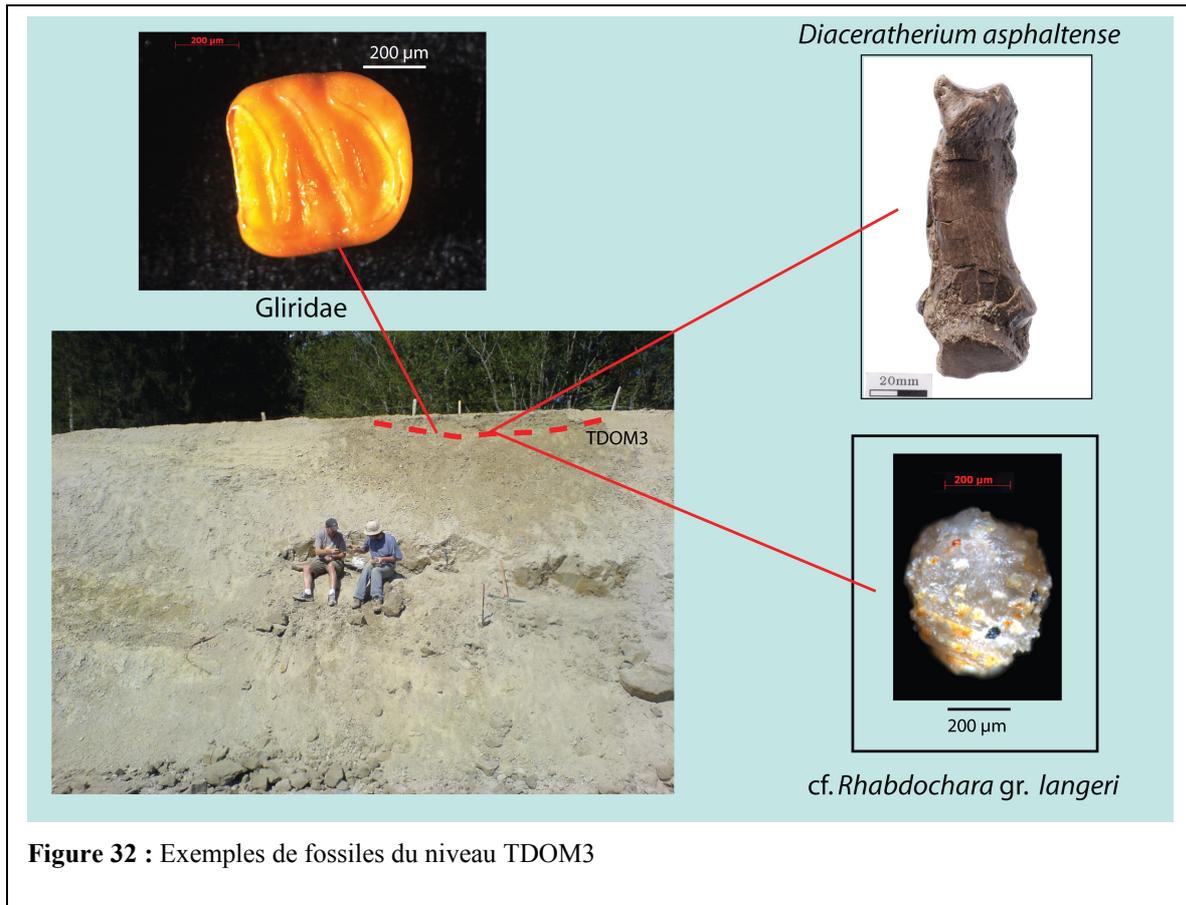


Figure 32 : Exemples de fossiles du niveau TDOM3

3.2.4.5 Biostratigraphie

L'association des 3 espèces de charophytes identifiées par BERGER (comm. pers.) dans les 3 niveaux TDOM confirme l'âge Aquitaniens de ces sédiments (cf. fig. 33) :

- *Nitellopsis (Tectochara) gr. merianii* => Oligocène et Miocène
- *cf. Rhabdochara gr. langeri* => notata à berdotensis zone (MP29 à MN2)
- *Stephanochara gr. praeberdotensis* => nitida à berdotensis zone (MN1 à MN2)

Aussi l'association des mammifères déterminés confirment cet âge (cf. fig. 33) :

- *Dremotherium feignouxi* => MN2 (GENTRY et al. 1999)
- *Diaceratherium cf. asphaltense* => MN1 à MN2 (comm. pers. BECKER)
- *Pomelomeryx cf. boulangeri* => MN1 à MN2 (RÖSSNER & RUMMEL 2001)
- *Cainotherium cf. lintillae* => MN2 à MN3 (BERTHET 2003)
- *Ritteneria* nov. sp. => MN2 (ENGESSER 1999)
- *Eucricetodon cf. Quadratus* => MN2b ou 3 (comm. écrit. ENGESSER)

Le tableau suivant présente un résumé des fossiles trouvés dans les niveaux TDOM avec leur répartition stratigraphique.

En rouge est indiquée l'association d'espèces qui confirme qu'il s'agit de sédiments Aquitaniens (MN2).

	TDOM1	TDOM2	TDOM3
<i>Nitellopsis (Tectochara) gr. merianii</i>	X	X	X
<i>cf. Rhabdochara gr. langeri</i>			X
<i>Stephanochara gr. praeberdotensis</i>	X	X	X
?Aves	X		X
Crocodylia	X	X	X
Chelonia	X		
<i>Cainotherium cf. lintillae</i>	X		X
<i>Pomelomeryx cf. boulangeri</i>	X		X
<i>Dremotherium feignouxii</i>	X		X
<i>Diaceratherium asphaltense</i>	X		X
Mammalia indet. (Perisso. ou Artio.)	X		
Carnivora	X		
Marsupialia : Didelphidae			X
Insectivora : Talpidae			X
Lagomorpha	X	X	X
<i>Eucricetodon cf. quadratus</i>			X
<i>Ritteneria nov. sp.</i>			X
Eomyidae 2			X
<i>Heteroxerus sp. et Blackia sp.</i>			X
Gliridae 1			X
Gliridae2			X
? <i>Steneofiber eseri</i>	X		

La présence de *Ritteneria*, le marqueur principal de la zone MN2, permet de dater avec certitude ces sédiments.

L'âge Aquitanien des niveaux TDOM est confirmé soit par les Microfossiles que par les Macrofossiles.

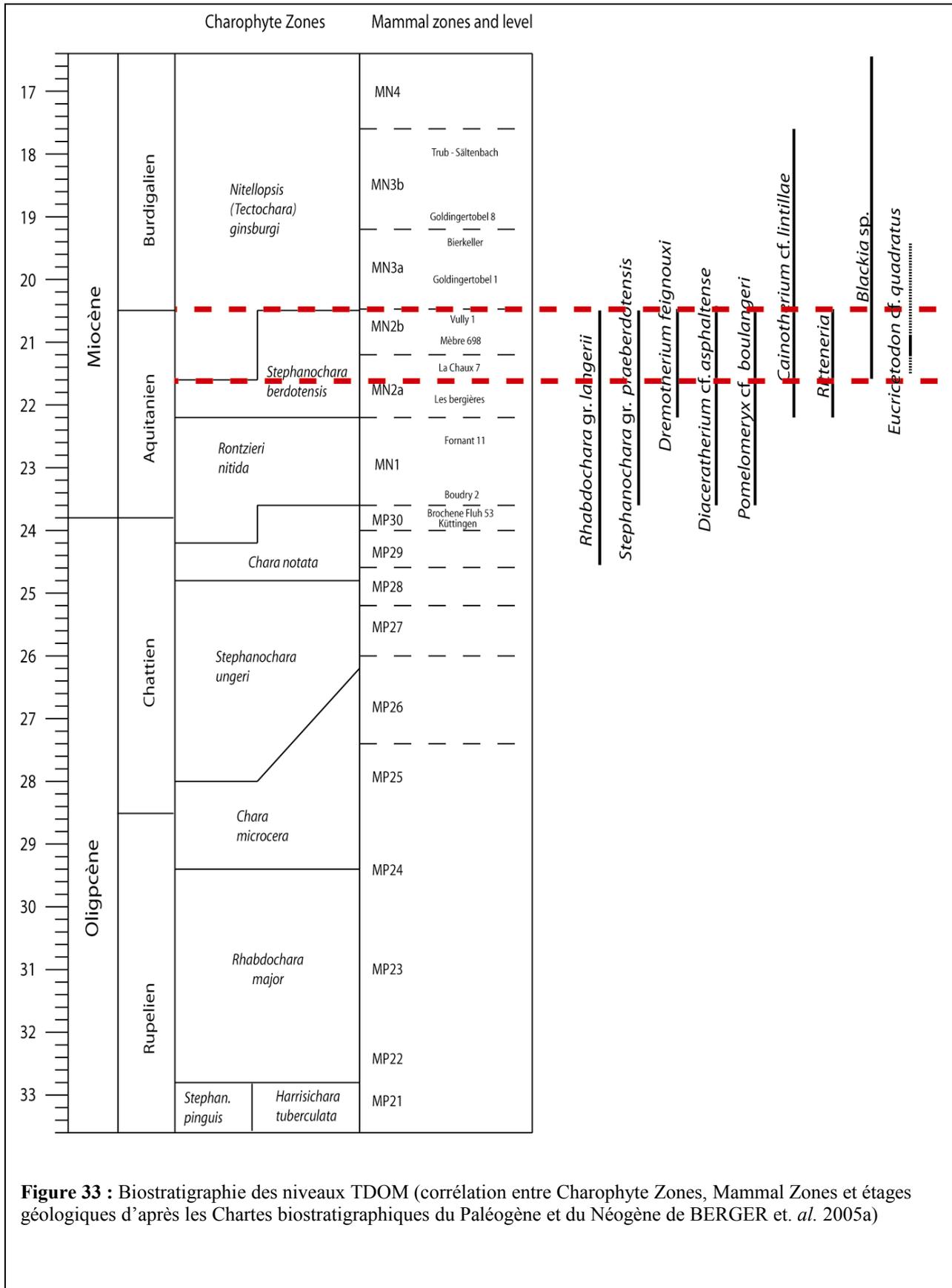


Figure 33 : Biostratigraphie des niveaux TDOM (corrélation entre Charophyte Zones, Mammal Zones et étages géologiques d’après les Chartes biostratigraphiques du Paléogène et du Néogène de BERGER et. al. 2005a)

3.2.4.6 Paléoécologie et Paléogéographie

Pour la paléoécologie de cette coupe voir le chapitre 3.5, pour la paléogéographie le chapitre 3.4 .

3.3 Essai de corrélation lithostratigraphique entre les coupes

Dans ce chapitre, j'essayerai de corréler stratigraphiquement les 4 coupes découvertes.

Puisqu'un seul niveau a pu être daté biostratigraphiquement, une corrélation en utilisant la biostratigraphie dans ce cas n'est pas possible.

