Zeitschrift: Archives des sciences [2004-ff.]
Herausgeber: Société de Physique et d'histoire Naturelle de Genève
Band: 60 (2007)
Heft: 2-3

Artikel: La Molasse du bassin franco-genevois et son substratum
Autor: Charollais, Jean / Weidmann, Marc / Berger, Jean-Pierre
Kapitel: IX: Paléontologie et biostratigraphie
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-738416

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Pierre jaune de Neuchâtel

- 38,5 - 40,0: calcaires échinodermiques grossiers, gris vert avec veinules marneuses verdâtres
- 40,0 - 51,3: calcaires fins, gris vert, argileux vers le bas
- 51,3 - 53,35: marno-calcaires verdâtres
- 53,55 - 65,5: calcaires échinodermiques grossiers, brunâtres à verdâtres, avec veinules marneuses violacées
- 65,5 - 69,3: calcaires fins jaunâtres
- 69,3 - 76,5: calcaires échinodermiques grossiers avec lits marneux violacés à beiges

Marnes d'Hauterive

- 76,5 - 76,9: marnes fines feuilletées, jaune verdâtre
- 76,9 - 78,5: calcaires argileux beige brunâtre, avec veinules plus argileuses
- 78,5 - 84,0: marno-calcaires gris et jaune verdâtre; fractures obliques
- 84,0 - 87,0: calcaires argileux à entroques, brun verdâtre

Calcaires roux

- 87,0 - 102,7: calcaires biodétritiques grossiers, roux, parfois verdâtres, glauconieux par places, avec veinules marneuses et zones silicifiées (chailles, silex) dans la partie supérieure; fractures rares à dominante subverticale; traces d'hydrocarbures
- 102,7 - 108,3: calcaires brunâtres finement échinodermiques
- 108,3 - 124,8: calcaires biodétritiques grossiers en bancs décimétriques, avec quelques niveaux de marnes feuilletées brunâtres

Marnes d'Arzier (?)

- 124,8 - 126,5: au sommet, marno-calcaires à entroques, brunâtres, passant vers le bas à des marnes fines, brunâtres à kakis

Formation de la Chambotte inférieure

- 126,5 - 130,0: calcaires oolithiques et biodétritiques.

Remarques

- Le sondage SPM 15 a recoupé les Marnes et Grès bariolés sur 15,4 m et la Gompholite sur 1,7 m; celle-ci repose sur le substratum mésozoïque comprenant successivement le «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» (48,5 m), les Calcaires roux (37,8 m), les Marnes d'Arzier? (1,7 m) et la partie supérieure de la Formation de la Chambotte (> 3,5 m). Dans la série tertiaire, les Calcaires inférieurs n'ont pas été clairement mis en évidence.
- L'association de mammifères découverte à l'extrême base des Marnes et Grès bariolés permet de la rattacher avec certitude au niveau de Fornant 6 (= MP 28 [sommet]).
- Les différentes mesures de pendage sont comprises entre 19° et 30°, avec une moyenne de 24°. La dispersion des valeurs, assez importante, se manifeste principalement dans les calcaires du Valanginien et de l'Hauterivien inférieur, sans doute en raison des stratifications obliques caractéristiques de ces dépôts. Dans les marnes des formations crétacées et tertiaires, la dispersion est beaucoup plus faible (23° à 25°). Compte tenu d'un pendage moyen de 24°, l'épaisseur réelle du faciès Pierre jaune de Neuchâtel atteint 34,8 m, celle des Marnes d'Hauterive 9,6 m et celle des Calcaires roux 39,3 m, ce qui montre que la partie supérieure du «Complexe Marnes d'Hauterive - Pierre jaune de Neuchâtel» a été érodée.
- Aucun accident majeur n'a apparemment été recoupé par le sondage SPM 15. En revanche une certaine fracturation affecte les horizons peu résistants (marnes, lignites) des formations crétacées et des Marnes et Grès bariolés. Dans les calcaires, quelques fractures fermées surtout subverticales présentent des imprégnations bitumineuses de 87 à 94 m.

IX. PALÉONTOLOGIE ET BIOSTRATIGRAPHIE

1. Mammifères

L'outil biostratigraphique le plus efficace et le plus précis pour dater les terrains molassiques est basé sur les micromammifères (Rodentia, Insectivora). Leurs dents isolées, souvent bien conservées, sont relativement courantes dans les sédiments d'origine terrestre ou palustre. L'évolution rapide de la plupart des taxons a permis d'élaborer une biozonation fine qui recouvre l'Oligo-Miocène et qui est désormais bien documentée et testée dans tout le bassin molassique, de la Savoie à la Bavière (Fig. 49).

On trouvera dans les travaux de Engesser & Mödden (1997), Kälin (1997), Kempf et al. (1997), Reichenbacher et al. (2004a, b) un exposé détaillé de cette biozonation et des modalités de son application, ainsi que toutes les références aux monographies décrivant et illustrant les espèces de micromammifères reconnues jusqu'ici.

La Gompholite, tout comme les Grès sidérolithiques, n'a livré jusqu'ici aucun reste de mammifère significatif malgré plusieurs lavages; par contre, quelques charophytes et otolithes de poissons y ont été découverts.

Les Calcaires inférieurs ont fourni quelques formes significatives dans les sondages suivants:

- Peissy-1: *Eomys* cf. *molassicus*, cf. *Allocricetodon incertus*, *Blainvillimys* sp.
- Gex CD 02: cf. *Eomys molassicus*, *Eomys* cf. *ebnatensis*, *Eomys* sp.;

SÉRIES	Etages	Foraminifères planctiques	Nannofossiles calcaires	Charophytes	Mammifères	Otolithes
MIOCÈNE inférieur	Aquitanien		NN2	Berdotensis	MN2b Vully 1 Mèbre 698	OT-M2
		M1b			MN2a La Chaux 7 Bergières	
		N4		Nitida	MN1 Fornant 11 Boudry 2	OT-M1
		M1a	NN1	Notata	MP30 Broch. Fluh 53 Küttigen 1	OT-O6
OLIGOCÈNE	Chattien	P22	NP25		MP29 Broch. Fluh 19/20 Rickenbach	OT-O5
				Ungeri	MP28 Fornant 6 Fornant 7	
					MP27 Boningen 1 Wynau 1	OT-O4
				Microcera	MP26 Mümliswil Oensingen 1	
		P21b	NP24		MP25 Bumbach 1 Talent 7	OT-O3
	Rupélien	P21a			MP24 Grenchen 1	OT-O2
		P20	NP23	Major	MP23 Lovagny 14	

Fig. 49: Tableau de corrélations biostratigraphiques des principaux groupes fossiles utilisés dans ce travail pour l'Oligocène et le Miocène inférieur (voir Berger et al. 2005, Fig. 1).

