

Volume 60
Fascicules 2-3

Novembre 2007

Archives des Sciences

Édité par la
Société de Physique et
d'Histoire Naturelle de Genève
ISSN 1661-464 X



Fondée en 1790



Avec le soutien de



VILLE DE GENEVE DEPARTEMENT DE LA CULTURE

et l'Académie Suisse des Sciences Naturelles ASSN

sc | nat 

présence de matériel morainique d'origine alpine en remplissage de fissures karstiques dans les calcaires crétacés, alors que ces deux sondages n'ont pas de recouvrement molassique. Des observations identiques ont été faites dans la galerie du LEP passant sous le Jura (Fourneaux & Laporte 1990, p. 1271; Fourneaux et al. 1990). Ce karst colmaté par des matériaux alpins jusque vers 100 m de profondeur au moins suggère que son creusement date d'avant les grandes glaciations, alors que le niveau de base était beaucoup plus bas que l'actuel, peut-être lors de la crise messinienne; son colmatage remonte au plus tard à l'époque du dernier retrait glaciaire; voir aussi Martinez (1986, p. 51, 54 et 61), ainsi que Fourneaux et al. (1990).

Par contre, les sondages qui présentent un recouvrement molassique, par exemple SPM 5, montrent dans le Crétacé inférieur un karst à remplissage argilo-gréseux et pyriteux vert (= Albo-Aptien, ou éventuellement Sidérolithique), mais jamais un remplissage de matériaux alpins.

4. Pétrographie sédimentaire

Nos recherches surtout biostratigraphiques ne se sont pas particulièrement attachées à la pétrographie sédimentaire de la Molasse. Toutefois, nous citerons quelques données analytiques intéressantes tirées de rapports non publiés.

4.1. Pétrographie sédimentaire des Marnes et Grès bariolés

(d'après Odier 1996; en italiques figurent des valeurs tirées d'Olmari 1983)

Grès (roche totale)

■ quartz	40-70 %	(25-35%)
■ feldspaths	5-10 %	(15-25%)
■ chlorite-micas	5-20 %	(10-20%)
■ carbonates	5-45 %	(10-20%)
■ divers		(5%)

Problème! Vent de sable

4.2. Minéralogie des argiles des Grès et Marnes gris à gypse

(prélèvements dans la galerie de l'Aire, d'après Angelillo 1986, p. 18)

■ chlorite	10-25%
■ illite	20-40%
■ smectite	30-60%
■ kaolinite	très rare ou absente
■	très faible proportion de quartz et feldspath de < 2 μ

Les interstratifiés irréguliers illite-smectite et chlorite-smectite sont toujours présents, mais en faibles proportions.

4.3. Calcaires

Les logs des sondages et puits relèvent parfois la présence de niveaux de «calcaires» dans les Marnes et Grès bariolés, bien au-dessus des Calcaires Inférieurs. Mais, le plus souvent, il n'est pas précisé s'il s'agit de vrais calcaires lacustres, de calcrete ou d'accumulation de nodules carbonatés d'origine pédogénétique. Rappelons que d'excellentes analyses pétrographiques des calcaires de la Molasse d'eau douce inférieure sont dues à Kissling (1974), Reggiani (1989), Platt (1992).

4.4. Charbon

Les débris ligniteux n'ont pas été systématiquement relevés dans tous les sondages, si bien qu'une analyse statistique ne serait pas fiable. Notons toutefois qu'ils sont beaucoup plus fréquents dans les Calcaires inférieurs et dans les Grès et Marnes gris à gypse que dans les Marnes et Grès bariolés. Il en est de même des «niveaux charbonneux» ou des «feuilles de lignite» qui n'excèdent pas quelques cm d'épaisseur. On a toutefois signalé dans le sondage SPM 15 deux couches de 40 et 60 cm de «houille assez pure avec niveaux de marne houillère» à la base des Calcaires inférieurs, directement sur la Gompholite (rapport Dériaz & Hotellier 2271/56).

5. Minéraux lourds

Des analyses des minéraux lourds de la molasse oligocène du bassin franco-genevois ont déjà été présentées par Vernet (1964, sondage de Peissy-1), Wagner (1969, La Roulavaz), Maurer (1981, sondage L 112; 1983, sondage de Peissy-1) et Olmari (1983, sondages L 112 et Peissy-1). Nous avons demandé à U. Wefels (Krefeld) d'étudier des échantillons tirés des intervalles carottés des sondages Gex CD 01 (11 éch.), Gex CD 04 (10 éch.) et Gex CD 05 (4 éch.). D'un auteur à l'autre, on relève des différences importantes dans le mode de préparation des échantillons d'une part, dans les méthodes de comptage

Marnes (roche totale)

- 32-55 % (moy. 50 %) de minéraux argileux
- 20-24 % de quartz
- 9-27 % (moy. 20 %) de carbonates

Fraction argileuse des marnes

- 48-73 % d'illite
- 16-21 % de chlorite
- 10-34 % d'interstratifiés illite-smectite (50-70 % de smectite); la kaolinite n'a pas été mise en évidence
- 0-5% d'oxydes de Fe

des cartes géologiques plus anciennes et à diverses échelles, citées dans les bibliographies des notices explicatives des feuilles géologiques, comme par exemple la carte géologique d'une partie du chaînon du Salève (entre les vallées de l'Arve et des Usses) par Joukowsky & Favre (1913), qui ne bénéficiaient

que d'un fond topographique en hachures très imprécis. Enfin des documents de diffusion plus réduite, telles que les cartes de diplômes et de thèses du Département de géologie et de paléontologie de l'Université de Genève et les cartes géologiques et géotechniques du Canton de Genève, sont consulta-