D'abord j'ai essayé de corréler les différentes coupes d'après la lithologie en les attribuant ensuite aux 4 Formations concernées par ces sédiments : la Molasse alsacienne, les Calcaires delémontiens, l'USM Aquitaniennne et les Conglomérats et grès de l'OMM. (cf. fig. 34)

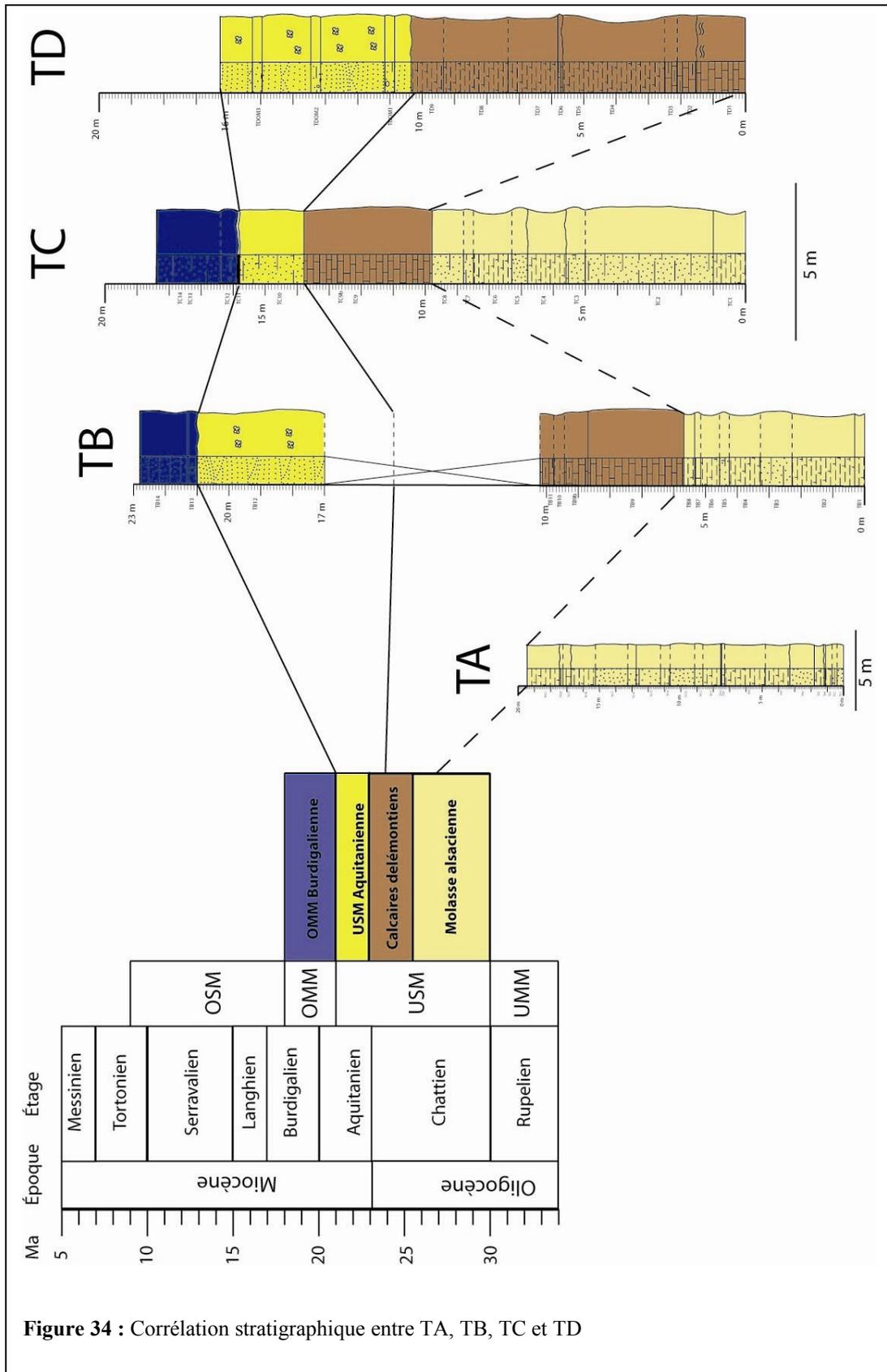
On retrouve la Molasse alsacienne dans les coupes TA, TB et TC. Cependant, il faut souligner que l'attribution à la Molasse alsacienne de ces sédiments marneux situés au-dessous des Calcaires delémontiens n'est pas sûre. En effet, il y a la possibilité qu'il s'agit des "Marnes delémontiennes", que certains auteurs attribuent au Groupe des Calcaires delémontiens. Dans la figure 26, la limite entre les Calcaires delémontiens et la Molasse alsacienne sera donc marquée avec une ligne en pointillée.

Les Calcaires delémontiens s.s. se retrouvent dans TB, TC et TD.

En ce qui concerne TB et TC, l'épaisseur et la lithologie de ces bancs de calcaires lacustres sont presque identiques, tandis que dans TD entre les Calcaires delémontiens et les grès de l'Aquitaniennne, il y a une dizaine de mètres de marnes, absentes (ou non visibles par la présence d'une route) en TB et TC.

L'USM Aquitaniennne, présente dans les coupes TB, TC et TD, est formée par des grès plus au moins argileux avec présence de niveaux riches en caliches et brèches calcaires. On a seulement trouvé des niveaux fossilifères dans TD, lesquels ont permis une datation biostratigraphique (MN2).

Les Grès & conglomérats de l'OMM, marqués à leur base par un niveau conglomératique transgressif sur les grès de l'Aquitaniennne, se retrouvent dans TB et TC. Ils sont constitués, outre le niveau conglomératique (avec présence de dents et fragments d'os de mammifères), par du grès coquiller très riche en fossiles marins (requins, raies, bryozoaires et mollusques).



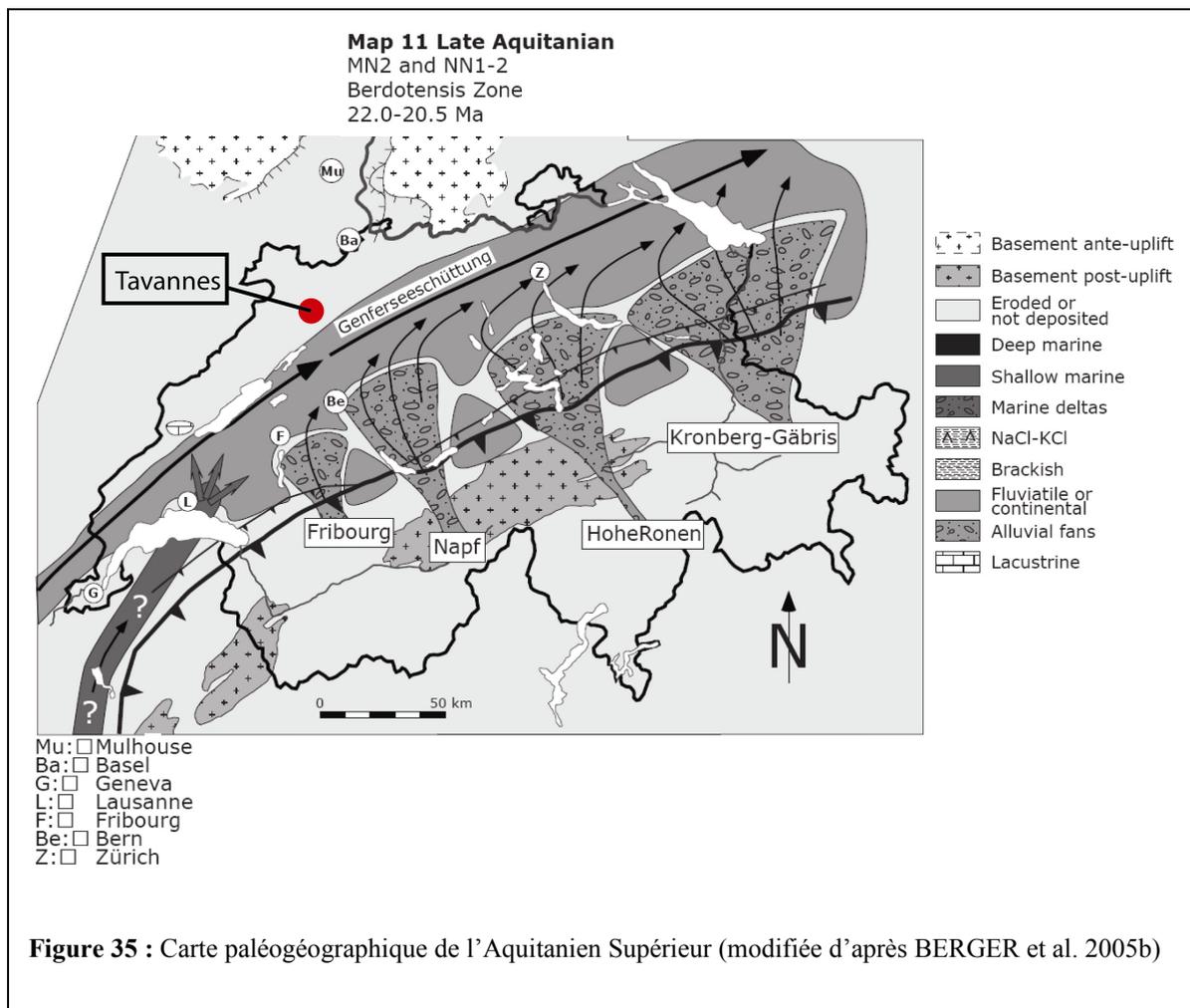
3.4 Paléogéographie

Grâce à la datation biostratigraphique, les sédiments aquitaniens découverts à Tavannes - Sous le Mont correspondent à MN2 (Berdotensis Zone). Cela veut dire qu'on se situe entre 22 et 20.5 millions d'années.

La forte présence de caliches et brèches calcaires est très caractéristique d'un milieu continental, et ces sédiments gréseux sont probablement d'origine fluvatile.

En observant la carte paléogéographique de l'Aquitaniens Supérieur d'après BERGER et al. 2005b (cf. fig. 35) on peut remarquer que la limite des sédiments "Fluviatile or continental" ne touche pas la localité de Tavannes et s'arrête plus au Sud-Est.

On peut donc corriger cette carte et la compléter en déplaçant vers le Nord-Ouest la limite d'"Erosion ou non sédimentation".



3.5 Description générale et paléoécologie de la faune et de la flore fossile des niveaux TDOM

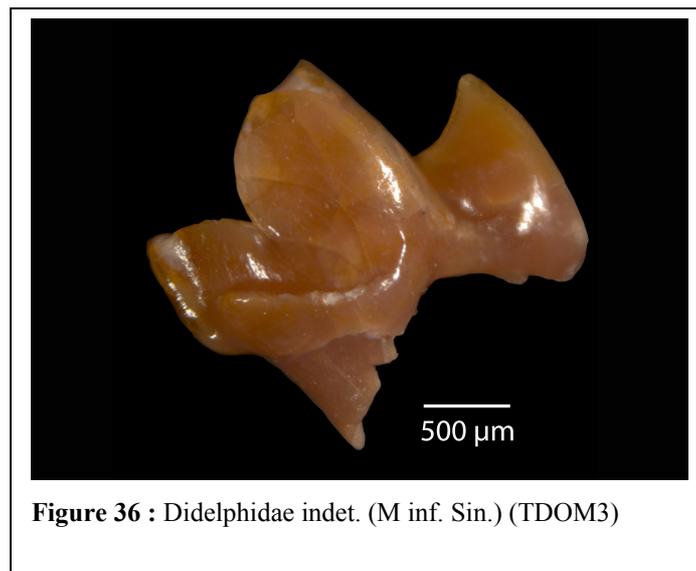
3.4.1 Infra classe des Marsupialia (cf. fig. 36)

Les marsupiaux comprennent neuf familles actuelles constituées de 80 genres et 250 espèces. La famille des didelphidés, très répandue géographiquement par le passé, était présente en Europe durant le Cénozoïque.

Aujourd'hui les didelphidés, appelés communément opossums, sont exclusivement américains.

Il s'agit d'animaux de taille petite à moyenne avec une longue queue préhensile écailleuse, un museau allongé et des pattes courtes.

Selon la morphologie dentaire ces opossums étaient probablement insectivores ou carnivores ou même omnivores. Ils vivent dans des milieux boisés de basse altitude. En Europe, la seule espèce qui a survécu à la transition Oligocène-Miocène était *Amphiperaterium frequens* (ZIEGLER 1999).



3.4.2 Ordre des “Insectivora” (cf. fig. 37)

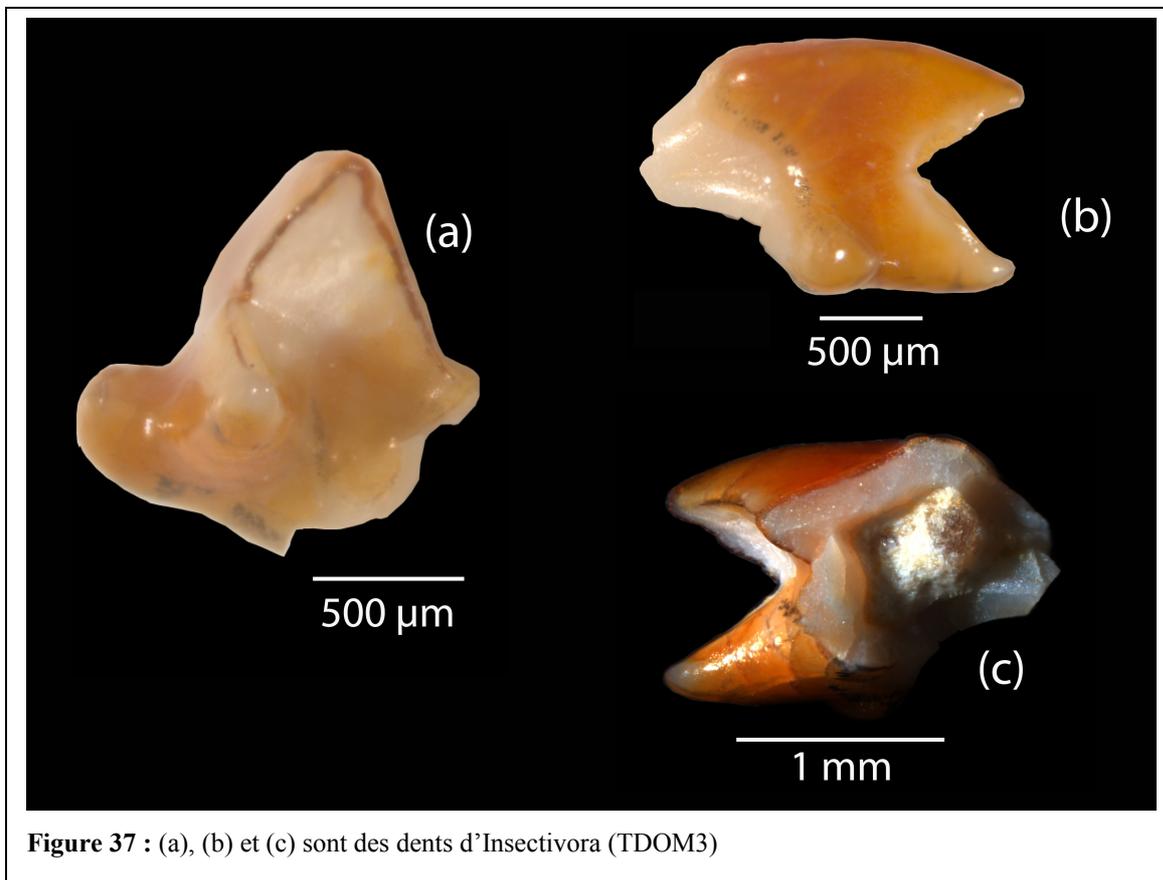
Les insectivores sont extrêmement diversifiés morphologiquement. Il est donc très difficile de définir clairement cet ordre.