- L 112: *Gliravus* cf. *bravoi*, *Eomys molassicus*;
- SPM 5: partie supérieure: *Eomys ebnatensis* ou *E. molassicus*; partie inférieure: *Allocricetodon incertus*, *Eomys* aff. *major* (figuré par Berger et al. 1987; Pl. 1, Fig. 9), *E. molassicus* ou *ebnatensis*, *Eucricetodon dubius* (figuré par Berger et al. 1987; Pl. 1, Fig. 13-16);
- SPM 11: partie supérieure: *Allocricetodon* cf. *incertus*; partie inférieure: cf. *Eomys molassicus*, cf. *Plesiosminthus promyairion*, *Issiodoromys quercyi*.

Les Marnes et Grès bariolés ont été étudiés en affleurements et dans les forages; les formes suivantes ont été identifiées:

- à la Roulavaz: *Eomys major*, *Plesiosminthus promyarion*, *Archaeomys* sp., *Issiodoromys* sp.;
- Epeisses: *Archeomys laurillardi*;
  à la Vieille Bâtie: *Archaeomys laurillardi*, *Issiodoromys minor*;
- au Nant d'Avril: *Issiodoromys terminus*, *Archaeomys* sp., *Caenotherium* sp.;
- près d'Humilly: *Rodens* indét., *Issiodoromys* sp., *Archaeomys* sp., *Peratherium* sp.;
- au NE d'Arnex: *Eomys major*, *Plesiosminthus promyarion*, *Gliravus* sp.;
- au Nant d'Avanchet: *Pseudotheridomys rolfoi*, *Rhodanomys* cf. *hugueneyae*, *Microdyromys praemurinus*, *Peridyromys* sp., *Eucricetodon collatus*, *Pseudocricetodon* cf. *thaleri*, *Plesiosminthus schaubi*, *Amphilagus* sp.
- dans le sondage Peissy-1: *Eomys* cf. *molassicus*, cf. *Allocricetodon incertus*, *Blainvillimys* sp.;
- dans le sondage Gex CD 02: Eomyidé de la taille de *Eomys ebnatensis*;
- dans le sondage Gex CD 04: *Archaeomys* cf. *intermedius*, *Eomys* cf. *zitteli*;
- dans le sondage F 6: *Eucricetodon collatus* (détermination douteuse);
- dans le sondage SPL 8/13: *Plesiosminthus promyarion*;
- dans le sondage L 112: *Allocricetodon incertus*;
- dans le sondage SPM 5: *Pseudocricetodon* cf. *thaleri* (figuré par Berger et al. 1987; pl. 1, Fig. 2), *Issiodoromys* sp. (figuré par Berger et al. 1987; pl. 1, Fig. 1);
- dans le sondage SPM 15, l'association composée de *Palaeosciurus* sp., *Eomys* sp., *Eomys ebnatensis*, *Eomys major*, *Pseudocricetodon* sp., *Allocricetodon* cf. *incertus* et *Eucricetodon* sp., appartient soit à l'extrême base des Marnes et Grès bariolés, soit aux Calcaires inférieurs non identifiés lithologiquement ici.

Les Grès et Marnes gris à gypse n'ont livré du matériel qu'à partir de l'étude d'affleurements naturels ou découverts par des ouvrages d'art:

- au Vengeron: *Plesiosminthus schaubi*, *Rhodanomys hugueneyae* ou *Rh.* aff. *hugueneyae*;
- dans la galerie d'Avanchet: *Glirudinus glirulus*, *Peridyromys* cf. *murinus*, *Eucricetodon* sp.;
- au portail d'Avanchet: *Eucricetodon longidens* (grande dent);
- à Choulex: *Paratalpa* sp., *Rhodanomys* cf. *transiens*, *Pseudotheridomys* cf. *schaubi*, *Pseudotheridomys rolfoi*, *Eucricetodon* sp., *Steneofiber* sp., *Amphilagus ulmensis*.

La Molasse grise de Lausanne (*«Aquitanien auct.»*) est fossilifère dans la région du Mont Sion, soit en affleurement (Nant Trouble avec *Dimyloides stehlini* ou *Pseudocordylodon rigassii*), soit dans les sondages suivants:

- SC 11: *Plesiosminthus myarion*;
- SC 12: *Pseudocricetodon* cf. *thaleri*, *Plesiosminthus myarion*, *Rhodanomys schlosseri*;
- SC 19: cf. *Peridyromys murinus*, *Peridyromys* sp., *Pseudotheridomys bernensis*, *Eomyodon* sp.;
- SC 20: *Glirudinus* sp.

Au portail sud du tunnel autoroutier, au point PK A41 9683 m, les lavages ont livré: *Eucricetodon* sp. et *Plesiosminthus* sp.

2. Charophytes

Très fréquentes dans les échantillons de la Molasse du bassin franco-genevois, les charophytes sont de bons marqueurs biostratigraphiques pour le

Paléogène. La zonation utilisée ici (Fig. 49) est celle de Riveline et al. (1996), modifiée par Berger (1999). Au niveau taxonomique, les charophytes de la Molasse ont d'abord été étudiées par Berger (1983, 1986); au cours des années 1990, en raison de la difficulté de séparer les «espèces», plusieurs taxons ont été réunis en «group-species» (Berger 1992, 1999). Ces groupes corrrespondent à des morphotypes généralement utilisables en stratigraphie, si bien que leur détermination est fort utile pour la présente étude.

Zone à Microcera:	FAD *Ch. microcera* à FAD *St. ungeri*	MP (24?)-25 et MP 26
Zone à Ungeri:	FAD *St. ungeri* à FAD *Ch. notata*	MP 27-28
Zone à Notata:	FAD *Ch. notata* à FAD *R. nitida*	MP 29-30
Zone à Nitida:	FAD *R. nitida* à LAD *R. nitida*	MN 1
Zone à Berdotensis:	LAD *R. nitida* à FAD *N. T. ginsburgi*	MN 2a-2b

FAD: «First Appearance Data» = le niveau le plus ancien où le taxon apparaît
LAD: «Last Appearance Data» = le niveau le plus récent où le taxon est encore présent

La biozonation des charophytes présentée ici se base sur l'étude de Berger (1999); elle peut se résumer comme suit (*voir tableau en haut de page*):

Reprenant le travail de Feist et al. (1994), qui proposaient d'introduire une zone à Lagenalis entre les zones à Microcera et Ungeri, Berger (1999) est parvenu à une autre conclusion:

- soit *H. lagenalis* apparaît durant la zone MP 26, et la zone à Lagenalis est alors justifiée (et correspond à MP 26),
- soit *H. lagenalis* apparaît dans la zone MP 27 et est donc contemporaine avec le FAD de *St. ungeri* qui indique le début de la zone du même nom. Dans ce cas, les deux zones sont identiques, ce qui invalide l'introduction de la zone à Lagenalis.