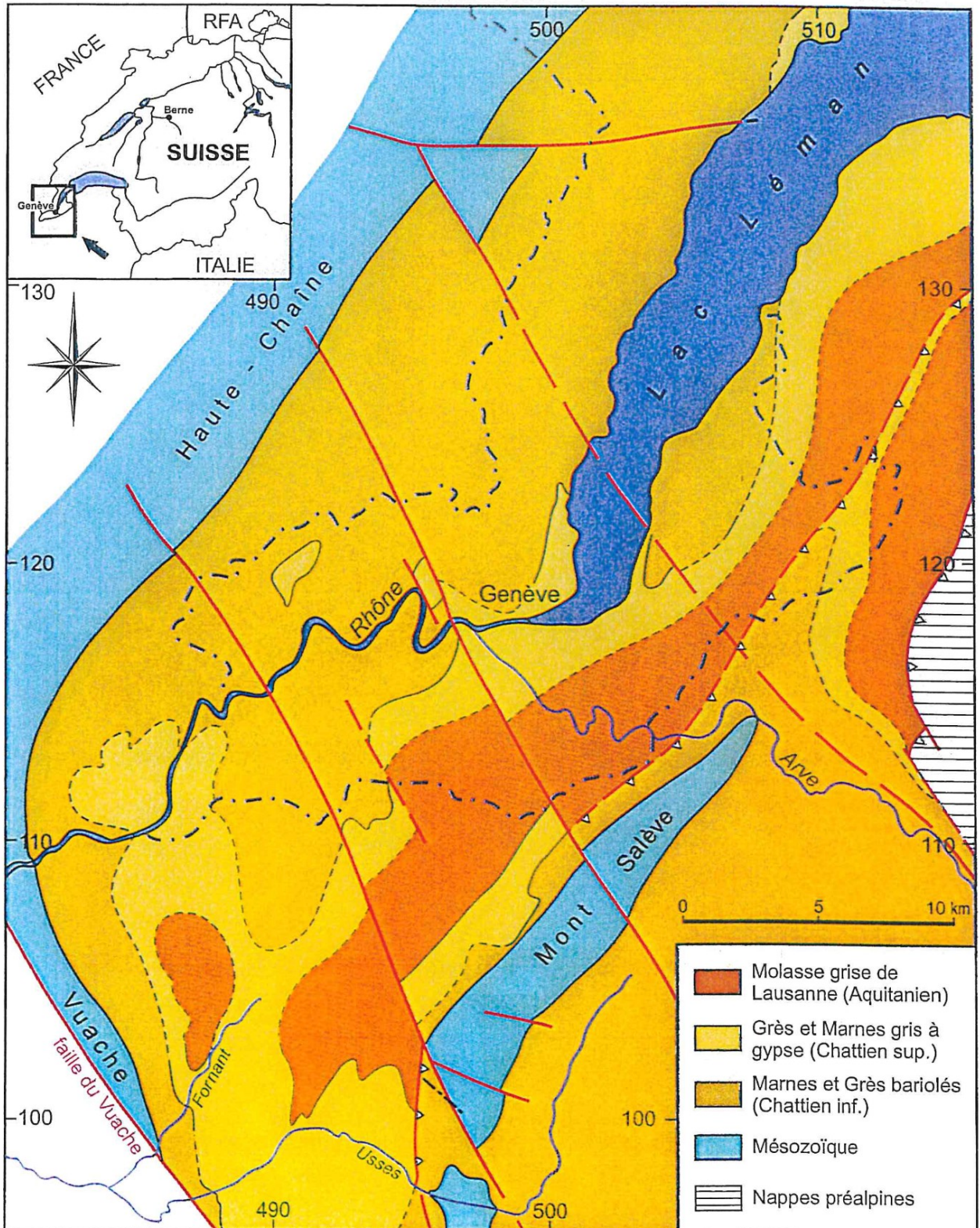


Fig. 1: Carte géologique schématique (sans Quaternaire) du bassin franco-genevois et des régions voisines, d'après Rigassi (1982).

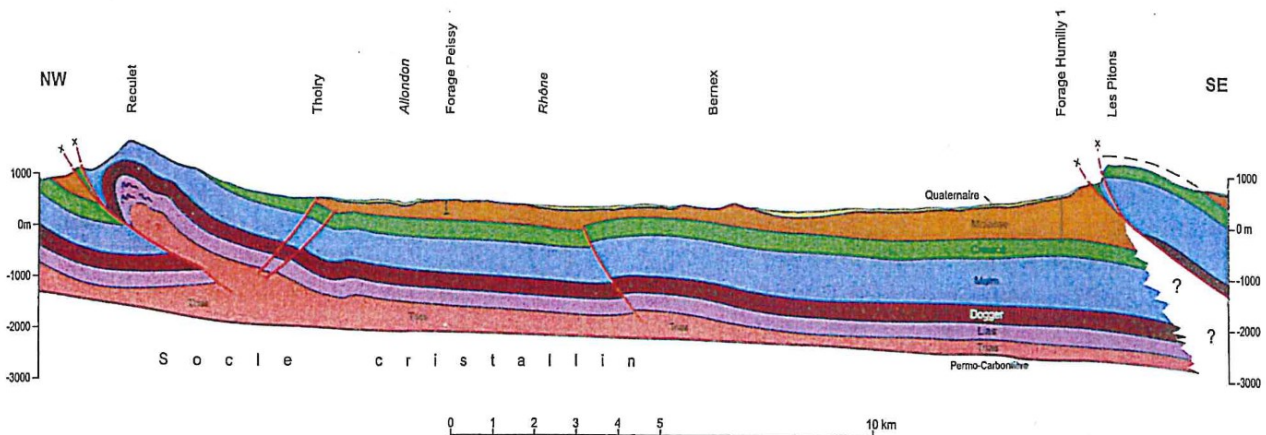


Fig. 5: Coupe schématique à travers le bassin franco-genevois d'après Amberger (1982), Sigmer & Gorin (1995), Morend (2000), Meyer (2000), modifié.