En général, tous les petit mammifères non-rongeurs, sont beaucoup moins nombreux dans l’enregistrement fossile que les rongeurs.

Pendant le Miocène, en Europe, vivaient les érinacéidés, les talpidés, les soricidés et 2 familles éteintes : les plesiosoricidés et les dymilidés.

Normalement ils sont terrestres, certains sont fousseurs, semi-aquatiques ou aquatiques. À part quelques espèces de musaraigne, ils sont pratiquement tous nocturnes.

Comme leur nom l’indique, ils se nourrissent généralement d’insectes et d’autres arthropodes, bien que certains soient carnivores (ZIEGLER 1999).



3.4.3 Famille des Eomyidae (cf. fig. 38)

Les Eomyidae est une famille éteinte de rongeurs qui était répandue dans toute la région holarctique (35° à 68 °N).

En Europe, la première apparition des eomyidés se situe à l’Oligocène inférieur, dans la zone à mammifères MP21 ; arrivés probablement d’Amérique du Nord.

Entre l'Oligocène Supérieur et le Miocène Inférieur, les Eomyidés pouvaient être l'élément le plus abondant d'une faune. Ils ont commencé à devenir rares pendant le Miocène Moyen et Supérieur, pour enfin arriver à l'extinction au Pliocène Supérieur (ENGESSER 1999).

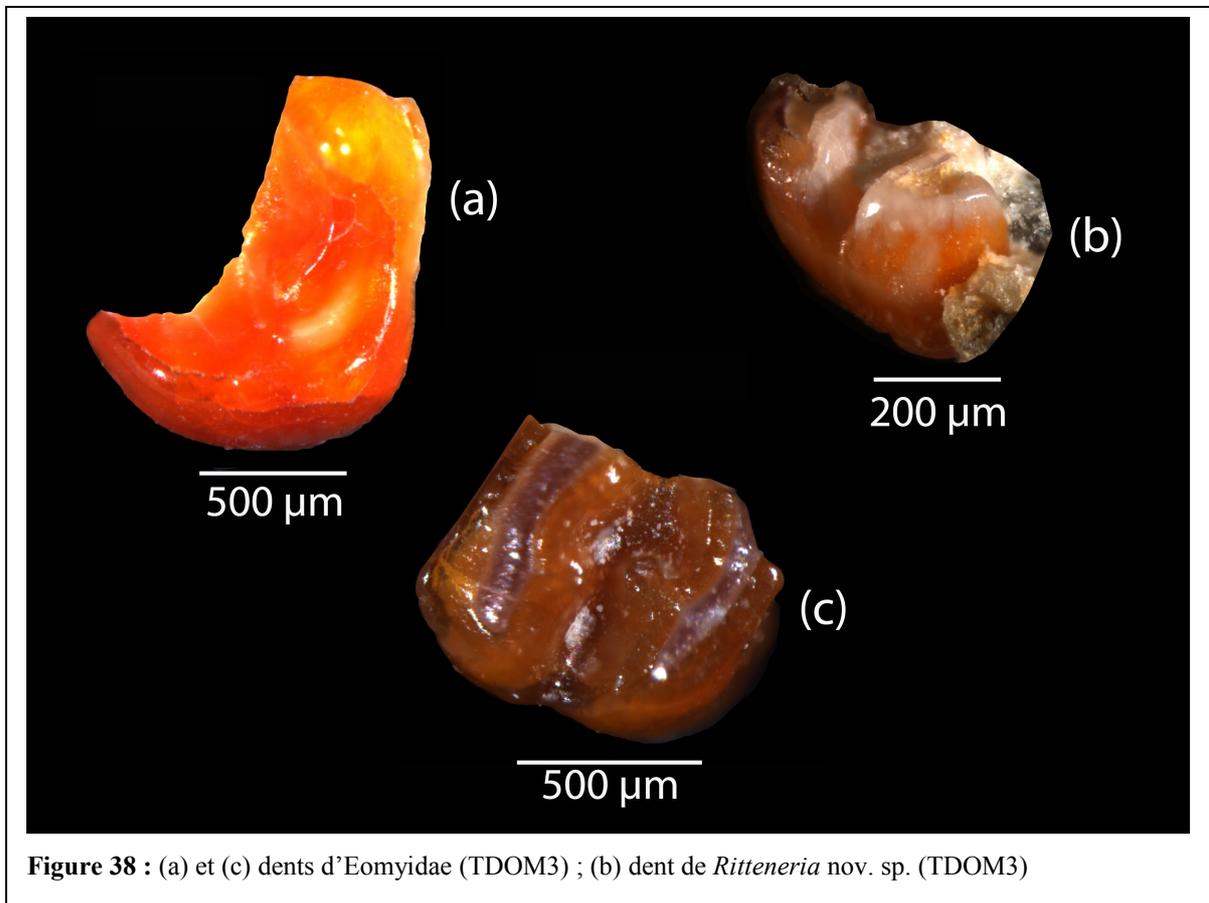


Figure 38 : (a) et (c) dents d'Eomyidae (TDOM3) ; (b) dent de *Ritteneria* nov. sp. (TDOM3)

3.4.4 Famille des Gliridae (cf. fig. 39)

Les Gliridae sont représentés par seulement 8 genres et 14-15 espèces dans la faune actuelle (loirs).

La répartition géographique (fossile et actuelle) est limitée à l'Europe, l'Asie et l'Afrique.

La diversification des Gliridés a commencé au début de l'Eocène et a continué durant l'Oligocène, pour atteindre son maximum dans la première partie du Miocène Moyen (MN3-4-5) en Europe.

Le déclin de la diversité et de l'abondance relative dans les assemblages fossiles des ces rongeurs devient évident vers la fin du Miocène Moyen (MN7/8) (DAAMS 1999).

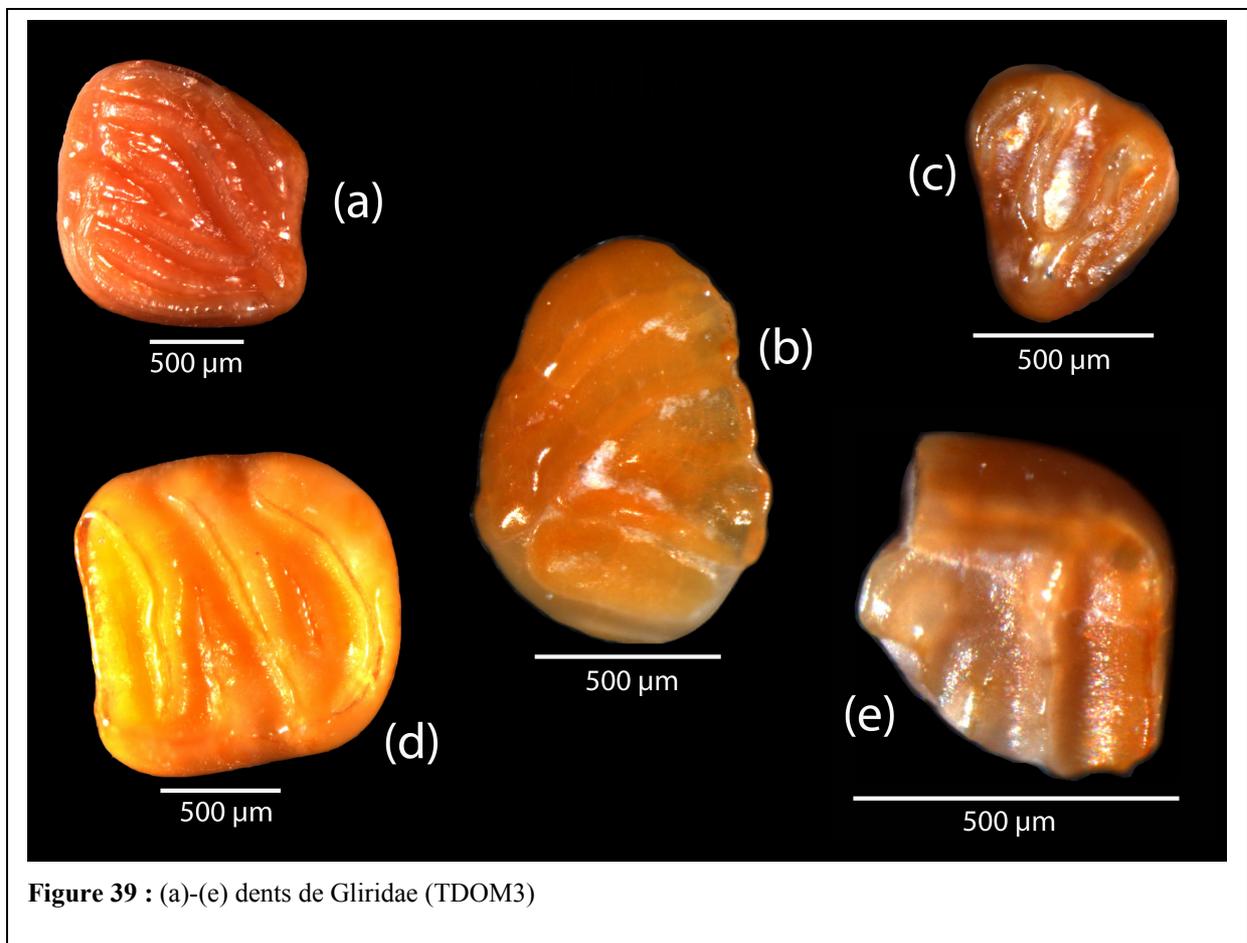


Figure 39 : (a)-(e) dents de Gliridae (TDOM3)

3.4.5 Famille des Sciuroidae (cf. fig. 40)

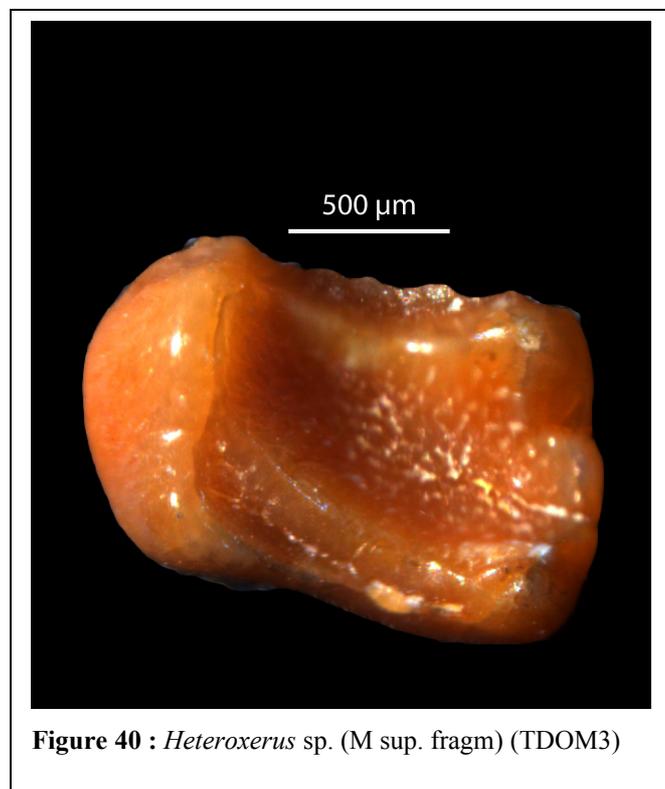
La plupart des fossiles des différents genres et espèces de Sciuridés sont constitués par dents isolés et/ou fragments de mâchoire et mandibule.