Dans l'état actuel des connaissances, il est impossible de trancher. Pour cette raison, nous n'utiliserons pas la zone à Lagenalis dans la présente étude.

2.1. «*Hornichara* groupe *lagenalis*».

Ce groupe réunit toutes les charophytes attribuées à *Hornichara lagenalis*, ainsi qu'à diverses formes affines caractérisées par leur taille, leur apex charoïde et leur colonne basale saillante (Pl. 5, Figs. 1-3).

Décrite par Straub (1952) dans l'OSM bavaroise sous le nom de *Chara lagenalis*, puis renommée *Tectochara conica* var. *lagenalis* par Maedler (1955), elle devient l'espèce-type du genre *Krassavinella* créé par Feist (1977), dont l'étude est basée sur du matériel en provenance de la Molasse de Suisse occidentale (voir aussi Kissling 1974). Enfin, l'espèce *lagenalis* est actuellement incluse dans le genre *Hornichara* (Huang 1978).

La diagnose de référence est celle de Feist (1977): la principale caractéristique de cette espèce est la région basale prolongée par une colonne saillante. Tailles de 400-525µ x 325-400µ.

Extension biostratigraphique: zones à Ungeri (et à Notata?).

Dans la Molasse suisse, cette espèce parait limitée à la zone à Ungeri, mais elle atteint peut-être la partie inférieure de la zone à Notata. Dans le bassin rhénan, elle est également connue dans l'Oligocène (Riveline 1985), alors qu'elle semble exister encore dans l'Aquitanien inférieur du bassin d'Aquitaine (Feist-Castel & Ringeade 1977).

2.2. *Chara* groupe *microcera-notata*

Les deux principales espèces de ce groupe, *Chara microcera* et *Ch. notata*, sont considérées comme marqueurs des zones à Microcera et à Notata dans la littérature (Riveline et al. 1996). Le groupe *microcera-notata* (Berger 1992, 1999) rassemble les *Chara* ornées de points qui, en l'absence de populations importantes ou de spécimens bien conservés, ne permettent pas toujours de distinguer *Chara microcera* Grambast & Paul de *Chara notata* Grambast & Paul. Appartiennent également à ce groupe:

- toutes les gyrogonites désignées comme *Chara microcera*,
- les *Chara* aff. *notata* selon Feist (1977), Berger (1983) et Fasel (1986),
- les *Chara* groupe *notata* selon Mojon et al. (1985).

Ces gyrogonites sont connues dans toutes les formations de l'USM.

Extension biostratigraphique: dès la zone à Microcera jusqu'au Miocène. Pour les raisons citées plus haut, notamment la difficulté d'identifier clairement *Ch. notata*, Feist et al. (1994) proposent de supprimer la zone à Notata. Nous suivrons ici Berger (1999) qui maintient cette zone.

2.3. *Stephanochara* groupe *ungeri*

Ce groupe réunit principalement deux taxons, *Stephanochara ungeri* Feist 1977 et *Stephanochara rochettiana* (Heer) Feist 1977. Ces deux espèces dont les types paraissent bien distincts sont pourtant parfaitement mélangées lorsque l'on prend en compte des populations importantes. D'autre part, l'histoire de leur taxonomie est extrêmement compliquée car ces formes ont bien souvent été déterminées de façon erronée en raison de l'incertitude qui plane encore sur les types originaux. Pour clarifier l'imbroglio taxinomique qui en résulte,

Berger (1992, 1998) a présenté une étude détaillée des anciennes collections, et notamment des originaux de Oswald Heer (1855) concernant le «*Chara escheri*» (= *Stephanochara ungeri* Feist) et le «*Chara*» *rochettiana*. Les deux espèces avaient déjà fait l'objet de nombreuses études, mais la riche collection provenant du gisement-type de Rochette, déposée au Musée cantonal de Géologie de Lausanne, n'avait jamais été prise en considération. Or, l'examen des charophytes de Rochette est d'une importance capitale pour la résolution du problème taxinomique posé par ces deux espèces: c'est en effet à partir de ce matériel (ou au moins d'une partie de celui-ci) que Oswald Heer les a décrites et figurées pour la première fois en 1855 dans sa *Flora Tertiaria Helvetiae I*.

C'est pourquoi nous utilisons ici le terme de Groupe *ungeri* pour toutes les formes identiques à la population de Rochette, c'est-à-dire *escheri* + *rochettiana*.

Les *Stephanochara* groupe *ungeri* sont connues dans toutes les formations de l'USM oligocène (Pl. 5, Figs. 15-17). Leur présence dans l'«Aquitanien» est toujours un peu douteuse, car elles y sont généralement remplacées par des *Stephanochara* du groupe *praeberdotensis*. A noter enfin que les espèces des genres fossiles *Stephanochara* et *Rhabdochara* sont généralement regroupées dans le genre actuel *Lychnothamnus*.

Extension biostratigraphique: Zones à Ungeri et Notata

2.4. *Nitellopsis (Tectochara)* groupe *meriani*

Regroupant les anciennes espèces *Nitellopsis (Tectochara) meriani, globula, huangi, helvetica* et d'autres formes affines, ce groupe a fait l'objet d'études détaillées (Berger 1992, 1997) dont nous reprenons quelques éléments ici.

Ce groupe illustre bien la problématique de la détermination des charophytes fossiles, à savoir les problèmes de convergences de forme et de variabilité intraspécifique. Le genre *Nitellopsis* n'est plus représenté actuellement que par une seule espèce, le *Nitellopsis obtusa*. Pour les formes fossiles, quatre sous-genres (*Nitellopsis, Tectochara, Campaniella, Microstomella*) et de nombreuses espèces ont été créés. Si l'on excepte certaines espèces bien typées par leur ornementation (*thaleri* ou *ginsburgi* par exemple) ou par leur taille (*major, latispira*), la majorité des taxons sont très difficiles à distinguer les uns des autres.

Il semble maintenant clair qu'il n'est pas utile de séparer les populations «mérianisantes» de l'Oligo-Miocène: toutes les formes se retrouvent mélangées, quelle que soit la position stratigraphique. En effet, bien qu'il paraisse très probable que nous soyons en présence de plusieurs espèces, il est impossible, à partir des seules gyrogonites, de distinguer entre variation spécifique et variation individuelle ou entre convergence de forme et caractères phénotypiques. C'est pourquoi, suivant Berger (1997), nous avons réuni toutes ces gyrogonites en un seul groupe, le groupe *meriani* (Pl. 5, Figs. 4-5).

Extension biostratigraphique: ce groupe oligo-miocène a été trouvé dans toutes les formations molassiques.