Mammifères: Burkart Engesser (Naturhistorisches Museum, Basel),

Poissons (otolithes): Bettina Reichenbacher (Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie, München),

Ostracodes: Peter Schäfer (Landesamt für Geologie und Bergbau, Rheinland-Pfalz, Mainz).

Coordonnées et toponymes

Les coordonnées sont calculées soit dans le système suisse, soit dans le système français (voir Annexe).

III. ÉTAT DES CONNAISSANCES

1. Formations tertiaires

Le Tertiaire du bassin genevois et savoyard est caractérisé par plusieurs formations dont l'épaisseur et parfois le faciès varient beaucoup (Fig. 5). Une succession virtuelle, jamais représentée dans sa totalité sur une même verticale, en affleurement comme en forage, comprendrait de bas en haut:

- le Sidérolithique éocène [S],
- la Molasse d'eau douce inférieure oligo-miocène, composée
 - de la Gompholite [G, Gomph.],
 - des Calcaires d'eau douce inférieurs (ou Calcaires de Grilly) [CI],
 - des Marnes et Grès bariolés (ou Molasse rouge de Genève) [MGB],
 - des Grès et Marnes gris à gypse (ou Molasse grise) [GMGG],
 - de la «Molasse aquitaniennne» ou Molasse grise de Lausanne [MGL].

Les formations plus jeunes (Molasse marine supérieure [OMM], Molasse d'eau douce supérieure [OSM]) n'existent plus dans le bassin franco-gene-

vois. Elles y ont pourtant été déposées avec une épaisseur d'environ 2000 m (Angelillo 1987, p. 93; Schegg & Moritz 1993; Schegg, *in* Jenny et al. 1995; Schegg & Leu 1996; Wildi & Pugin 1998, Fig. 2), mais elles ont été érodées ensuite, au cours du Miocène supérieur – Pliocène et du Quaternaire ancien, à la suite de changements climatiques (Cederbom et al. 2004; Schlunegger et al. 2007), de la crise messinienne (Willett et al. 2006), des soulèvements liés au plissement du Jura et aussi en raison de la très vigoureuse érosion qui caractérise les périodes glaciaires.

A ces formations autochtones, s'ajoutent sur la partie orientale du bassin, au front des Préalpes du Chablais (Fig. 1), des écaillés chevauchantes de Molasse sub-alpine composée essentiellement de Molasse marine inférieure, de Marnes et Grès bariolés et de «Molasse aquitaniennne».

1.1. Sidérolithique

D'une puissance de 0 à 40 m, le Sidérolithique est surtout représenté par des quartzarénites blancs ou jaunes, rougeâtres lorsqu'ils renferment des oxydes et hydroxydes de fer. Attribué au Bartonien - Priabonien, son âge est estimé par analogie avec celui du Sidérolithique du Jura vaudois (Hooker & Weidmann 2000, 2007). Des niveaux argileux verts ou rouges sont rares. Ces dépôts sont continentaux, issus du remaniement de sols tropicaux et de cuirasse latéritique. Ils reposent sur une importante surface d'érosion par karstification en milieu aérien ou colmatent un réseau karstique profond qui perfore toute la série crétacée et qui peut même atteindre les calcaires du Jurassique supérieur au Vuache et au Salève, par exemple.

Rappelons aussi l'existence de la croûte calcaire attribuée au Lutétien terminal, que Duclòz (1983) a décrite à Grilly et qui n'a jusqu'ici pas été identifiée dans d'autres affleurements ou dans des sondages.

1.2. Gompholite

La Gompholite, dénommée au Salève «Poudingue de Mornex», se trouve sporadiquement à la base de la Molasse d'eau douce inférieure: elle peut atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Il s'agit d'un conglomérat dont les éléments polygéniques d'ordre décimétrique à centimétrique, proviennent du démantèlement d'une partie de la série locale crétacée, éventuellement tertiaire (galets pédogénisés). Le ciment argilo-gréseux, souvent rouge et variable en importance, pourrait provenir tout au moins en partie, du remaniement des dépôts sidérolithiques.

Le paléoenvironnement et l'âge de la Gompholite en général, et du Poudingue de Mornex en particulier, restent encore discutés malgré la découverte de nombreux fossiles marins ou terrestres (Collet & Paréjas 1934; Paréjas 1938; Martini 1962; Hantke 1984): «une omoplate de pachyderme» à la carrière de Mornex (Favre 1843, p. 112; pièce aujourd'hui perdue), pinces de crustacés (*Callianassa* sp.), huîtres, cérithes, natices, moules internes d'hélicidés (*Cepaea rugulosa*), feuilles de palmier, de lauracées et gousses de légumineuses. Pour Paréjas (1938), le Poudingue de Mornex comprend des faciès marins et continentaux d'âge oligocène probable, tandis que Rigassi (1957) l'attribue plus précisément au Rupélien supérieur et Martini (1962) à l'Oligocène *l. s.* Dans la Gompholite des sources de l'Allondon, Martini (1962) avait trouvé plusieurs moules internes d'*Helix*, qui ne permettent pas de préciser son âge; toutefois, Rigassi (1980a) avait postulé un âge pléistocène, ce qui s'est révélé infondé.

Quant aux milieux de dépôt, ils sont généralement considérés comme étant surtout continentaux: torrentiel, éolien et/ou lacustre (Ducloz 1980, 1983). Rigassi (1957) estime que «les minces niveaux marins s'intercalant à Mornex, entre «Chattien» et Crétacé sidérolithifié, sont probablement un témoin extrême occidental de l'UMM (= Molasse marine inférieure)». Enfin, pour Ducloz (1980, p.176), le Poudingue de Mornex représente «une formation de pente, un éboulis remanié par du ruissellement en nappe, un glacis d'accumulation en quelque sorte».