Avec approximativement 40 genres et 280 espèces, les Sciuridés sont la deuxième Superfamille la plus nombreuse de l'ordre des Rodentia dans la faune actuelle.

Leur diversité en Europe était plus grande au Miocène (14 genres) qu'aujourd'hui (3 genres).

Le déclin des Sciuridés en Europe pendant le Pliocène Supérieur et le Pléistocène est probablement causé par la détérioration du climat pendant cette période.

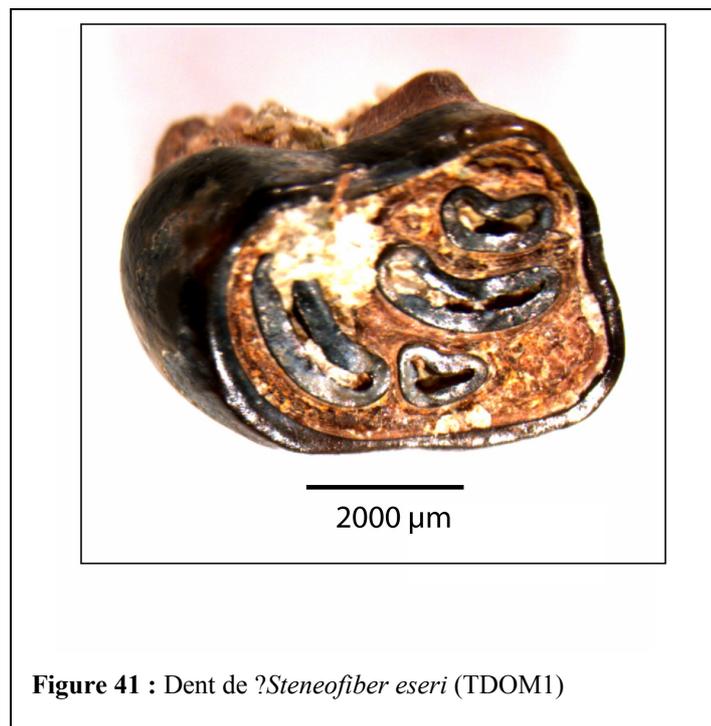
Cet ordre comprend les actuels écureuils (DE BRUIJN 1999).



3.4.6 Famille des Castoridae (cf. fig. 41)

L'actuel genre *Castor*, représenté en Europe par l'espèce *C. fiber*, est actuellement le seul représentant d'une Superfamille très diversifiée par le passé : les Castoroidea (limitée à l'hémisphère Nord).

Les castors sont les plus grands rongeurs de la faune européenne et Nord américaine actuelle depuis leur apparition en Europe au début de l'Oligocène (HUGUENEY 1999).



3.4.7 Ordre des Lagomorpha (cf. fig. 42)

L'enregistrement paléontologique de ce petit ordre remonte au Paléocène Supérieur. Mais ils ne parviennent en Europe qu'à l'Oligocène Supérieur (MP30, Engesser & Mölden).

Les lagomorphes possèdent des incisives complètement recouvertes d'émail et à croissance continue.

Ils sont végétariens et se nourrissent de broussailles dans la Toundra rocheuse et dans les terrains désertiques, et d'herbe dans les plaines.

En fossile, on retrouve surtout des fragments de mâchoire et les dents (BOON & KRISTKOIZ 1999).

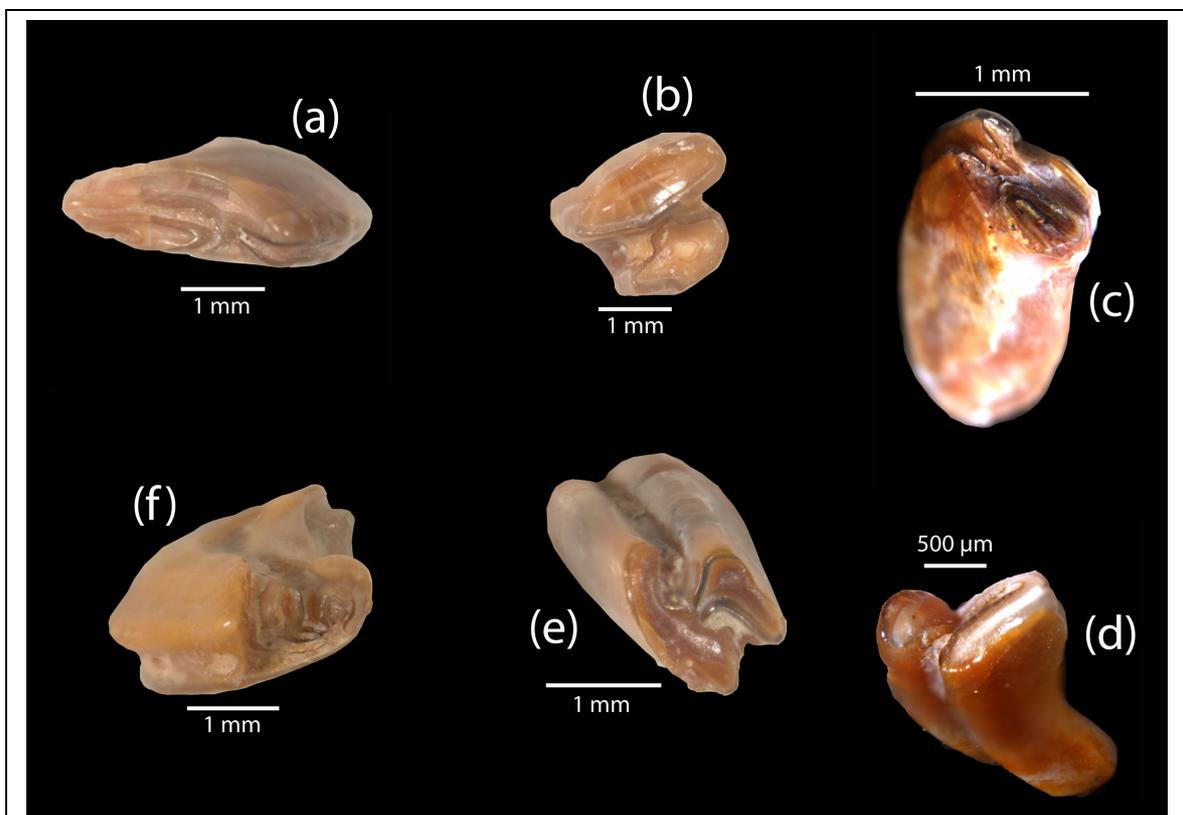


Figure 42 : Dents de Lagomorpha , (a) TDOM2, (b)-(f) TDOM3

3.4.8 Famille des Moschidae (cf. fig. 43)

Cette famille comprend les formes primitives de la superfamille des cervidés. Le “musk deer” est le seul représentant actuel de la famille des Moschidae. Il vit dans les forêts des montagnes de l’Asie de l’Est.

Ces ruminants ont une taille petite à moyenne et les mâles possèdent des longues canines, qui étaient probablement utilisées dans les combats. Ils sont caractérisés par l’absence d’appendices crâniens.

D’après les similitudes du squelette, leur habitat pourrait être le même que les petits ruminants solitaires actuels qui vivent dans les forêts (ex. chevroton).

Le plus ancien représentant documenté des Moschidés est *Dremotherium*, dans l’Oligocène Supérieur. Deux espèces ont passé la limite Oligo-Miocène en rejoignant MN2 : *D. feignouxi* et *D. catinensis*. *Dremotherium* n’atteint pas MN3.

Les espèces du genre *Dremotherium* ne possèdent ni de longues canines, ni des cornes ou tout moyen de défense (comm. pers. MENNECART).

Cependant ils possédaient des canines en dent de sabre, qui probablement n’étaient pas utilisé pour se défendre, mais seulement comme moyen d’intimidation.

Une deuxième branche des Moschidae qui a passé la transition entre Oligocène et Miocène est *Pomelomeryx* : un petit ruminant de taille semblable à un lapin (GENTRY et al. 1999).

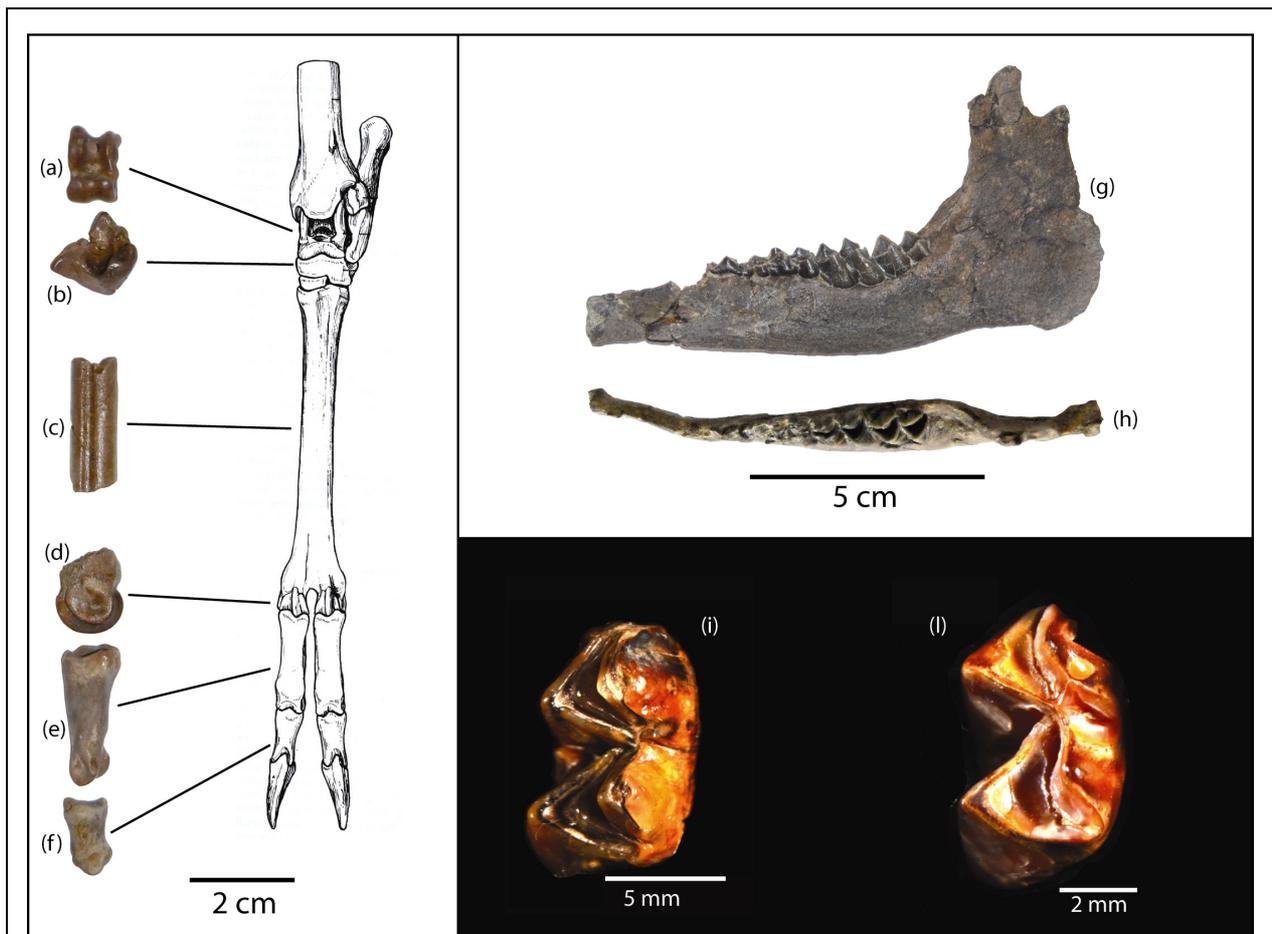


Figure 43 : Autopode fragmentaire attribué à *Dremotherium feignouxi* (modifiée d’après BARONE 1999): (a) Astragale SLM008 – 63 ; (b) Naviculo cuboïde SLM008 – 28 ; (c) Métapode (diaphyse) SLM008 – 65 ; (d) Métapode (distal) SLM008 – 114 ; (e) Phalange SLM008 – 128 ; Mandibule de *Dremotherium feignouxi* vue latéralement (g) et par le haut (h) ; (f) Phalange II SLM008 – 102 ; (i) Dent de *Dremotherium feignouxi* ; (l) Dent de *Pomelomeryx* cf. *houlangeri*

3.4.9 Famille des Cainotheridae (cf. fig. 44)

Les cainothéridés font partie d'un groupe éteint d'artiodactyles de petite taille avec une répartition géographique et temporelle très limitée.