2.5. *Rhabdochara* groupe *stockmansi-major*, *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*, *Rhabdochara* gr. *langeri*

Les charophytes du genre *Rhabdochara* (genre ou sous-genre fossile actuellement représenté par le genre *Lychnothamnus*) sont connues dans l'Oligocène européen par plusieurs espèces à cellules concaves parfois ornementées. Ces espèces sont caractérisées par leur forme et leur taille (par exemple *Rh. major, Rh. stockmansi, Rh. cauliculosa*) ou leur ornementation (*Rh. praelangeri, Rh. langeri*). Suivant Berger (1992) et en raison de la présence de nombreuses formes de transition entre ces espèces, nous avons distingué les groupes ci-dessous:

- le groupe *stockmansi-major* (Pl. 5, Fig. 6) représenté par les formes attribuables à *Rhabdochara stockmansi, Rh. major, Rh. cauliculosa* et autres formes affines. Les petites formes concaves du genre *Rhabdochara*, généralement non-ornées, avaient été incluses dans le groupe «*praelangeri-major*» créé par Berger (1986). La poursuite de nos recherches a montré qu'il était utile de les séparer pour en faire un groupe à part entière (Berger 1992). Ces formes semblent être des intermédiaires entre *Rhabdochara major*, *Rhabdochara stockmansi* et *Rhabdochara cauliculosa*. De telles gyrogonites avaient d'ailleurs déjà été mises en évidence par Feist (1977), qui les avait précisément nommées «*Rhabdochara stockmansi-major*». Sont également rattachés à ce groupe le *Rh.* cf. *stockmansi* selon Berger et al. (1986) et le *Rhabdochara* sp. A selon Berger et al. (1987).

Extension biostratigraphique: zones à Major et à Microcera, disparaît dans la zone à Ungeri. Les formes de ce groupe ne se trouvent que dans les formations basales de l'USM comme les Marnes Bariolées Inférieures ou la Molasse Rouge de la Veveyse, où elles précèdent les *Rhabdochara* du groupe *praelangeri-major*.

- le groupe *praelangeri-major* (Pl. 5, Figs. 7-11), représenté par des formes de grande taille, non- ou faiblement ornementées. De nombreux échantillons contiennent des *Rhabdochara* très peu ou même non-ornées qui sont, de par leur taille, très proches de *Rhabdochara major* GRAMBAST & PAUL. Comme de grandes *Rhabdochara* très peu ornées existent aussi chez *Rhabdochara praelangeri* CASTEL (voir par exemple Castel 1967), nous les avons toutes réunies en un seul groupe. Par contre, nous ne suivons pas Berger (1986) et nous séparons de ce groupe les petites formes généralement non ornées, qui constituent le *Rhabdochara* groupe *stockmansi-major* décrit précédemment.

Extension biostratigraphique: zones à Microcera et Ungeri.

Remarque: dans les échantillons Gex CD 01 (230 m) et Thônex (1281 m) existe une population difficile à déterminer. Il s'agit de gyrogonites de taille moyenne (630-750 µ long / 525-600 µ large), avec un ISI (rapport L/l) variant de 1,12 à 1,28 et montrant 8 à 10 tours de 80-90 µ de haut. Ces charophytes présentent les affinités suivantes: la taille générale, la structure apicale, la forme et l'absence presque totale d'ornementation rapprochent ces gyrogonites de *Stephanochara praeberdotensis*, de l'Aquitanien moyen et supérieur (voir Berger 1983). Cependant, leur morphologie est plus allongée, et deux gyrogonites présentent clairement des signes d'ornementation de type «*Rhabdochara praelangeri*». La plaque basale, qui est creuse, vient confirmer cette hypothèse. Rappelons que les variations de taille sont très proches entre *St. praeberdotensis* et *Rh. praelangeri*.

Il s'agit donc probablement de *Rh. praelangeri* mal calcifiées (Chattien inférieur-supérieur). Pour cette raison, nous les avons attribuées avec doute au *Rhabdochara* gr. *praelangeri-major*.

- le groupe *langeri* (Pl. 5, Figs. 12-14), représenté par les formes régulièrement ornées. Ici sont réunies les *Rhabdochara* régulièrement ornées de bâtonnets, c'est-à-dire *Rh. praelangeri* FEIST (sauf celles qui sont peu ou non ornées et qui se trouvent dans le groupe *praelangeri-major*) et *Rh. langeri* (ETTINGSHAUSEN) MAEDLER. La distinction de ces deux espèces, essentiellement basée sur la forme, nous parait très aléatoire. Le groupe *langeri* avait été publié sous le nom de groupe *praelangeri* par Berger et al. (1987).

Extension biostratigraphique: ces gyrogonites bien ornées apparaissent dans la zone à Ungeri et disparaissent dans la zone à Nitida. Selon Riveline (1985), elles pourraient se poursuivre dans la zone à Berdotensis.

2.6. *Rantzieniella nitida*

Cette magnifique forme (Pl. 6, Figs. 1-13), très reconnaissable et seule représentante de la famille des Raskyellaceae en terrain molassique, y a déjà été signalée par Feist *in* Kissling (1974). Nous avons eu la chance d'en identifier une très riche population de plusieurs milliers d'individus dans l'échantillon VA 220 du Nant d'Avanchet (Angelillo 1987). Aucun doute n'est possible quant à la détermination de cette espèce: en premier lieu on remarque les 5 cellules apicales séparées (caractère typique de la famille des Raskyellaceae) ainsi que les sutures finement ondulées sur la face interne.

L'espèce n'est connue que vers le sommet des Grès et Marnes gris à gypse, ainsi que dans les Obere Bunte Mergel.

Extension biostratigraphique: marqueur de la zone à Nitida, cette espèce parait avoir une durée de vie relativement courte. Sa rareté limite cependant quelque peu son intérêt biostratigraphique. Selon Berger (1999), la zone à Nitida est corrélée avec la zone à mammifères MN1.

2.7. *Sphaerochara* groupe *hirmeri*

Sous cette dénomination, on regroupe les *Sphaerochara* de l'Oligo-Miocène dont la diagnose recoupe celles de *Sph. hirmeri*, *Sph. granulifera*, *Sph. ulmensis* et *Sph. inconspicua*. Ces petites formes globuleuses (440-640 µ x 380-560 µ) ont été reconnues depuis bien longtemps, mais les descriptions et diagnoses qui en ont été données nécessitaient une révision à la lumière des méthodes taxinomiques modernes. Berger (1992) a examiné la majorité des types et originaux encore disponibles et déposés dans divers musées en Europe; nous en reprenons les conclusions ci-dessous:

- a) il n'y pas de différences morphologiques sensibles entre les populations-types de *hirmeri*, *granulifera* et *ulmensis*;
- b) ces trois populations présentent aussi des formes quasiment identiques à *inconspicua*;
- c) dans les populations-types de *inconspicua*, on identifie des formes identiques aux individus ovales et plano-convexes de *hirmeri* et *ulmensis*;
- d) dans la Molasse suisse, ces quatre «espèces» se trouvent ensemble dans les mêmes formations et ont les mêmes âges.