1.3. Calcaires inférieurs

En 1922, Heim signala pour la première fois des calcaires d'eau douce à la base de la Molasse du bassin de Genève (sondage de Challex-2, Ain). Michel (1965) présente une coupe et un historique de cette unité lithologique dont les faciès surtout carbonatés, parfois bréchiques, sont dénommés «Calcaires de Grilly» par Rigassi (1957) ou «Calcaires d'eau douce inférieurs» par Kissling (1974) et par Angelillo (1987) ou enfin «Calcaires inférieurs» par Morend (2000). Les critères d'iden-

tification de leur limite supérieure demeurant très flous, ils n'ont pas un statut formationnel clairement défini. Parfois absents, ils peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur. Ils n'apparaissent qu'en certains points du bassin, à la base de la Molasse d'eau douce inférieure, soit sur les Gompholites, soit sur les Grès sidérolithiques, soit directement sur le substratum crétacé.

Attribués généralement au Chattien inférieur *l. s.*, ils sont en fait «strongly diachronic» (Rigassi 1996): selon leur position dans le bassin molassique, ils dateraient du Rupélien supérieur et du Chattien.

1.4. Marnes et Grès bariolés

La fréquente prédominance de la couleur lie-de-vin dans cette puissante série constituée essentiellement de marnes et de grès (de type «molasse», au sens pétrographique) a conduit à la dénommer classiquement «Molasse rouge», appellation toujours en vigueur dans le bassin savoyard du plateau des Bornes, où elle atteint plus d'un millier de mètres d'épaisseur. Par contre, ce terme remplacé dans le bassin genevois par celui de «Marnes bariolées» (Kissling 1974), a été supplanté ensuite par celui de «Marnes et Grès bariolés» proposé par Angelillo (1987). Ici, cette formation (MGB) qui oscille entre 250 et 955 m de puissance, renferme parfois vers la base des lits charbonneux d'ordre centimétrique. La lithologie, les structures sédimentaires, la faune et la flore correspondent à des dépôts de plaine d'inondation parcourue par un système fluvial méandrique.

De part et d'autre du Salève, la base de cette formation présente des associations de micromammifères plus jeunes dans le bassin genevois que dans le bassin savoyard, ce qui est en accord avec le sens de migration de la subsidence des bassins d'avant-pays. En effet, à l'E du chaînon du Salève, la base de la «Molasse rouge» du bassin savoyard (Plateau des Bornes) débute au sommet du Rupélien (MP 22-24), tandis que dans le bassin genevois, les Marnes et Grès bariolés commencent à se déposer au «Chattien» inférieur (MP 25-27); cette migration de subsidence se poursuit encore plus au NW, comme l'ont démontré récemment Charollais et al. (2006, p. 39-41).

1.5. Grès et Marnes gris à gypse

Cette formation définie par Kissling (1974) est absente (probablement érodée) dans le bassin savoyard du plateau des Bornes; elle est bien développée dans le bassin genevois, où elle atteint au moins 300 m dans le sondage de Thônex. Elle est caractérisée par une lithologie complexe: marnes grises, calcaires et grès déposés en milieux lacustre et palustre, dolomies et évaporites (gypse, anhydrite) d'origine continentale (playas), avec parfois de minces (< 5 cm) couches de charbon signalées surtout dans la région de Cologny

par Necker (1841, p. 394, 406) et par Favre (1879, t. I, p. 74). Le gypse est localement assez abondant pour avoir fait jadis l'objet d'une exploitation à Chouilly et à Bernex (Favre 1879, t. II, p. 120).

Les mammifères signalés dans les Grès et Marnes gris à gypse du bassin genevois, notamment par Angelillo (1987), à la base et au sommet de cette formation, permettent de la rattacher aux niveaux de Küttigen 1 (= MP 30, partie inférieure) et de Boudry 2 (= MN 1, partie inférieure).

Le membre des «Calcaires d'eau douce et dolomies», étudié notamment par Kissling (1974), souligne la base des Grès et Marnes gris à gypse dans le secteur vaudois du bassin molassique. La carte de Rigassi (1982) figure cette unité lithologique en quelques points isolés dans le bassin franco-genevois, une interprétation qui fut contestée par Angelillo (1987, p. 5).

1.6. Molasse grise de Lausanne ou «Aquitaniens auct.»

Inconnu dans le bassin savoyard du plateau des Bornes, «l'Aquitaniens» (ainsi dénommé jusqu'à présent dans le bassin franco-genevois en l'absence d'un nom de formation) est ici provisoirement attribué à la formation de la Molasse grise de Lausanne (MGL). Ruchat (*in* Charollais et al. 1998, Fig. 2, p. 32) a dessiné une carte géologique de la Molasse du bassin genevois. Malheureusement, les légendes de cette figure ont été inversées par l'éditeur: le symbole de «l'Aquitaniens» autochtone correspond à celui de l'Oligocène supérieur. Cette erreur a été corrigée par Morend (2000, Fig. 4.12).

La MGL n'apparaît que rarement et temporairement en puits ou en fouilles; son épaisseur ne dépasse pas 30 m dans le secteur de Cologny-Vandoeuvres. Un banc grés-micacé grossier gris verdâtre d'ordre métrique la sépare de la formation sous-jacente (C. Ruchat, communication orale, 1999). Il est surmonté par un complexe de grès et marnes bariolés, de calcaires marneux parfois silteux, dans lesquels s'intercalent des bancs gréseux avec délits crayeux argileux. Rigassi (1977a, p. 18) signale en outre que «l'Aquitaniens» existe dans un sondage à Perly et sa carte interprétative de 1982, reprise à notre Fig. 1, situe son extension supposée sous la couverture quaternaire dans le bassin franco-genevois. La Molasse grise de Lausanne forme d'autre part les reliefs qui limitent vers le SW le bassin franco-genevois, reliefs que traverse le tunnel autoroutier du Mont Sion.