Ils se différencient des autres artiodactyles par la structure de leurs dents.

Ils ont existé entre l'Eocène Supérieur (MP18) jusqu'au début du Miocène Moyen (MN6). Ils étaient confinés en Europe de l'ouest.

Cette famille eut un déclin dans le Néogène, et seulement le genre *Cainotherium* est représenté au Miocène.

Les cainothères occupaient probablement une niche écologique comparable à celle des lièvres. En effet, en plus d'avoir à peu près la même taille, on constate que dans le Miocène Inférieur le déclin des cainothères coïncide avec la radiation des lagomorphes (HEIZMAN 1999).

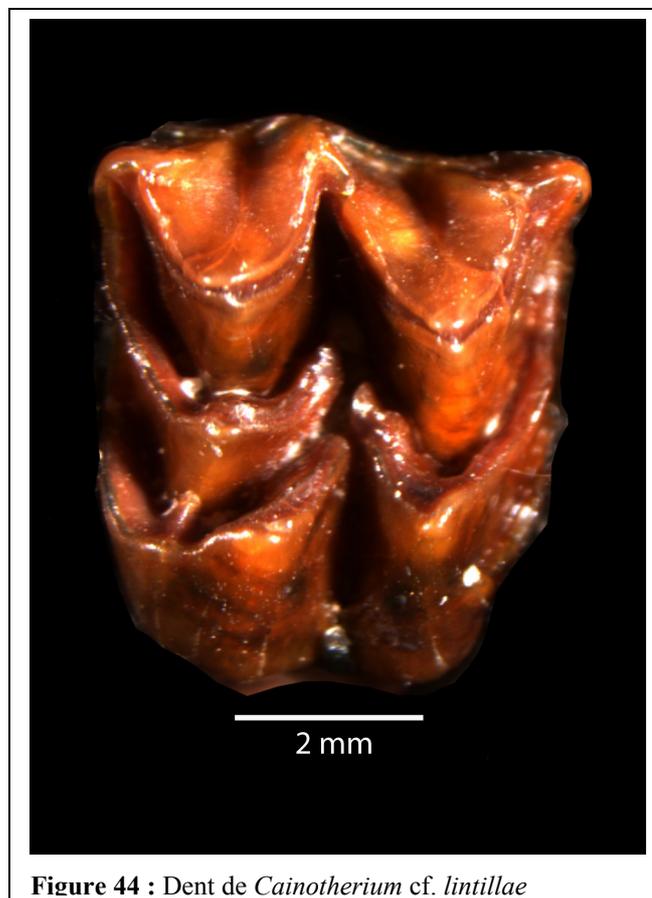


Figure 44 : Dent de *Cainotherium* cf. *lintillae*

3.4.10 Famille des Rhinocerotidae (cf. fig. 45)

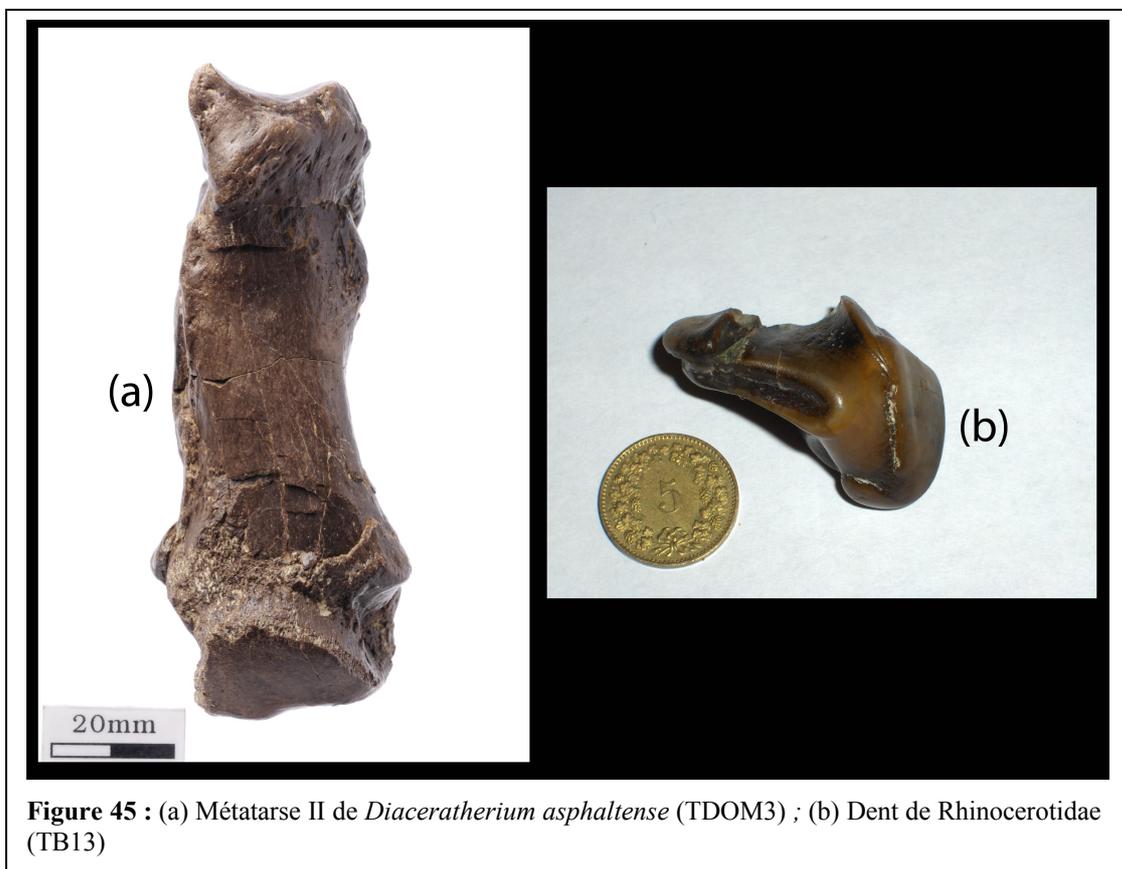
Les rhinocéros, appartenant à la famille des Rhinocerotidae, sont communs en Europe à partir de l'Oligocène Inférieur jusqu'au Pléistocène Supérieur. Actuellement, les rhinocéros sont des herbivores avec un corps grand et lourd avec une corne nasal caractéristique et, chez certaines espèces, avec les dents frontales agrandies (HEISSIG 1999).

- *Diaceratherium asphaltense*

Le métatarse (Mt) retrouvé dans le niveau TDOM3 (voir Planche X) a été attribué à l'espèce *D. asphaltense* grâce à sa structure.

En effet, d'après BECKER (comm. pers.) la forme générale de cet os appartient au genre *Diaceratherium*. Il est trop court et pas assez gracile pour l'attribuer au genre *Ronzotherium* et pas assez robuste pour appartenir au genre *Brachypotherium*. Les dimensions biométriques de ce métapode se rapprochent de 2 espèces : *D. asphaltense* et *D. aginense*. BECKER conclue en affirmant que : "D'une manière générale, tous les métapodes de *D. asphaltense* sont systématiquement plus longs et plus graciles que ceux de *D. aginense*. Pour toutes ces raisons, le Mt II de Tavannes – Sur le Mont a été attribué à l'espèce *D. asphaltense*".

Il s'agit d'un rhinocéros graviportal avec une taille intermédiaire à grande. Il vivait probablement dans un milieu forestier dense à légèrement ouvert assez proche d'un cours d'eau. Il se nourrissait de végétaux tendres de hauteur variable (BECKER comm. pers.).



3.4.11 Charophyta (cf. Fig. 46 et 47)

Les charophytes sont des végétaux appartenant au groupe des algues vertes. Elles vivent actuellement dans les eaux douces à saumâtres à faibles profondeurs: environnements hypohalins (estuaires, lagons) et environnements hyperhalins. Elles sont formées par une tige (thalle) et des branches tubulaires (verticilles) en forme de couronne (fig. 38). Les gamétanges femelles (oogones) sont formées par un oocyte, un involucre (cortex) et une coronule. En fossile, on retrouve seulement le cortex, car les cellules en spirale qui le composent sont imprégnées de calcite. On parle alors de "gyrogonite" (BAECHLER, 2005).

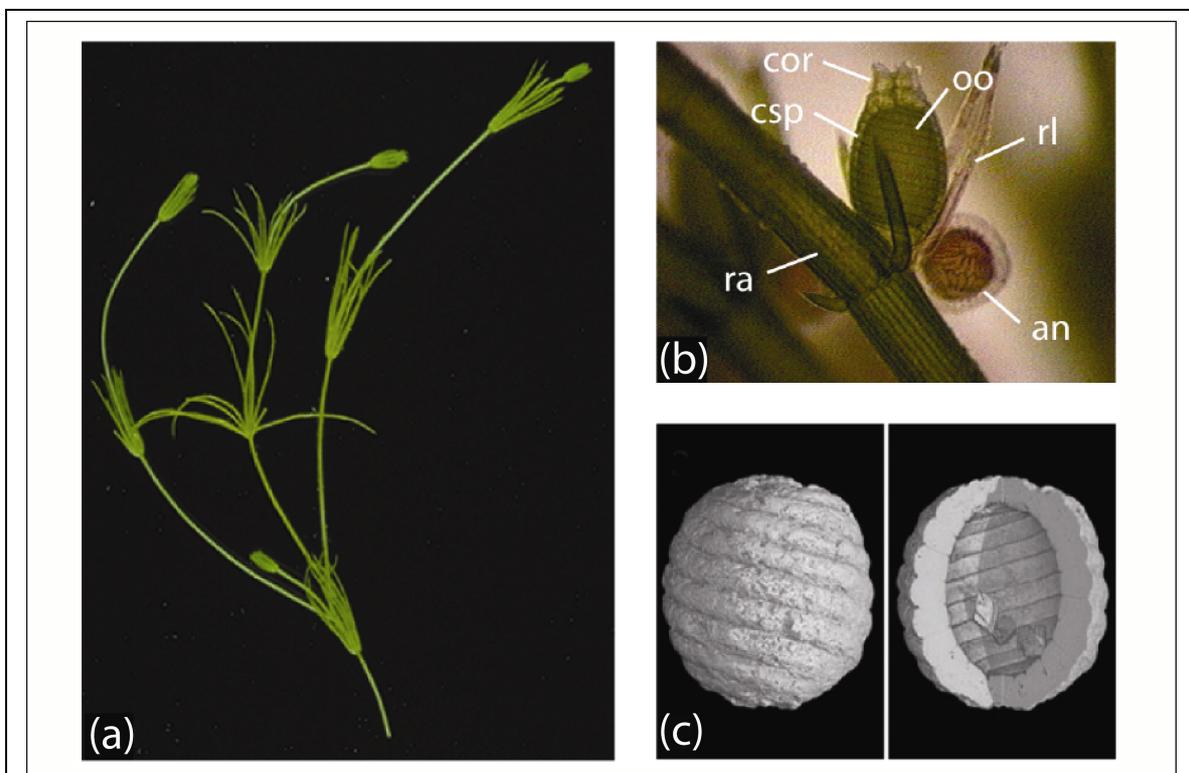


Figure 46 : (a) Thalle de Charophyte actuelle ; (b) Détail d'un verticille de ramules (x15) ; ra= rameau, rl= ramule, an= anthéridie (gamétange mâle ?) ; cor= coronule, csp= cellule spirale ; oo= oocyste ; (c) Gyrogonite (x23) ; vue externe et interne avec oocyste (microtomographie) ; (modifié d'après BAECHLER 2005)