Il n'est pas exclu qu'il y ait bien plusieurs espèces de *Sphaerochara* dans l'Oligocène européen, mais il nous parait judicieux de les rassembler en un seul groupe, étant donné les quatre points que nous avons

énumérés plus haut. Le nom de *hirmeri* a été choisi pour le groupe en raison de la qualité de la collection-type et de la présence à la fois d'un holotype et d'une population paratypique mesurables, ce que n'offrent ni *granulifera*, ni *inconspicua*, ni *ulmensis*.

Extension biostratigraphique: ces formes sont connues dans toutes les formations de l'USM. Leur présence dans l'OSM et dans le Miocène post-Aquitanien en général doit encore être confirmée.

2.8. *Stephanochara* groupe *praeberdotensis*

Dès le début des années 1980, nous avons attiré l'attention sur l'existence, à partir du Miocène inférieur, de formes à cellules concaves appartenant certainement au genre *Stephanochara* et qui se rapprochent de *St. berdotensis* Feist ou de *St. oodea* Feist, tout en présentant un spectre de taille nettement inférieur. Nous avons d'abord attribué ces gyrogonites à *Stephanochara* nov. sp. (Berger *in* Mumenthaler et al. 1981). L'étude détaillée de ces formes a été publiée par Berger (1983) et nous avions alors distingué trois espèces, toutes nouvelles: *St. praeberdotensis* Berger, *St. rhabdocharoides* Berger et *St. pseudoodea* Berger. A cette même occasion, nous avons montré les différences et affinités existant entre ces trois espèces et les deux espèces de Feist (*oodea* et *berdotensis*). Par la suite, les découvertes de nouvelles populations ont complexifié quelque peu la question: nous avons régulièrement observé des formes intermédiaires, par exemple entre *praeberdotensis* et *rhabdocharoides*, ou entre *pseudoodea* et *praeberdotensis*, si bien que nous sommes peu à peu arrivés à remettre en question la validité de nos propres espèces. Il est tout à fait probable qu'il y ait plusieurs espèces de *Stephanochara* concaves dans le Miocène inférieur suisse, mais nous pensons aujourd'hui qu'il n'est pas possible de les différencier de façon fiable avec les seuls critères morphologiques que présentent les gyrogonites. C'est pourquoi, nous avons proposé la création d'un groupe *praeberdotensis*, rassemblant nos trois espèces ainsi que le *Stephanochara oodea* Feist (Berger 1986). Nous avons maintenu séparément le *Stephanochara berdotensis str. s.* qui, de par sa grande taille et ses caractères très marqués (nodules apicaux, sutures doubles), nous parait être bien différenciable.

Nous avions également attiré l'attention sur la difficulté de séparer les genres *Stephanochara* et *Rhabdochara* à partir du Miocène inférieur, difficulté bien illustrée par la dénomination de *Stephanochara rhabdocharoides* donnée à l'une des espèces (Berger 1983). Nos vues ont été confirmées par l'étude de Soulié-Märsche (1989) qui considère les genres *Rhabdochara* et *Stephanochara* comme de simples variétés plus ou moins bien calcifiées du genre actuel *Lychnothamnus*. On peut donc émettre l'hypothèse que les morphotypes *Rhabdochara* et *Stephanochara* ont représenté de véritables genres ancestraux à l'Oligocène, mais que leurs différences se sont peu à peu effacées (adaptations écologiques?, évolution parallèle?) au cours du Miocène et jusqu'à nos jours. Ceci expliquerait que certains caractères particuliers à chacun d'eux se retrouvent actuellement ensemble sur leur seul descendant vivant, *Lychnothamnus barbatus*.

Ces formes ne sont connues qu'à partir du sommet des Grès et Marnes gris à gypse et sont fréquentes à partir de l'«Aquitanien» *auct.* (Molasse Grise de Lausanne et Obere Bunte Mergel).

Extension biostratigraphique: zones à Nitida et à Berdotensis.

3. Otolithes de poissons

3.1. Matériel

Les otolithes ont été extraits des résidus de lavage de marnes provenant de sondages et de quelques échantillons de surface récoltés par Angelillo (1987). Les otolithes du sacculus (= sagittae) ont pu être déterminés au niveau de l'espèce, à l'exception d'une forme. Les otolithes de l'utriculus (= lapilli) ne présentent en général que peu de caractères distinctifs: les lapilli de grande taille (longueur d'environ 0,7 mm) peuvent être attribués en partie à la famille des Cyprinidae, alors qu'une détermination n'est pas possible pour les lapilli plus petits.

3.2. Taxonomie

On dénombre sept taxa appartenant à cinq familles (Tabl. 1 et pl. 4).

Cyprinidae: les formes de lapilli distinguées correspondent à deux taxa de Cyprinidés. La détermination de *Tarsichthys* est fondée sur sa ressemblance avec *Tarsichthys moeddeni* (Schulz-Mirbach & Reichenbacher 2006, décrite comme *Palaeotinca*). La présence de *Tarsichthys* dans le bassin molassique franco-genevois fait suite à la découverte de dents pharyngiennes dans d'autres localités de la Molasse d'eau douce inférieure (Gaudant et al. 2002).

Umbridae: les otolithes de *Palaeoesox oligocenicus* sont semblables aux formes de cette espèce décrites dans le S de la France (Reichenbacher & Philippe 1997, Fig. 4A-E). L'otolithe nommé «genre Umbridarum sp.» montre une extrémité antérieure brisée et il est de plus corrodé, ce qui empêche une détermination plus précise.

Osmeridae: *Enoplophthalmus* sp. n'est pas attribuable à l'une des espèces décrites jusqu'ici (Reichenbacher 2000; Martini & Reichenbacher 2007). Si on considère la position géographique des gisements, il pourrait s'agir de *E. schlumbergeri* Sauvage 1880 trouvé à Céreste (S de la France). Mais cette espèce n'est identifiée jusqu'ici que par son squelette, si bien que ses otolithes demeurent inconnus.

Cyprinodontidae: les otolithes de *Palaeolebias symmetricus* correspondent à ceux qui furent déterminés en France méridionale (Reichenbacher & Philippe 1997, Fig. 7A-H).

Eleotridae: on connait dans la molasse oligocène deux espèces d'otolithes d'Eléotridés: Eleotridarum *martinii* est connu vers la limite Rupélien-Chattien et Eleotridarum *sectus* s'étend de l'Oligocène supérieur jusqu'au Miocène inférieur (Reichenbacher & Uhlig 2002: Taf. 1, Fig. 7-8; Reichenbacher & Weidmann 1992: Taf. 8, Fig. 12-16). Les otolithes du bassin molassique franco-genevois appartiennent à Eleotridarum *martinii*.