1.7. «Burdigalien» de Loisin - Ballavais

Cet affleurement (512,4/127,0) n'appartient pas au Burdigalien comme le supposait Jayet (feuille Coppet 1/25000 et notice explicative, 1964, p. 11-12), mais il

s'agit d'une molasse d'eau douce oligocène, ce qui fut déjà pressenti par Lombard (1965, p. 32), dessiné par Vial et al. (1987) sur la feuille Douvaine 1/50000 et à nouveau confirmé par Charollais et al. (2006).

2. Substratum créacé

Dans le bassin franco-genevois, la formation créacée la plus ancienne sur laquelle reposent les terrains tertiaires, a été décrite par Ducloz (1980) aux sources de l'Allondon (Ain), au N du forage SPM 9 (Fig. 4): il s'agit de la formation de la Chambotte (Berriasien sommital - Valanginien basal). Les épaisseurs des différentes formations créacées rappelées ci-dessous, correspondent à celles qui ont été observées dans le bassin genevois et savoyard, soit à l'affleurement, soit en forages, et ne tiennent pas compte des érosions anté-tertiaires.

Les noms de certaines formations, qui n'ont pas encore été définies formellement ou qui sont utilisées dans un sens plus large que généralement admis dans la littérature, sont mis entre guillemets.

2.1. Formation de la Chambotte

Selon Steinhäuser & Lombard (1969), Deville (1990, 1991), Blanc (1996), Strasser & Hillgartner (1998), la Formation de la Chambotte comprend: le membre de la Chambotte inférieure (Berriasien sommital: zone à Otopeta basale), le membre du Guiers, dont la partie supérieure représente l'équivalent latéral des Marnes d'Arzier (Berriasien sommital [zone à Otopeta] - Valanginien inférieur [zone à Pertransiens basale]) et le membre de la Chambotte supérieure, équivalent latéral de la partie inférieure des Calcaires roux *auct.* (Valanginien inférieur: zone à Pertransiens). Les âges de ces unités lithologiques varient suivant les auteurs; les datations données ici correspondent à celles de Charollais et al. (2007).

Dans le bassin genevois et savoyard, le membre de la Chambotte inférieure est clairement caractérisé (Donzeau et al. 1997). D'une épaisseur de 16 à 19 m, il présente quelques différences lithologiques entre la Haute-Chaîne et le Salève. Dans ce chaînon, il est constitué par des calcaires blancs, biomicrites à biocalcarénites, parfois à «keystone vugs», caractéristiques de la zone inter- à supratidale (Salvini-Bonnard et al. 1984). Par contre, dans la Haute-Chaîne et plus précisément dans la partie septentrionale du Grand Crêt d'Eau, les auteurs signalent un niveau plus marneux intercalé entre deux barres de calcaires bioclastiques grossiers, localement oolithiques ou à pelloïdes, interprétés par Boeker (1994) comme des dépôts tidaux à subtidaux. La partie supérieure du membre du Guiers et le membre de la Chambotte supérieure apparaissent dans le chaînon du Salève, sous un faciès proche de celui des Calcaires roux classiques.

veau de Küttigen 1 (= MP 30, partie inférieure). L'échantillon VA 18 peut donc être attribué à l'Oligocène terminal, et très probablement être rattaché au niveau de Küttigen 1. Comme cet échantillon correspond au niveau VA 604 du sondage tout proche SCG 6481 (Fig. 18), qui traverse le sommet des Marnes et Grès bariolés et la partie inférieure des Grès et Marnes gris à gypse (Angelillo 1987), il est possible de bien situer VA 18, soit à une soixantaine de mètres au-dessus de la base des Grès et Marnes gris à gypse.

5.2. Portail Avanchet

L'échantillon VA 220 d'environ 500 kg, prélevé par Angelillo (1987, p. 80 et 131; Figs. 39 et 40) au sommet de la coupe du portail Avanchet du tunnel de l'autoroute (coord. suisses: 496,20/119,05; Fig. 2, tout proche de la lettre H), dans un paléosol palustre riche en débris charbonneux des Grès et Marnes gris à gypse, a fourni, en plus de fragments de mollusques et d'ostracodes,

- des fruits: *Cladocarya trebovensis*, *Brasenia* sp.;
- des charophytes: *Rantzieniella nitida* (Pl. 6, Figs 1-13), *Chara notata*, *Sphaerochara* sp.;
- des restes de reptiles: *Ophisaurus* sp., Scincomorphes ?;
- des dents pharyngiennes de poissons: *Tarsichthys* sp., *Rutilus* sp.;
- des otolithes de poissons (révision B. Reichenbacher): *Palaeolebias triangularis*, *Dapalis rhomboidalis*, *D. aff. rhomboidalis*, *Hemitrichas dentifer*, genus *Cyprinidarum* sp.;
- des mammifères: *Eucricetodon longidens*, *Rhodanomys* sp., *Melissiodon* sp., *Talpidae* indét., *Lagomorphe* indét.

L'association de charophytes reconnue dans ce gisement date de la zone à Nitida (= MP 30 [partie terminale] - MN 1). L'otolithe *Palaeolebias triangularis* est typique de la zone OT 06, ce qui correspondrait à MP 30. Les micromammifères plaident pour un âge Aquitainien basal. En effet, la présence de Lagomorphes situe l'échantillon VA 220 dans le niveau de Küttigen 1 ou au-dessus. De plus les deux dents d'*Eucricetodon longidens* sont nettement plus grandes que celles de l'*Eucricetodon* de Küttigen 1 et sont dans les dimensions de *E. longidens* de Boudry 2. Il est difficile de placer exactement l'échantillon VA 220 par rapport à la base des Grès et Marnes gris à gypse, mais il se situe vraisemblablement au moins une centaine de mètres au-dessus. En tenant compte des différentes faunes et flores déterminées dans cet échantillon, un âge situé entre les niveaux de Brochene Fluh 53 (= MP 30, partie supérieure) et de Boudry 2 (= MN 1, partie inférieure) paraît le plus probable.