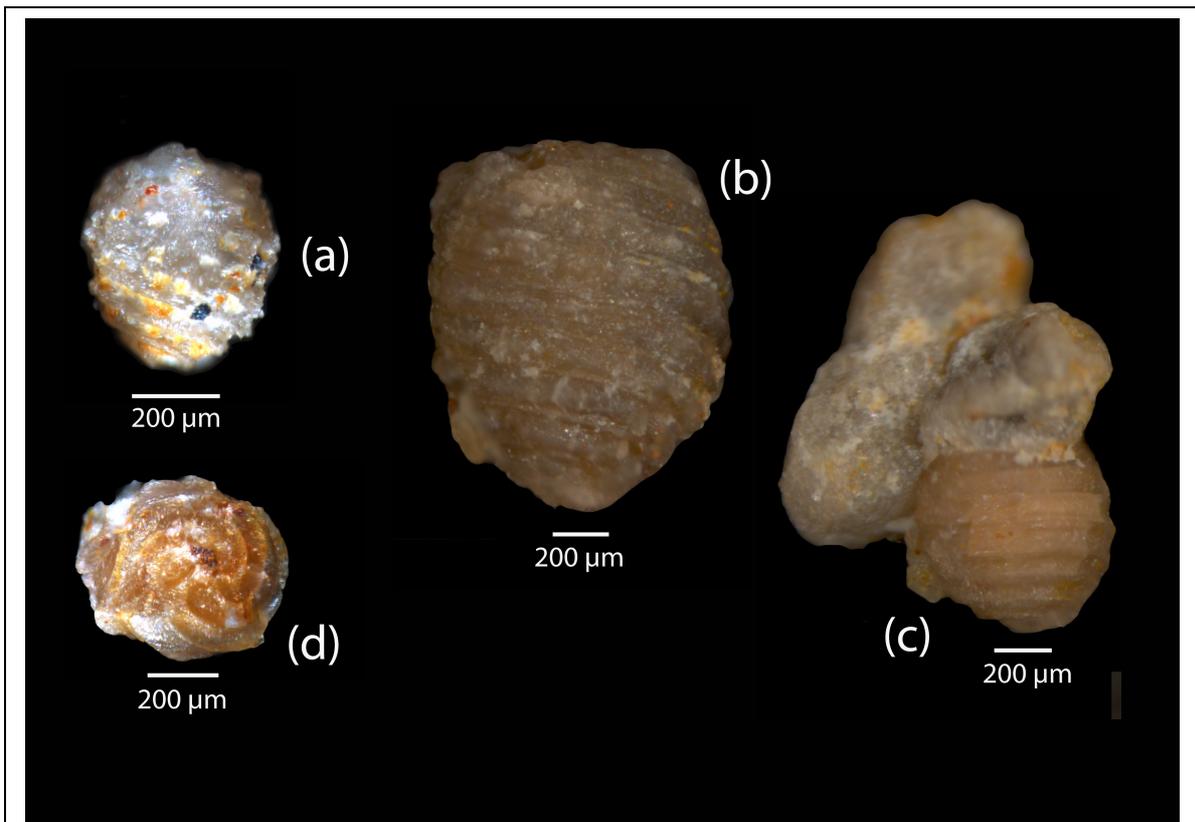


Figure 47 : (a) cf. *Rhabdochara* gr. *langeri* (TDOM3) ; (b) *Nitellopsis* (*Tectochara*) gr. *merianii* (TDOM3 ?); (c) *Stephanochara* gr. *praeberdotensis*(TDOM3) ; (d) cf. *Rhabdochara* gr. *langeri*, vue depuis le bas (TDOM3)

3.6 Essai de reconstitution paléoenvironnementale des sédiments aquitaniens

Dans ce chapitre on essaiera de reconstituer l'environnement de dépôt des sédiments aquitaniens découverts des affleurements étudiés dans ce travail.

La présence de caliches dans ce paquet de grès (surtout dans niveau TDOM2) nous indique que l'on se trouve très probablement en milieu continental. La présence de brèches calcaires anguleuses, indique la présence de reliefs dans les alentours de cet endroit.

Les trois niveaux fossilifères (d'origine fluviatile), grâce à leur abondant contenu fossilifère avec une grande diversité de faune et de flore, nous donnent une bonne indication du milieu de vie de ces organismes.

D'abord il faut dire que la présence de charophytes indique la présence d'eau douce, dans laquelle il y avait aussi des poissons (probablement des cyprinidés), des crocodiles et des tortues. En ce qui concerne la faune terrestre, on peut affirmer qu'il y avait une assez grande diversité : plusieurs familles de rongeurs, des lagomorphes, des artiodactyles et des perissodactyles.

La figure 48 résume très bien comment aurait pu être l'environnement, la faune et la flore à l'époque de la sédimentation de ces grès.

On se trouvait très probablement près d'un cours d'eau avec des méandres.

On retrouve ce paysage à Wallenried, localité aquitaniennne du canton de Fribourg.

La présence d'arbres d'une hauteur moyenne à haute est attestée par la présence d'écureuils ainsi que de charbon.

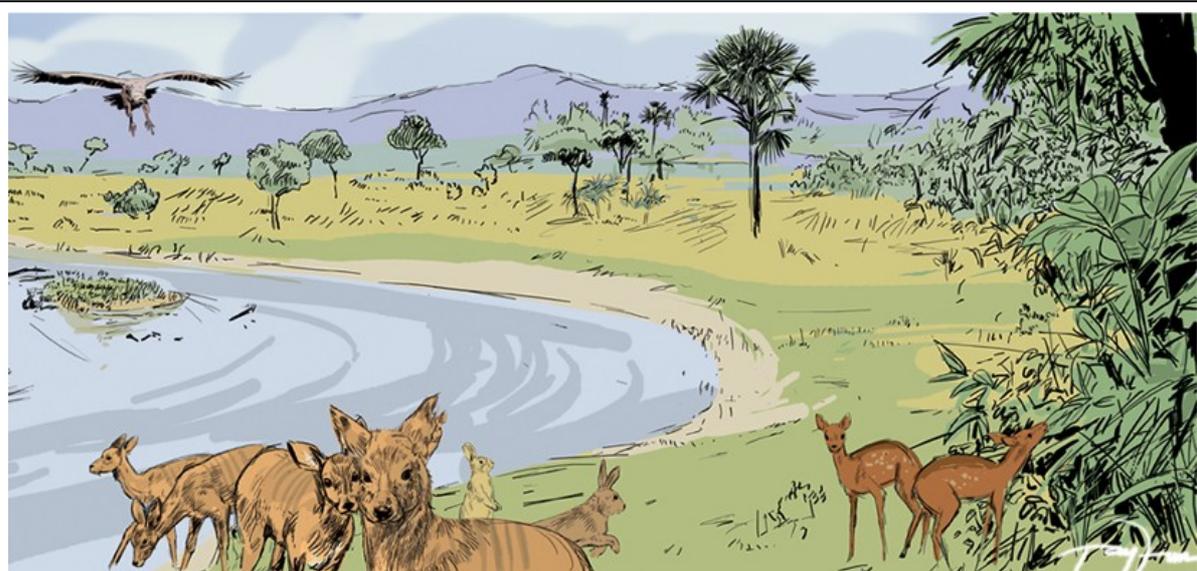


Figure 48 : Reconstitution du milieu de dépôts des sédiments aquitaniens (modifiée d'après BECKER 2007)

Chapitre 4: Conclusions

En réalisant la carte géologique des 7 synclinaux à remplissage tertiaire, on se rend compte que dans cette zone de la Suisse de grandes surfaces ne sont pas couvertes par les cartes géologiques détaillées au 1 :25'000.

Le but principal de cette carte était de compléter les informations à partir des données géologiques, paléontologiques et tectoniques sur les sédiments tertiaires.

Cette carte représente une bonne base de travail pour des études ultérieures concernant cette zone. En effet, elle pourra être complétée et modifiée si nécessaire au fur et à mesure des nouvelles découvertes concernant le Tertiaire du Jura suisse seront découvertes.

En ce qui concerne le travail de terrain et l'étude des sédiments molassiques à Tavannes – Sous le Mont, l'objectif principal était de documenter le mieux possible ces affleurements et d'essayer de les dater biostratigraphiquement.

L'ensemble des coupes étudiées montre le passage entre l'USM (Molasse alsacienne, Calcaires delémontiens et grès et marnes "aquitaniens") et l'OMM (conglomérat de plage et grès coquiller), marqué par la transgression des sédiments marins burdigaliens.

Grâce à la découverte de 3 niveaux fossilifères au sommet de la coupe TD (TDOM1, 2 et 3) contenant une riche faune de mammifères (macro. et micro), on a pu rapporter biostratigraphiquement ces niveaux gréseux à l'Aquitaniens (MN2).

Par exemple la présence de *Ritteneria* (marqueur principal de la zone MN2) permet une datation assez précise.

Cette découverte est très importante vue l'absence présumé jusqu'à maintenant de sédiments de cet âge dans les synclinaux du Jura central. Dans ce cas, il s'agit de sédiments grés-marneux d'origine fluviatile très riches en caliches, en galets mous et en galets bréchiques.

En effet, d'après la carte paléogéographique de l'Aquitaniens supérieur, la limite de non sédimentation ou érosion se situe beaucoup plus au sud-est par rapport à Tavannes.

On peut donc corriger cette carte en déplaçant cette limite jusqu'à la hauteur de cette localité.

Grâce à la grande diversité de la faune et la présence de charophytes (caractéristiques d'eaux douces), on a pu reconstruire l'environnement de dépôt de ces grès marneux aquitaniens, il s'agit probablement d'un milieu fluviatil.

Seule une partie des fossiles découverts dans les niveaux TDOM a été traitée lors de ce travail. Des études ultérieures pourront compléter les listes de la faune et de la flore.

D'un point de vue méthodologique, divers outils sédimentologiques n'ont pas été utilisés lors de ce travail (comme des analyses granulométriques ou la méthode des argiles). Il en va de même avec la paléontologie (comme la palynologie) et la géochimie. Toutefois, toutes ces techniques pourraient être appliquées dans de futures études pour compléter et/ou corriger les résultats de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

ANTENEN M. A. (1973) : - Geologie des Montoz-Kette unter besonderer Berücksichtigung des Tertiärs in den angrenzenden Mulden von Péry und Tavannes (Berner Jura) ; Thèse inédite, Univ. Berne, 167 p.

BAECHLER C. (2005) : - Géotopes, le patrimoine géologique du district des Franches – Montagnes (Jura) suivi d'une étude sur les dépôts oligocènes de la partie méridionale du Synclinal de Moutier (Berne) ; Dipl. Uni. Fribourg, 129 p.

BARONE R. (1999) : - Anatomie comparée des mammifères domestiques, Tome 1 Ostéologie ; Vigot Frères ; Paris ; 761 p.

BAUMBERGER E. (1934) : - Geologischer Führer des Schweiz. Fasc.I. Die Molasse des Schweizerischen Mittellandes und Jura Gebietes ; Schweiz. Geol. Ges. Basel, 57 p.

BECKER D. (2003) : - Paléoécologie et paléoclimats de la Molasse du Jura (Oligo-Miocène) : apport des Rhinocerotidea (Mammalia) et des minéraux argileux ; Thèse Univ. Fribourg, 327 p.

BECKER D. & CIVELLI K. (2002) : - Le Tertiaire (Cénozoïque) du Jura le long de la Transjurane : premiers résultats paléontologiques et stratigraphiques. ; Rapport d'activités 2001, Paléontologie et Transjurane n° 2, 48 p.

BECKER D. & RAUBER G. (2007) : - Esquisse de l'histoire des mammifères et gisements fossilifères de Suisse ; Article tiré de la Société neuchâteloise des Sciences naturelles, Tome 130.1 ; p. 5-48.

BERGER J.-P. (1992) : - Paléontologie de la Molasse Suisse occidentale ; Thèse d'habilitation, Univ. Fribourg, 25.5.1992, 600 p.

BERGER J.-P. (1996) : - *Cartes paléogéographiques-palinspastiques du bassin molassique suisse (Oligocène inférieur-Miocène moyen)* ; N. Jb. Min. Geol. Pal. Abh., 202, 1, p. 1-44.

BERGER J.-P. (1999) : - Redefinition of European Oligo-Miocène Charophyte Biozonation ; Aust. S. Bot. , 47, 3, p.283-296.

BERGER J.-P., REICHENBACHER B., BECKER D., PICOT L., STORNI A., DERER C. (2004a) : - Tertiary stratigraphic chart of the Upper Rhine Graben and the Swiss Molasse Basin. – URGENT (in prep.).

BERGER J.-P., REICHENBACHER B., BECKER D., GRIMM M., GRIMM K., PICOT L., STORNI A., PIRKENSEER C., DERER C. & SCHAEFER A. (2005a) : - Paleogeography of the Upper Rhine Graben (URG) and the Swiss Molasse Basin (SMB) from Eocene to Pliocene, 21 p.