3.3. Paléoécologie

Des otolithes particulièrement bien conservés, provenant de formes juvéniles et adultes de la même espèce, coexistent dans quelques échantillons, si bien que l'on peut estimer que la faune d'otolithes est autochtone.

Les otolithes isolés dans le sondage Gex CD 01 (entre 226 et 266 m) appartiennent à des Umbridés et des Cyprinidés qui sont des poissons d'eau douce typiques. Dans les sondages L 133 (entre 60 et 85 m) et SPL 8/7 (à 79,7 m), ces espèces diminuent au profit de Cyprinodontidés euryhalins (*Palaeolebias symmetricus*). Cependant, il ne s'agit pas là d'une indication déterminante en faveur d'un milieu de vie en eau saumâtre, aussi faut-il considérer qu'on a ici aussi un faciès d'eau douce.

Bien au contraire, dans les sondages Gex CD 04 (175,7-176,1 m), Gex CD 07 (175,4-175,6 m) et L 135 (27,5 m), c'est le Genre Eleotridarum *martinii* qui est présent, une espèce jusqu'ici trouvée uniquement dans des faciès saumâtres pliohalins (Reichenbacher & Uhlig 2002). Dans le Rupélien supérieur des «Marnes à Cyrènes» du fossé rhénan méridional, Pirkenseer (2007) mentionne la présence du Genre Eleotridarum cf. *martinii*, ici aussi dans un faciès saumâtre. Une espèce d'*Enoplophthalmus* dans le même échantillon de Gex CD 07 est une autre indication d'un milieu saumâtre, car la plupart des espèces fossiles d'*Enoplophthalmus* vivaient en eau saumâtre (Gaudant & Reichenbacher 1998). Il est étonnant de constater dans les deux sondages Gex CD 04 et CD 07, et aux mêmes profondeurs, la présence de cette espèce qui pourrait indiquer une brève incursion marine ou saumâtre très localisée. Toutefois, ces deux sondages sont éloignés l'un de l'autre de plus de 10 km et leur cote d'implantation diffère de 54 m; on ne peut donc pas démontrer une éventuelle corrélation stratigraphique entre ces deux niveaux saumâtres, encore moins avec le niveau de 27,5 m du sondage L 135.

3.4. Biostratigraphie

La présence de *Palaeolebias symmetricus* dans les sondages L 133 (85,3 m) et SPL 8/7 (79,7 m) place ces niveaux dans la zone OT-O2 (Reichenbacher 1999).

Dans le sondage Gex CD 01 (226 et 266 m), les couches avec *Palaeoesox oligocenicus* (mais sans *Palaeolebias symmetricus*) sont corrélables avec le niveau stratigraphique de la zone OT-O3. Un âge un peu plus ancien (OT-O2) n'est cependant pas exclu, car l'absence apparente de *P. symmetricus* peut aussi être due au petit nombre des otolithes isolés. La zone OT-O4 ou une zone plus récente ne saurait être envisagée, car *Palaeoesox oligocenicus* n'y est plus représenté (Reichenbacher 1999).

Du point de vue biostratigraphique, les niveaux à otolithes des sondages examinés se situent dans un intervalle allant de la limite Rupélien-Chattien jusque dans le Chattien inférieur, ce qui correspond à peu près aux zones de mammifères MP 24-25 (Fig. 49). L'extension stratigraphique du Genre Eleotridarum *martinii*,

Tableau 1. Tableau récapitulatif des poissons découverts dans le bassin molassique franco-genevois (sondages Gex CD 01, CD 04, CD 07, SPL 8/7, L 133, L 135).

Famille	Espèces	Nombre	Planche 4
Cyprinidae	*Tarsichthys* sp.	1	Fig. 11
	Genus Cyprinidarum sp.	3	Fig. 10
Umbridae	*Palaeoesox oligocenicus* Reichenbacher & Philippe 1997	5	Fig. 3, 6, 8-9
	Genus Umbridarum sp.	1	-
Osmeridae	*Enoplophthalmus* sp./cf. *schlumbergeri* Sauvage 1880	1+1 sp.	Fig. 7
Cyprinodontidae	*Palaeolebias symmetricus* (Weiler 1963)	4	Fig. 4-5
Eleotridae	Genus Eleotridarum *martinii* Reichenbacher & Uhlig 2002	4+1 cf.	Fig. 1-2

telle qu'elle est reconnue jusqu'ici, correspond aussi à cet intervalle de temps (Reichenbacher & Uhlig 2002). Toutefois, il faut souligner que le découpage biostratigraphique des otolithes ne correspond pas toujours à celui basé sur les mammifères et sur les charophytes; en effet, dans le bassin franco-genevois, les datations basées sur ces deux groupes montrent que la sédimentation molassique a débuté dans les zones MP 27-28 (= Chattien «moyen»).

3.5. Paléozoogéographie

L'assemblage des poissons déterminés dans la Molasse du bassin franco-genevois montre des relations avec le S de la France (bassin d'Apt, Céreste), avec le bassin molassique de l'Allemagne méridionale et avec le S du fossé rhénan (Tabl. 2).

Le contour des otolithes des *Palaeoesox oligocenicus* genevois diffère quelque peu de celui de la forme connue en Allemagne méridionale (comparer avec Reichenbacher & Schwarz 1997, Figs. 42-44), ce qui indique qu'il s'agit de deux populations temporairement isolées, d'une part dans la molasse allemande et d'autre part dans le secteur Suisse occidentale - France méridionale (Reichenbacher et al. 2007). Si l'attribution supposée des otolithes de *Enoplophthalmus* à l'espèce *E. schlumbergeri* se confirme, cela fortifie encore davantage l'hypothèse d'une étroite parenté faunistique entre le bassin molassique et le S de la France.

Il faut encore remarquer que l'on n'a pas trouvé d'espèces de *Dapalis*, normalement très fréquentes dans la Molasse oligocène, ce qui pourrait être dû à la relative pauvreté du matériel récolté.

4. Ostracodes

4. 1. Matériel

Les ostracodes provenant des sondages du bassin molassique franco-genevois sont généralement mal conservés. Les tests ont été compressés ou partiellement détruits durant la diagenèse et il ne subsiste bien souvent que des moules internes. Une détermination spécifique est dès lors impossible dans la majorité des cas.

4.2. Systématique

La systématique proposée ici est celle de Martens & Behen (1994).

Genre *Metacypris* Brady & Robertson 1870

Ce n'est que dans l'échantillon 23,5 m du sondage SPM 11, que nous avons trouvé des formes attribuables au genre *Metacypris*. Il s'agit probablement de deux espèces différentes, mais le matériel est trop rare et trop mal conservé pour une détermination spécifique sûre.