5.3. Le Vengeron

Dans la région du Vengeron, où furent trouvés jadis des fragments de tortues (Favre 1879, t. II, p. 76), deux affleurements de Grès et Marnes gris à gypse, actuellement recouverts (Fig. 2, lettre B), ont fourni des dents de micromammifères. Le premier, situé dans le lit du ruisseau (coord. suisses: 500,57/122,37/385) et fouillé par D. Rigassi et G. de Beaumont, avait livré notamment *Plesiosminthus schaubi* (Pl. 8, Fig. 2) caractéristique du niveau de Küttigen 1. Le deuxième gisement a été découvert par les travaux de l'autoroute (coord. suisses: 500,70/122,10; Fig. 2, lettre C). Un dessin de cet affleurement fut publié par Lombard (1965, Fig. 1), tandis que le relevé plus précis du même affleurement par J.-M. Jaquet est resté inédit. D. Rigassi et G. de Beaumont y ont découvert *Rhodanomys hugueneyae* (coll. MHNG, n° V5197, Pl. 7, Fig. 6), ce qui correspond à la zone MP 30 (niveau de Küttigen 1 ou de Brochene Fluh 53).

5.4. Choulex

Une fouille creusée pour les fondations d'un bâtiment dans le village de Choulex (coord. suisses: 506,40/120,12; Fig. 2, lettre D) a mis à jour une coupe de 1 m dans les Grès et Marnes gris à gypse. L'échantillon VA 315-316 de 50 kg, prélevé par Angelillo (1987) dans un niveau palustre riche en débris charbonneux a permis d'extraire une association significative sur le plan biostratigraphique. Outre les fruits (*Cyperaceae*), les fragments de bois, les débris de mollusques, d'ostracodes, de poissons, de reptiles et d'amphibiens, l'échantillon a fourni des dents de mammifères (coll. NMB): *Paratalpa* sp., *Rhodanomys* cf. *transiens*, *Pseudotheridomys* cf. *schaubi*, *Pseudotheridomys rolfoi*, *Eucricetodon* sp., *Steneofiber* sp., *Amphilagus ulmensis*. Ce dernier indique l'Aquitainien inférieur (= zones MN 1 à MN 2a); un âge plus jeune n'est pas vraisemblable car *A. ulmensis* y possède un degré évolutif différent. De plus, la présence de *Rhodanomys* cf. *transiens* exclut la zone MN 2a. En conclusion, l'échantillon prélevé à Choulex date du niveau de Boudry 2 (= MN 1, partie inférieure), c'est-à-dire de la base de l'Aquitainien; voir Angelillo (1987, p. 109 et 133, Fig. 48), Engesser (1990, p. 138), Engesser & Mödden (1997, p. 490).

5.5. Cologny

Dans une fouille (Fig. 2, lettre F), près de Cologny (coord. suisses: 503,36/119,03), D. Rigassi avait levé en juillet 1981 une coupe d'une cinquantaine de mètres, publiée par Angelillo (1987, p. 110 et 134, Fig. 49). Les échantillons Cologny 3 et 4 (coll. J.-P. Berger), récoltés dans la partie inférieure de cette coupe, renferment des fruits de *Cladocarya* sp. et des charophytes (*Rhabdochara nitida*, *Rhabdo-*

présence de matériel morainique d'origine alpine en remplissage de fissures karstiques dans les calcaires crétacés, alors que ces deux sondages n'ont pas de recouvrement molassique. Des observations identiques ont été faites dans la galerie du LEP passant sous le Jura (Fourneaux & Laporte 1990, p. 1271; Fourneaux et al. 1990). Ce karst colmaté par des matériaux alpins jusque vers 100 m de profondeur au moins suggère que son creusement date d'avant les grandes glaciations, alors que le niveau de base était beaucoup plus bas que l'actuel, peut-être lors de la crise messinienne; son colmatage remonte au plus tard à l'époque du dernier retrait glaciaire; voir aussi Martinez (1986, p. 51, 54 et 61), ainsi que Fourneaux et al. (1990).

Par contre, les sondages qui présentent un recouvrement molassique, par exemple SPM 5, montrent dans le Crétacé inférieur un karst à remplissage argilo-gréseux et pyriteux vert (= Albo-Aptien, ou éventuellement Sidérolithique), mais jamais un remplissage de matériaux alpins.

4. Pétrographie sédimentaire

Nos recherches surtout biostratigraphiques ne se sont pas particulièrement attachées à la pétrographie sédimentaire de la Molasse. Toutefois, nous citerons quelques données analytiques intéressantes tirées de rapports non publiés.

4.1. Pétrographie sédimentaire des Marnes et Grès bariolés

(d'après Odier 1996; en italiques figurent des valeurs tirées d'Olmari 1983)

Grès (roche totale)

■ quartz	40-70 %	(25-35%)
■ feldspaths	5-10 %	(15-25%)
■ chlorite-micas	5-20 %	(10-20%)
■ carbonates	5-45 %	(10-20%)
■ divers		(5%)

Marnes (roche totale)

- 32-55 % (moy. 50 %) de minéraux argileux
- 20-24 % de quartz
- 9-27 % (moy. 20 %) de carbonates

Fraction argileuse des marnes

- 48-73 % d'illite
- 16-21 % de chlorite
- 10-34 % d'interstratifiés illite-smectite (50-70 % de smectite); la kaolinite n'a pas été mise en évidence
- 0-5% d'oxydes de Fe

4.2. Minéralogie des argiles des Grès et Marnes gris à gypse

(prélèvements dans la galerie de l'Aire, d'après Angelillo 1986, p. 18)

- chlorite 10-25%
- illite 20-40%
- smectite 30-60%
- kaolinite très rare ou absente
- très faible proportion de quartz et feldspath de < 2 μ

Les interstratifiés irréguliers illite-smectite et chlorite-smectite sont toujours présents, mais en faibles proportions.