BERGER J.-P., REICHENBACHER B., BECKER D., GRIMM M., GRIMM K., PICOT L., STORNI A., PIRKENSEER C., DERER C. & SCHAEFER A. (2005b) : - Eocene-Pliocene time scale and stratigraphy of the Upper Rhine Graben (URG) and the Swiss Molasse Basin (SMB) ; Int S Earth Sci (Geol Rundsch) (2005) 94: p. 711-731.

BERTHET D. (2003) : - Le genre *Cainotherium* (Mammalia, Artiodactyla). Étude morphométrique, révision systématique, implications évolutives et paléogéographiques, extinction ; Docum. Lab. Géol. Lyon, n° 159 ; 205 p.

BOON E. & KRISTKOIZ A. : - Order Lagomorpha, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 259-262.

BUIJN H. de (1999) : - Superfamily Sciuroidea, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 271-280.

CLÉMENT I. (1998) : - *Géologie de la Région de Delémont (JU) avec étude particulière de la Molasse et du synclinal molassique de Foradrai ; Dipl. Uni. Fribourg (unpublished), 129 p.*

CLÉMENT I. & BERGER J.-P. (1999) : - *Nouvelles données stratigraphiques sur la Molasse du bassin de Delémont et du synclinal de Foradrai (Oligo-Miocène, Jura suisse) ; N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 214, 3, p.463-485.*

DAAMS R. (1999) : - *Family Gliridae, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 301-318*

DUMAS J. (2005) : - *Inventaire des Géotopes de l'Ajoie (JU). Estimation de l'âge de la Weisse Serie de Bonfol. Cartographie du synclinal de Tramelan à l'Étang de la Gruère ; Dipl. Uni. Fribourg, 180 p.*

ENGESSER B. (1990) : - *Die Eomyidae (Rodentia, Mammalia) der Molasse der Schweiz und savoyens. Systematik und biostratigraphie ; Mem. Suisses Paléont., 112, 144 p.*

ENGESSER B. (1999) : - Family Eomyidae, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 319-335.

FAVRE I. (1998) : - *Géologie de la région de Tavannes (Jura bernois) avec reconstitution paléogéographique de l'USM. ; Dipl. Uni. Fribourg (non publié), 94 p.*

GENTRY A. W., RÖSSNER G. E. & HEIZMANN E. P. J. : - Suborder Ruminantia, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 225-258.

HEISSIG K. : Family Rhinocerotidae, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 175-188.

HEIZMANN E. P. J. : - Family Cainotheriidae, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 217-220.

HOMWOOD P., ALLEN P. & WILLIAMS G.D. (1986) : - Dynamics of the Molasse Basin of Switzerland ; Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol., 8, p.199-217.

HUGUENEY M. (1999) : - Family Castoridae, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 281-300.

KÄLIN D. (1993) : - Stratigraphie und Säugetierfaunen der oberen Süsswassermolasse der Nordwestschweiz. ; Diss. ETH. n°10152, 238 p.

KÄLIN D. (1997a) : Litho- und Biostratigraphie der mittel- bis obermiozänen Bois de Raube-Formation (Nordwestschweiz). ; *Eclogae geol. Helv.* 90/1, p. 97- 114.

KÄLIN D. (1997b) : - The mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland reconsidered. A local biozonation of MN2-MN5. ; In : Aguilar, J.-P., Legendre, S. & Michaux, J. (eds) : Actes du Congrès BiochroM'97. – Mémoires et Travaux de l'Ecole pratique des Hautes Etudes, Institut de Montpellier 21, p. 581-590.

KÄLIN D. & KEMPF O. (2002) : High-resolution mammal Biostratigraphy in the Middle Miocene continent (Upper Freshwater Molasse, MN 4 - MN 9, 17 - 10 Ma) ;

EEDEN (Environments and Ecosystems Dynamics of the Eurasian Neogene), abstract.

LINIGER H. (1925) : - Geologie des Delsberger Beckens un der Umgebung von Movelier ; Beitr. Geol. Karte Schweiz, 55, 71 p.

MERIAN P. (1836) : - Uber die Verbreitung einer tertiären marinischen Formation im Kanton Basel ; Verh.Naturforsch.Ges.Basel, II, p. 44-46.

PICOT L. (2002) : - Le Paléogène des synclinaux du Jura et de la bordure sud-rhénane : paléontologie (Ostracodes), paléoécologie, biostratigraphie et paléogéographie ; Thèse in Geofocus vol.5, 240 p.

PICOT L., BECKER D. & BERGER J.-P. (1999) : - Nouvelles données paléoécologiques et biostratigraphiques sur la formation des Calcaires delémontiens (« Delsberger Kalke », Oligocène terminal, Jura Suisse) ; N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 214, 3, p. 433-462.

REICHENBACHER B. (1996) : - Biostratigraphie aufgrund von Fisch-Otolithen im Ober-Oligozän und Unter-Miozän des Molassebeckens der West-Schweiz und Haute-Savoie und des Mainzer Beckens ; N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 202, 1, p. 45-61.

REICHENBACHER B., BERGER J.-P. & WEIDMANN M. : - Charophytes et otolithes de la Molasse d'eau douce inférieure oligocène de Moutier (Jura Suisse). *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 2002, 1, p. 63-93. REICHENBACHER B., BERGER J.-P.& WEIDMANN M. (1996)

ROLLIER L. (1910) : - Troisième supplément à la description géologique de la partie jurassienne de la feuille VII de la carte géologique de la Suisse au 1 : 100 000. Première partie : Nouvelles observations sur le Sidérolithique et la Molasse oligocène du Jura central et méridional ; Mat. Carte Géol. Suisse, 25, 148 p.

ROTHPLETZ W. (1933) : - Geologische Beschreibung der Umgebung von Tavannes im Berner Jura ; 150 p.

RÖSSNER G. & RUMMEL M. (2001) : - *Pomelomeryx gracilis* (Pomel, 1853) (Mammalia, Artiodactyla, Moschidae) from the Lower Miocene karstic fissure filling complex Rothenstein 10/14 ; Germany, Bavaria ; *Lynx (Praha)* , n. s. ; p. 323 – 353.

SCHMIDT-KITTLER N. (Ed.) (1987) : - International Symposium on Mammalia biostratigraphy and Paleoecology of the European Paleogene, Mainz, February, 18th – 21st 1987 ; Münchn. Geowiss Abh. , A, vol. 10, 312 p.

STHELIN H. G. (1903-1916) : - Die Säugetiere des schweizerischen Eocaens. Kritischer katalog des Materialien ; Abh. Schweiz Paläont. Ges., 1903 (vol. XXX, p. 1-153) ; 1904 (XXXI, p. 155-258) ; 1905 (XXXII, p.259-595) ; 1906 (XXXIII, p.597-690) ; 1908 (XXXV, p.691-837) ; 1910 (XXXVI, p.839-1164) ; 1912 (XXXVIII, 1165-1298) ; 1916 (XLI, p.1299-1552).

STUDER B. (1825) : - Beiträge zu einer Monographie der Molasse ; C.A Jenni, bern, 426 p.

THEILER E. (1998) : - Geologie im Gebiet der Tiergartenantiklinale (JU) mit besonderer Berücksichtigung der Molasseeinheiten ; Dipl. Univ. Fribourg (non publié), 93 p.

ZIEGLER (1999) : - Order Insectivora, in RÖSSNER & HEISSIG, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 53-74.

ZIEGLER (1999) : - Order Marsupialia, in RÖSSNER & HEISSING, Land Mammals of Europe ; Verlag Dr. Friedrich Pfeil ; München ; p. 49-52.

PLANCHES

Figure 49 : Planche traitant des fossiles divers

(a), (b), (c), (d) : Dents pharyngiennes de ?Cyprinidae (TDOM3)

(e) : Assemblage de dents de *Carcharias* sp. (TB14)

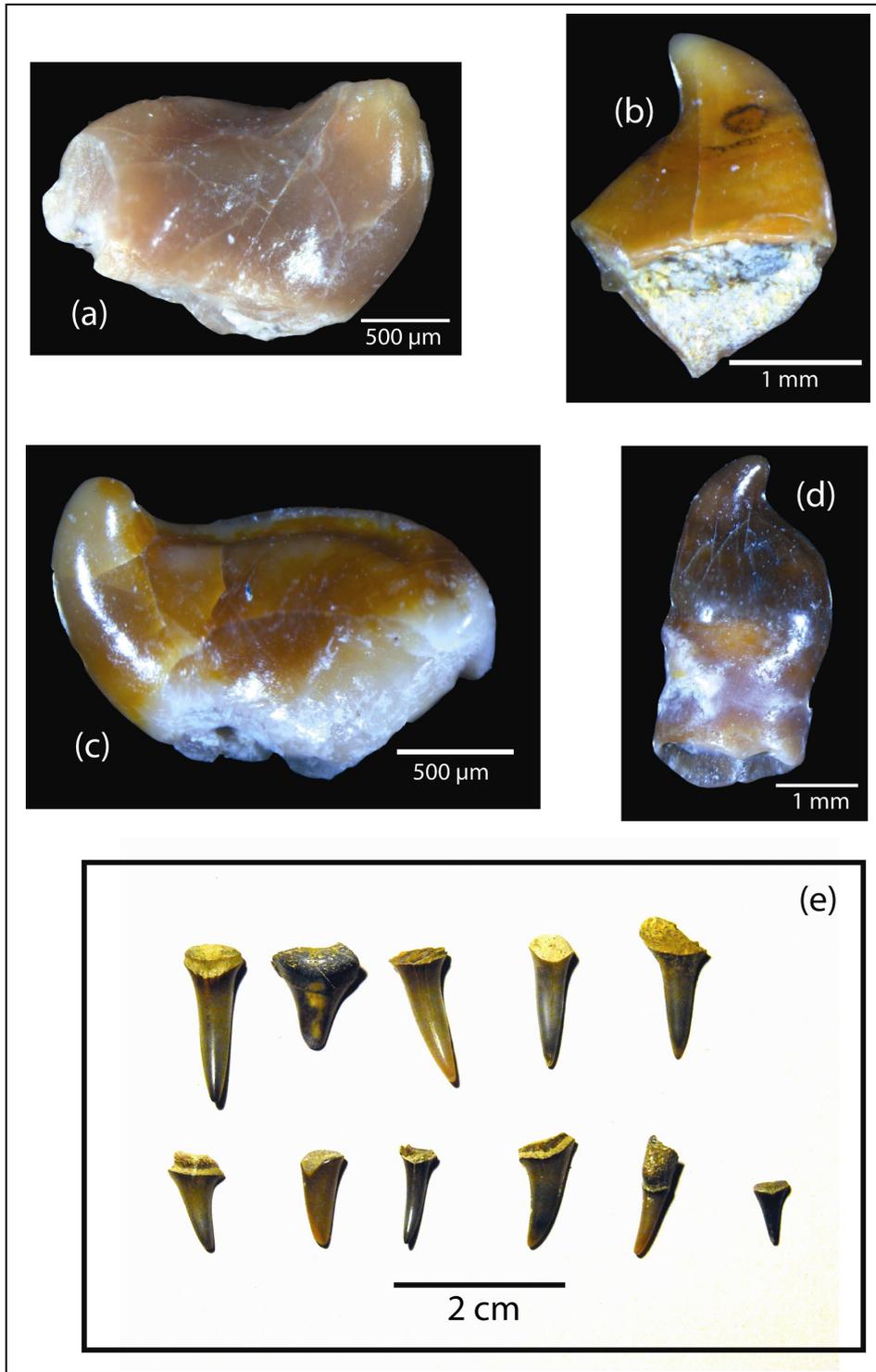
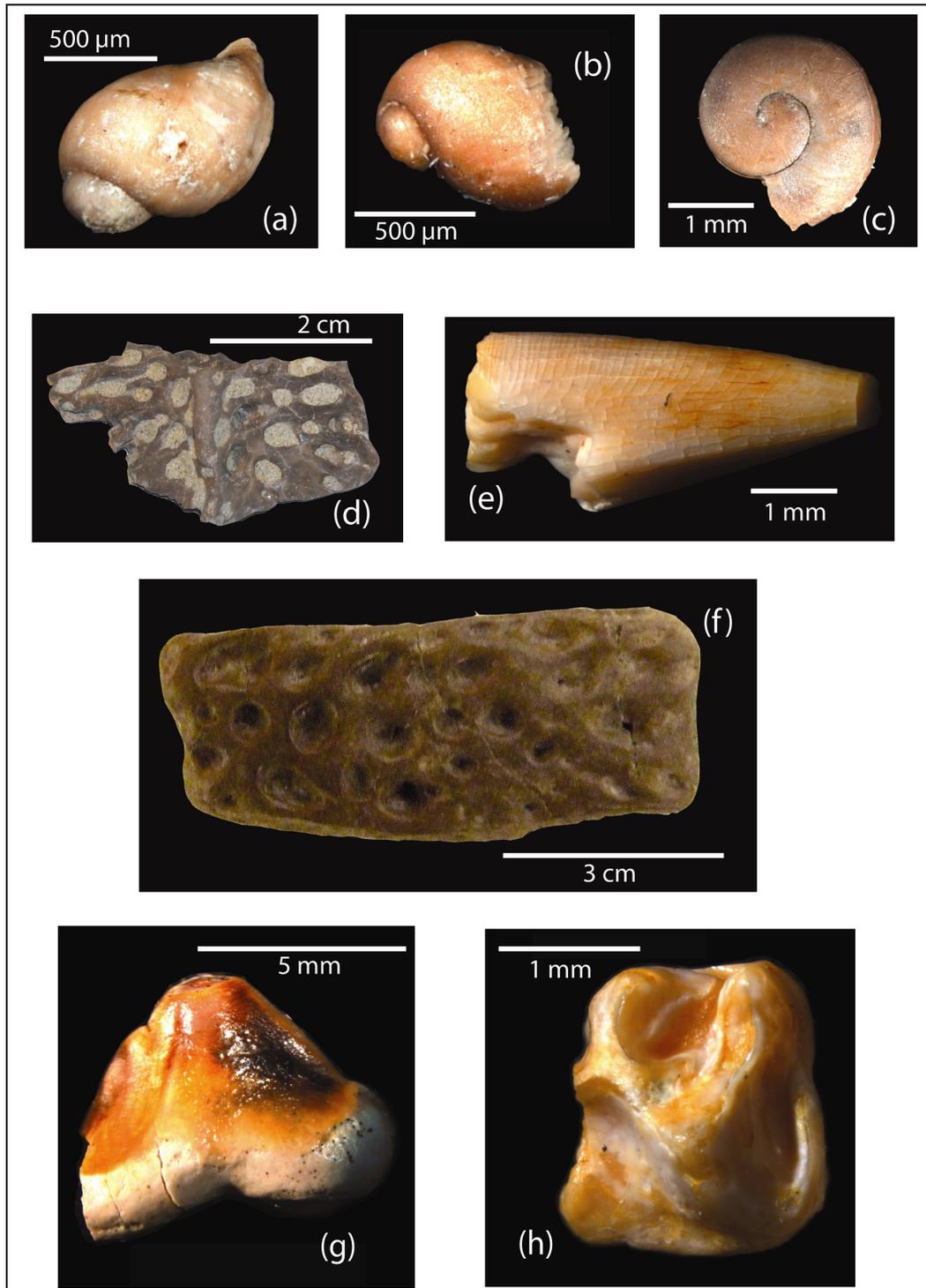