- *Metacypris* cf. *danubialis* Straub 1952 (Pl. 1, Figs. 1-2);
- *Metacypris* cf. *helvetica* Schäfer 2002 (Pl. 1, Fig. 3)

Genre *Hemicyprideis* Malz & Triebel 1970

- *Hemicyprideis rhenana* (Lienenklaus 1905) (Pl. 1, Figs. 4-7)

  * 1905 *Cytheridea muelleri* var. *rhenana* Lienenklaus, Ostrak. des Mainzer Tertiärbeckens, S. 39

  ? 1956 *Cytheridea genavensis* Oertli, Ostrak. aus der Molasse der Schweiz, S. 40-41, Taf. 3, Fig. 59-68

  ? 1985 *Hemicyprideis genavensis* - Carbonnel et al., Rev. Paléobiol., 4(2), p. 224, pl. III, Fig. 1-5

  L'espèce *H. genavensis* érigée par Oertli (1956) est probablement un synonyme de *Hemicyprideis rhenana* (Lienenklaus 1905).

- *Hemicyprideis dacica* (Héjjas 1894)

  *1894 *Cytheridea dacica* Héjjas, Mitt. Siebenbürg. Mus. Ver., 16, S. 108, Taf. 4, Fig. 10 a-c

  1978 *Hemicyprideis clivosa* Malz, Senck. leth., 59 (1/3), S. 73-75, Taf. 1, Figs. 3-14

  ? 1978 *Hemicyprideis krejcii* Malz, Senck. leth., 59 (1/3), S. 75-77, Taf. 2, Figs. 15-18; Taf. 3, Figs. 26-28

Abondamment décrite dans la littérature, *H. dacica* est une des espèces les plus répandues dans les milieux saumâtres de la Paratéthys, de l'Oligocène supérieur au Miocène supérieur (Bassiouni 1979, p. 59). Elle est connue en France (vallée du Rhône), dans le bassin molassique, le bassin de Vienne, ainsi qu'en Roumanie, Bulgarie et Turquie. Une augmentation graduelle de la taille, liée à une variation du contour des valves, a été observée dans divers environnements de dépôt. Ainsi, les formes provenant du Chattien moyen à supérieur de l'USM subalpine montrent un bord dorsal descendant obliquement vers l'arrière et qui conduit, sans point d'inflexion

Tableau 2. Distribution géographique des espèces d'otolithes du Rupélien supérieur-Chattien inférieur, hors du bassin molassique franco-genevois, d'après Reichenbacher & Philippe (1997), Reichenbacher & Schwarz (1997), Reichenbacher & Uhlig (2002), Pirkenseer (2007).

Espèces du bassin molassique franco-genevois	Sud de la France	Sud du Fossé rhénan	Molasse de l'Allemagne méridionale
Palaeoesox oligocenicus	X		X
Enoplophthalmus sp./cf. *schlumbergeri*	X		
Palaeolebias symmetricus	X	X	X
Genus Eleotridarum *martinii*		X	X

marqué, à un bord postérieur modérément raide et une terminaison postérieure basse en pointe (Müller 1985, p. 22).

Au Chattien terminal et à l'Aquitanien, on trouve des populations présentant des individus nettement plus grands. Leur bord dorsal est moins fortement incliné vers l'arrière; les femelles, plus particulièrement, présentent un angle cardinal postérieur marqué et le bord postérieur tombe de manière beaucoup plus raide. Le même type d'évolution a été observé par Bassiouni (1979, p. 58) sur des populations de *H. dacica* de l'Oligocène et du Miocène turc.

Dans le bassin de Mayence, Malz (1978) décrit *H. clivosa* et *H. krejcii* qui montrent la même tendance observée chez *H. dacica*. C'est ainsi que l'on passe des petites *clivosa* des «Untere Cerithienschichten» aux grandes *krejcii* essentiellement présentes dans les «Obere Cerithienschichten».

La comparaison des *H. dacica* de l'USM suisse avec les *H. clivosa* des «Untere Cerithienschichten» du bassin de Mayence ne laisse voir aucune différence morphologique qui justifierait la séparation taxonomique en deux espèces. *Hemicyprideis clivosa* Malz 1978 doit donc être considéré comme un synonyme junior de *H. dacica*. D'autre part, comme Müller (1985) a démontré que les grandes formes de *H. dacica* de l'USM étaient comparables aux *H. krejcii* du bassin de Mayence, on peut considérer que cette dernière espèce est elle aussi un synonyme de *H. dacica*. Les formes «*clivosa*» et «*krejcii*» décrites dans le bassin de Mayence peuvent être considérées comme des sous-espèces car l'augmentation graduelle de la taille est probablement à la base d'une tendance phylogénétique.

Genre *Cytheromorpha* Hirschmann 1909

- *Cytheromorpha* sp. (Pl. 1, Fig. 8)

Genre *Ilyocypris* Brady & Norman 1889

- *Ilyocypris essertinesensis* Carbonnel 1985 (Pl. 2, Figs. 4-5)
  * 1985 *Ilyocypris essertinesensis* Carbonnel et al., Rev. Paléobiol., 4(2), p. 224, pl. IV, Fig. 1, 4, 8
  2002 *Ilyocypris essertinesensis*, - Schäfer, Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg, 237, S. 204, Taf. 4, Fig. 30-33
- *Ilyocypris* cf. *weidmanni* Schäfer 2002

Genre *Candona* Baird 1845

- *Candona* sp.
- Genre *Pseudocandona* Kaufmann 1900
- *Pseudocandona* sp. (Pl. 2, Figs. 6-7)

Genre *Heterocypris* Claus 1893

- *Heterocypris* sp. (Pl. 3, Fig. 1)

Genre *Moenocypris* Triebel 1959

- *Moenocypris* cf. *ingelheimensis* Triebel (1959) (Pl. 3, Fig. 4)
  1985 *Moenocypris ingelheimensis* - Carbonnel et al., Rev. Paléobiol., 4(2), p. 226, pl. VI, Fig. 6-9
  L'exemplaire figuré est sous toute vraisemblance à attribuer au *M. ingelheimensis* décrit par Triebel (1959) dans les «Süßwasser-Schichten» du bassin de Mayence.

Genre *Strandesia* Stuhlmann 1888

- *Strandesia* sp. (Pl. 3, Fig. 3)

Genre *Herpetocypris* Brady & Norman 1889

- ?*Herpetocypris* sp.