4.3. Calcaires

Les logs des sondages et puits relèvent parfois la présence de niveaux de «calcaires» dans les Marnes et Grès bariolés, bien au-dessus des Calcaires Inférieurs. Mais, le plus souvent, il n'est pas précisé s'il s'agit de vrais calcaires lacustres, de calcrete ou d'accumulation de nodules carbonatés d'origine pédogénétique. Rappelons que d'excellentes analyses pétrographiques des calcaires de la Molasse d'eau douce inférieure sont dues à Kissling (1974), Reggiani (1989), Platt (1992).

4.4. Charbon

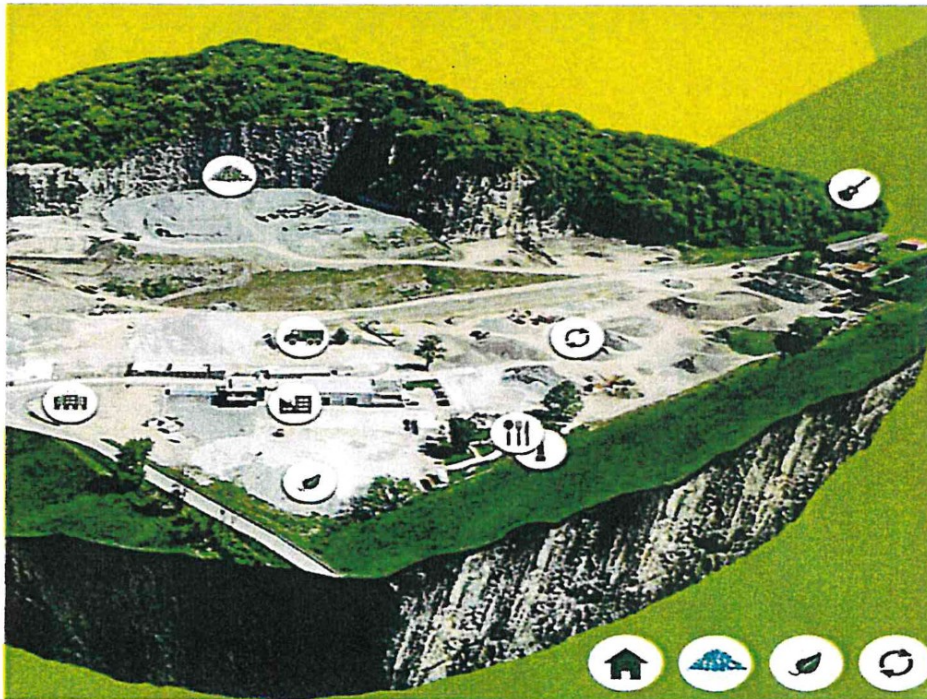
Les débris ligniteux n'ont pas été systématiquement relevés dans tous les sondages, si bien qu'une analyse statistique ne serait pas fiable. Notons toutefois qu'ils sont beaucoup plus fréquents dans les Calcaires inférieurs et dans les Grès et Marnes gris à gypse que dans les Marnes et Grès bariolés. Il en est de même des «niveaux charbonneux» ou des «feuilletés de lignite» qui n'excèdent pas quelques cm d'épaisseur. On a toutefois signalé dans le sondage SPM 15 deux couches de 40 et 60 cm de «houille assez pure avec niveaux de marne houillère» à la base des Calcaires inférieurs, directement sur la Gompholite (rapport Dériaz & Hotellier 2271/56).

5. Minéraux lourds

Des analyses des minéraux lourds de la molasse oligocène du bassin franco-genevois ont déjà été présentées par Vernet (1964, sondage de Peissy-1), Wagner (1969, La Roulavaz), Maurer (1981, sondage L 112; 1983, sondage de Peissy-1) et Olmari (1983, sondages L 112 et Peissy-1). Nous avons demandé à U. Wefels (Krefeld) d'étudier des échantillons tirés des intervalles carottés des sondages Gex CD 01 (11 éch.), Gex CD 04 (10 éch.) et Gex CD 05 (4 éch.). D'un auteur à l'autre, on relève des différences importantes dans le mode de préparation des échantillons d'une part, dans les méthodes de comptage



Fig. 5. L'exploitation des carrières du Salève est autorisée jusqu'à vers 2034, date à laquelle elles devront alors être entièrement «rendues à la nature».



WIKIPÉDIA

Silicose

La **silicose** est une maladie pulmonaire provoquée par l'inhalation de particules de poussières de **silice** (silice cristalline) dans les mines¹, les carrières¹, les percements de tunnel ou les chantiers du bâtiment et des travaux publics^{2,3} (sablage, grenailage⁴, cassage, meulage ou sciage de bétons⁵, mortiers⁵, taille ou découpe de pierres siliceuses, brique... sur des chantiers où « les niveaux d'exposition à la silice cristalline dans le secteur de la construction dépassent encore fréquemment les valeurs limites réglementaires »⁶), les usines de confection des "jeans"⁷, voire les moulins à farine.