Figure 50 : Planche traitant des fossiles divers

- (a), (b) : Gastéropodes type lymnée (TA3) ;
(c) : Gastéropode type planorbe (TA3)
(d), (f) : Ostéoderme de Crocodilia (TDOM3)
(e) : Dent de Crocodilia (TDOM3)
(g) : Dent de Carnivora (TDOM1)
(h) : Dent de Cricetidae : *Eucricetodon* cf. *quadratus* (TDOM3)



ANNEXES

- **ANNEXE 1 : Groupe du Sidérolithique**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
R1	Les Rottes – La Tanne	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 35
R2	Pâturage sous Montoz	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 35
R3	La charbonnière	Bolustone	oui	Rothpletz (1933) pag. 35
R4	Carrière NW Fuet	Hupper (« Sable vitrifiable)») (oui	Rothpletz (1933) pag. 35 + pag. 55?
R5	Prélay N Saicourt	Hupper	oui	Rothpletz (1933) pag. 36
R6	Saicourt – La rouge eau	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 36
R7 + R8	Saules – Montagne de Saules	Bolus + Hupper	oui	Rothpletz (1933) pag. 36
R9	Carrière La Citadelle	Bolus + Hupper	oui	Rothpletz (1933) pag. 36
R10	N-Loveresse	Hupper	???	Rothpletz (1933) pag. 36
R11	La rouge eau	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 36
R12	SW Souboz - « Le Maupas »	Hupper + Bolus	???	Rothpletz (1933) pag. 37
R13	???	Hupper + Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 37
R14	???	Hupper + Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 37
R15	Caillou de Sornetan	Hupper	???	Rothpletz (1933) pag. 37
R16	La Bottière Huppergrube	Hupper	oui	Rothpletz (1933) pag. 37
R17	E-La Bottière	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 37
R18	???	Bolus	???	Rothpletz (1933) pag. 38
R19	Moron	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R20	???	Hupper	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R21	Weges Châtelat-Moron	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R22 + R23	Sous ce Mont	Bolus	???	Rothpletz (1933) pag. 38
R24	Reservoir Sornetan	Bolus + Hupper	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R25	La Noz	Hupper	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R26	Bellelay-Châtelat	Bolus + Brèche	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R27	Strasse Bellelay-Châtelat	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R28	Strasse Bellelay-Châtelat	Bolus	oui	Rothpletz (1933) pag. 38
R29	SW Châtelat	Passage Méso-Eoc-Gomph-Delém.	oui	Rothpletz (1933) pag. 39
R30	???	Bohnerz	???	Rothpletz (1933) pag. 39
A1	Unt. Bürenberg	Hupper	oui	Antenen (1973) pag. 31
A2	La Verrière	Bolus	oui	Antenen (1973) pag. 31

- **ANNEXE 2 : Groupe des Calcaires inférieurs et Terres Jaunes**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
R31	La planche aux boeufs	Calcaires de Moutier inf.	oui	Rothpletz (1933) pag. 42
R32	NE Souboz	Calcaires de Moutier inf.	???	Rothpletz (1933) pag. 43
P1	Moutier-Pâturage du Droit	Calcaires inférieurs	oui	Picot (2002) pag.45

- **ANNEXE 3 : Groupe de la Gompholithe**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
R33	Gorges du Pichoux	Gompholithe d'Ajoie	oui	Rothpletz (1933) pag.44
R34	Châtelat	Gompholithe d'Ajoie	oui	Rothpletz (1933) pag.44, 45, 46
R35	Südlich Sornetan	Gompholithe d'Ajoie	oui	Rothpletz (1933) pag.47
R36 + R37	Schiesstand Bellelay	Gompholithe d'Ajoie	oui	Rothpletz (1933) pag.47, 48
R38	Bellelay-Châtelat « Fornet dessous »	Gompholithe d'Ajoie	oui	Rothpletz (1933) pag.48
R39	ENE Les Genevez	Gompholithe d'Ajoie	???	Rothpletz (1933) pag.48, 49
R40	Prélay-Le Fuet	Gompholithe d'Ajoie	non (voir fig. Pag. 54)	Rothpletz (1933) pag.53, 54
R41	Sous Montbautier	Gompholithe d'Ajoie	oui	Rothpletz (1933) pag.56
R42	Prés Claude	Gompholithe d'Ajoie	oui	Rothpletz (1933) pag.57, 58
R43 + R44	Orange	Gompholithe d'Ajoie	???	Rothpletz (1933) pag.58
R45	Mulden S Rand	Gompholithe d'Ajoie	???	Rothpletz (1933) pag.58, 59
P2	Bressacourt	Gompholithe conglomérats	et ???	Picot (2002) pag. 54
P3	Coupe de l'Oiselier	Gompholithe conglomérats	et oui	Picot (2002) pag. 58

- ANNEXE 4 : Groupe des Meeressand et Septarienton**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
A7	Aufschluss Räckacker	Septarienton	oui	Antenen (1973) pag. 43
P4	Coupe de Develier villa	Meeressand	oui	Picot (2002) pag. 60
P5	Coupe Develier-virage	Meeressand	oui	Picot (2002) pag. 60

- ANNEXE 5 : Groupe de la Molasse alsacienne**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
------------------	--------------	-----------	-----------------------	-----------

R46	Châtelat	Molasse alsacienne	oui	Rothpletz (1933) pag. 62
R47	Sornetan	Molasse alsacienne	???	Rothpletz (1933) pag. 62
R48	S Souboz	Molasse alsacienne	oui	Rothpletz (1933) pag. 63
R49	Gorges du Pichoux	Molasse alsacienne	oui	Rothpletz (1933) pag. 63
R50	Bellelay	Molasse alsacienne	oui	Rothpletz (1933) pag. 63
R51	NW Saules	Molasse alsacienne	???	Rothpletz (1933) pag. 63
R52	S Vambois	Molasse alsacienne	???	Rothpletz (1933) pag. 64
A4	Gänsbrunnen	Molasse alsacienne	oui	Antenen (1973) pag.42
A5	Rüttenen	Molasse alsacienne	oui	Antenen (1973) pag.42
A6	Rickenbacher Müli	Unt.Buntere Mol. Von Aarwangen	oui	Antenen (1973) pag.43
A8	Planche Nenry	Molasse alsacienne	oui	Antenen (1973) pag.43
P6	Forage RB1 Tavannes	Molasse alsacienne	oui	Picot (2002) pag.95
P7	Forage RB2 Tavannes	Molasse alsacienne	oui	Picot (2002) pag.95
P8	Coupe de Moutier- Belprahon	Molasse alsacienne	oui	Picot (2002) pag.101
P9	Viaduc de Moutier	Molasse alsacienne	oui	Picot (2002) pag.104

- ANNEXE 6 : Groupe des Calcaires delémontiens**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
------------------	--------------	-----------	-----------------------	-----------

R53	Petit Val	Calcaires delémontiens	???	Rothpletz (1933) pag. 65
R54	E Bellelay	Calcaires delémontiens	???	Rothpletz (1933) pag. 67
R55	N Schenkel	Calcaires delémontiens	???	Rothpletz (1933) pag. 70
R56	Forêt d'Enfer	Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 74
R57	???	Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 74
R58	Craveçon	Delsbergerkalke	oui	Rothpletz (1933) pag. 74
R59	Côte Gobat	Dels. + Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 75
R60	Haut de Spont	Dels. + Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 75
R61	Champ du Sautou	Delsbergerkalke	oui	Rothpletz (1933) pag. 75
R62	SE Saules	Delsbergerkalke	oui	Rothpletz (1933) pag. 75
R63	Fundstelle 12	Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 75
R64	Loveresse-Saules	Delsbergerkalke	oui	Rothpletz (1933) pag. 76
R65	S Loveresse	Delsbergerkalke	oui	Rothpletz (1933) pag. 76
R66	???	Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 77
R67	Reconvilier-Chaïndon	Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 77
R68	La Tuilerie	Dels. + Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 79
R69	Bois de l'Envers	Calcaires delémontiens	???	Rothpletz (1933) pag. 81
R70	Pâturage sous Montoz	Dels. + Calcaires delémontiens	oui	Rothpletz (1933) pag. 82
A3	???	Delémontien	???	Antenen (1973) pag. 37
A15	Le Cray – forages	Calcaires delémontiens ???	oui	Antenen (1973) pag. 91
P10	Forage RE2 / Reconvilier	Calcaires delémontiens	???	Picot (2002) pag. 107
P11	Coupe de Courfaivre	Calcaires delémontiens	oui	Picot (2002) pag. 110
P12	Coupe de la Brochene Fluh	Calcaires delémontiens	oui	Picot (2002) pag. 114

- ANNEXE 7 : Groupe des Conglomérats & Grès de l'OMM**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
R71	???	Muschelsandstein	oui	Rothpletz (1933) pag. 95, 96

R72	???	Muschelsandstein	oui	Rothpletz (1933) pag. 96
R73	???	Muschelsandstein	oui	Rothpletz (1933) pag. 97
R74	???	Muschelsandstein	oui	Rothpletz (1933) pag. 97
A9	Fosse Margot-Péry	Muschelsandstein	oui	Antenen (1973) pag.80
A10	Péry	Muschelsandstein	oui	Antenen (1973) pag.81
A11	Sur Frête	Muschelsandstein	oui	Antenen (1973) pag.82
A12	N Bevillard	Muschelsandstein	oui	Antenen (1973) pag.84
A13	Savaronne	Muschelsandstein	oui	Antenen (1973) pag.85
A14	Les Condemines	Muschelsandstein	oui	Antenen (1973) pag.85

• **ANNEXE 8 : Groupe des Marnes rouges & Gompholithe de l'OMM**

Nom sur la carte	Localisation	Formation	Localisé sur la carte	Référence
R75	La Tuilerie	Molasse Helvétique	oui	Rothpletz (1933) pag. 98
R76	???	???	???	Rothpletz (1933) pag. 107