Genre *Stenocypris* Sars 1889

- ?*Stenocypris* sp. (Pl. 3, Fig. 5)

Genre *Virgatocypris* Malz 1973

- *Virgatocypris* sp. (Pl. 3, Fig. 2)

Genre *Cypridopsis* Brady 1867

- *Cypridopsis* sp. (Pl. 2, Figs. 1-3)

4.3. Paléoécologie

Les genres d'ostracodes rencontrés dans la majorité des forages proviennent de paléoenvironnements lacustres. Par contre, dans les Grès et Marnes gris à gypse du forage de Thônex-1 et dans le sondage de la ciblerie du stand de Veyrier, les milieux de dépôt sont probablement saumâtres.

Dans le forage Thônex-1, la présence fréquente de *Hemicyprideis dacica* (Héjjas 1894) et *Hemicyprideis rhenana* (Lienenklaus 1905) témoigne de conditions probablement saumâtres. Selon Oertli (1956, où *H. rhenana* est décrite comme *H. genavensis*), ces deux espèces forment des populations très riches en individus qui s'excluent mutuellement. Ceci plaide pour une différence paléoécologique entre *H. dacica* et *H. rhenana*. Leur présence conjointe dans certains niveaux de Thônex-1 est probablement due à des retombées ou à la faible résolution de l'échantillonnage (6-10m!).

D'une manière générale, les riches populations d'*Hemicyprideis* sont de bons indicateurs d'un milieu oligo- à mésohalin. Selon Malz (1971), ces espèces présentent de fortes affinités écologiques avec les espèces fossiles et actuelles du genre *Cyprideis*. Ce dernier genre est cependant composé d'espèces euryhalines et les populations monospécifiques de l'actuel *Cyprideis torosa* (Jones 1850) sont connues des milieux tant saumâtres qu'hypersalins (Kruit 1955).

De même, Keen (1971) a démontré que l'espèce *Hemicyprideis montosa* (Jones & Sherborn 1889) de l'Oligocène inférieur était exclusivement euryhaline, avec une répartition essentiellement dans les

milieux saumâtres, mais qu'elle pouvait aussi coloniser des eaux presque lacustres ou hypersalines. C'est pourquoi, en se basant sur les ostracodes, on ne peut pas exclure que le sondage de Thônex-1 ne présente pas aussi des phases hypersalines. Pourtant la présence des ostracodes limniques *Ilyocypris* sp. et ?*Cypridopsis* sp. prouve qu'un milieu oligohalin à mésohalin est plus vraisemblable. La découverte de *Cytheromorpha* sp. à 276-282 m laisse aussi supposer des conditions saumâtres. Au-dessous de 339-345 m, la présence des rares *Hemicyprideis* n'est probablement due qu'à des retombées des cuttings.

X. DONNÉES DIVERSES

1. Hydrocarbures

Comme on l'a vu plus haut, les géologues de la Société Française d'Exploration British Petroleum (BP-France) ont repris l'évaluation des possibilités pétrolières du bassin molassique franco-genevois (Guillemin 1981, 1983) en se basant sur les travaux anciens, sur les données acquises dans les sondages et les galeries du CERN, enfin sur les sondages Gex CD 01 à 07. Un recensement régional très complet des sondages avec imprégnations d'hydrocarbures est par ailleurs présenté en annexe au rapport d'Olmari (1983).

Selon les rapports BP, les porosités des grès imprégnés sont en général bonnes (20-35%), alors que les perméabilités sont faibles et très variables. Les teneurs en huile sont également très variables (10-30%). La faible extension latérale des niveaux imprégnés est illustrée par les sondages Gex CD 01 et 07 séparés d'une distance inférieure à 100 m, sur un axe NW-SE: les zones imprégnées totalisent 5,6 m dans CD 07 contre 14,0 m dans CD 01. En effet, si les corrélations sont excellentes entre les deux sondages pour les horizons carbonatés lacustres, elles sont médiocres pour les horizons gréseux car les variations latérales de granulométrie, cimentation et épaisseur sont très importantes. Toutes ces constatations ont motivé l'abandon des travaux de recherche, car une exploitation d'hydrocarbures dans ce bassin se révèle trop hasardeuse dans les conditions actuelles.

Dans la Molasse, les hydrocarbures analysés sont des huiles en général légères, accompagnées d'un peu de gaz, alors qu'il s'agit d'huiles plus lourdes ou de bitume dans les fractures du substratum mésozoïque calcaire ou dans les Grès sidérolithiques. Les analyses de l'huile prélevée dans un puits du LEP, dans le sondage L 134 (38-40 m) et dans le tunnel du SPS indiquent selon Cornioley (1988, p. 51) que cette huile trouverait son origine dans des roches du type Kimméridgien d'Orbagnoux (Gorin et al. 1989): «milieu marin confiné, déposition anoxique, matrice fortement carbonatée». Selon Guillemin (1981, p. 12), c'est une «huile d'origine marine littorale avec fort apport continental».

De faibles venues de méthane ont été rencontrées lors du percement du tunnel du SPS (Hugot 1983, p. 40) et une brève, mais forte, éruption ponctuelle de gaz s'est produite dans le tunnel autoroutier du Mont Sion en cours de percement, à environ 300 m du portail nord (J. Dufresnois, comm. pers. 2007).

Si des imprégnations d'hydrocarbures ont été observées dans la moraine (sondage L 134 bis) et que l'on a constaté de fortes odeurs de HC dans des graviers sis sous la moraine wurmienne (sondage SLHC 46 à 18-19 m), il est cependant probable, selon Rigassi (1977a, p. 37), que les migrations des hydrocarbures sont en majorité «postérieures au Chattien inférieur [et] antérieures à l'Aquitanien».

2. Hydrogéologie

Du point de vue hydrogéologique, la Molasse du bassin franco-genevois est considérée comme un niveau imperméable et non aquifère. Les travaux souterrains du CERN (sondages, galeries et puits) n'y ont rencontré que de très rares venues d'eau dont les débits sont modestes. Selon Hugot (1983, p. 31) et Martinez (1986, p. 141-143), ces eaux sont fortement minéralisées, leur température est relativement élevée (14-17°) et leur teneur en tritium est très faible ou inférieure au seuil de détection, si bien qu'on peut en conclure qu'elles ont séjourné longuement sous terre et qu'il y a donc une quasi-absence de circulation dans la Molasse.

Il faut cependant noter deux exceptions: celle du sondage L 133 (71,4-76,8 m) et celle du sondage SPM 11 (44 m) qui ont tous deux rencontré, dans les Calcaires inférieurs, un niveau fracturé et karstifié de calcaire qui était aquifère et artésien, fournissant une eau basique de composition bicarbonatée sodique tout à fait inhabituelle dans le Pays de Gex (l'analyse complète de cette eau figure dans le rapport Dériaz & Hotellier 2271/31 du 23.02.1982). A l'aplomb du sondage L 133, une venue d'eau identique a été recoupée lors du percement de la galerie G1R.

3. Karst

Hugot (1983, p. 37) signale, dans les sondages SPM 1 à 98 m de profondeur et dans SPM 10, à 84 m, la