D'autres métiers sont aussi exposés à cette maladie professionnelle irréversible, tels que les porcelainiers, les prothésistes dentaires. C'est la plus ancienne pneumopathie professionnelle décrite (XVI^e siècle). Le secteur de la démolition et de la réhabilitation des bâtiments ou infrastructures est également concerné. Certaines zones géographiques sont propices à des envols de poussières siliceuses (déserts, sols sableux labourés, aire d'envol d'hélicoptère ou d'élevage intensif sur de tels sols, etc.). Des techniques de génie végétal, culture sans labour et de stabilisation des sols peuvent souvent limiter ces risques.

Sommaire

Histoire

Épidémiologie

La maladie

Symptômes

Diagnostic

Traitement

Prévention

Physiopathologie

Confusions

Facteurs de risques

Recherche

Règlementation

Dans la culture

Références

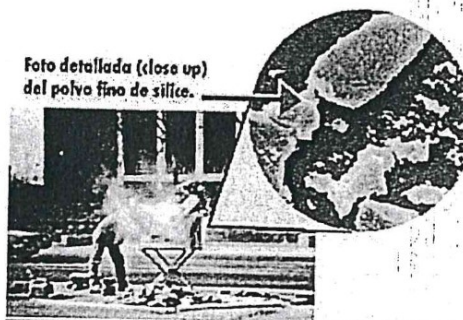
Voir aussi

Articles connexes

Liens externes

Bibliographie

Silicose



Silicosis

Spécialité

Pneumologie

CISP-2

R99

CIM-10

J62 (<http://apps.who.int/classifications/icd10/browse/2008/fr#/J62>)

CIM-9

502 (<http://www.icd9data.com/getICD9Code.aspx?icd9=502>)

DiseasesDB

12117 (<http://www.diseasesdatabase.com/ddb12117.htm>)

MedlinePlus

000134 (<https://www.nlm.nih.gov/medlineplus/ency/article/000134.htm>)

eMedicine

302027

eMedicine

med/2127 (<http://www.emedicine.com/med/topic2127.htm>)

MeSH

D012829 (https://www.nlm.nih.gov/cgi/mesh/2012/MB_cgi?field=uid&term=D012829)

Cause

Exposition à la poussière de silice (d)



Mise en garde médicale

La fibroscopie bronchique avec biopsie est rarement nécessaire.

Traitement

Le seul traitement curatif connu est la transplantation pulmonaire.

Aucun autre traitement n'a fait la preuve de son efficacité. Les corticoïdes peuvent améliorer les paramètres ventilatoires¹⁹ sans que l'on sache si cela modifie l'évolution de la maladie.

Dans tous les cas, le retrait à l'exposition à la silice est obligatoire et l'arrêt du tabagisme vivement conseillé. Comme chez tous les patients porteurs de maladies pulmonaires chroniques, une vaccination anti-pneumococcique et anti-grippale est conseillée.

Un traitement symptomatique à base de bronchodilatateurs, de mucolytiques ou d'oxygénothérapie peut être prescrit selon les cas.



Coupe de poumon atteint.

Prévention

De nombreux programmes de sensibilisation^{20,21,22} et prévention²³ sont mis en œuvre, avec un succès parfois mitigé; Ils consistent à trouver des matériaux moins "émissifs" de silice, mais d'abord à limiter l'exposition des poumons à la silice.

- La lutte contre l'empoussiérage par l'aération²⁴ (des mines par exemple) et/ou par l'aspiration à la source (aspirateur fixé sur l'outil), l'arrosage, la brumisation l'humidification des supports, permettent de diminuer le taux de poussières de silice cristalline dans l'air (jusqu'à 90 %), mais en restant souvent encore au-dessus des valeurs limites d'exposition retenues par la plupart des pays et organismes, tout en réduisant la performance des outils.
- La préfabrication en atelier peut diminuer certains risques ;
- la substitution de matériaux moins dangereux à la silice est parfois possible. Par exemple, le Ministère du Travail de l'Ontario a recommandé²⁵ de remplacer les meules en grès par des meules à base de corindon (oxyde d'aluminium), ou les briques réfractaires siliceuses par des briques en magnésite (carbonate de magnésium) ou corindon dans les fours ou fourneaux ;
- Des techniques protégées de grenailage (*in situ* ou *ex situ*) diminuent les risques d'exposition^{26,27,28,29,30} ;
- Le port d'un masque protecteur adapté est un autre moyen nécessaire de protéger le système respiratoire³¹ ;
- l'usage d'un aspirateur industriel plutôt que du balai sur les chantiers limite le réenvol.
- la filtration fine de l'air (voire le lavage de l'air « *recirculé* ») quand d'autres solutions sont impossibles en milieu fermé³², avec un entretien régulier des filtres³³.
- le respect des codes et guides de bonnes pratiques³⁴
- évaluation et amélioration des techniques de limitation de production (ex. : arrosage intégré pour marteau-piqueur³⁵) et réenvol de poussières siliceuses (et autres)³⁶



La mesure fine et le contrôle³⁷ de l'empoussiérement de l'air est nécessaire pour évaluer l'exposition des travailleurs^{38,39,40,41}, parfois délicate dans les grands chantiers où les sources ponctuelles et provisoires, mais intenses sont fréquentes.

Alors que de nouvelles questions sont posées par les nanomatériaux, l'Europe a (en 2006) encouragé les bonnes pratiques pour la santé au travail en matière d'utilisation de silice cristalline⁴². Le développement de registres du cancer et d'études épidémiologiques plus fines sur les causes de mortalité⁴³ ou surmortalité devraient aussi permettre d'améliorer la connaissance sur les facteurs de risques et d'éventuelles synergies avec le tabagisme, d'autres polluants ou particules (les ouvriers du bâtiment peuvent aussi par exemple être exposé à l'amiante ou à d'autres fibres minérales) ou des facteurs génétiques.

Les bonnes pratiques sont à diffuser dans la formation initiale et continue des acteurs à risque, dans le BTP notamment.

2. Forest, J. et C. Tremblay. «*Bilan de l'étude environnementale de l'exposition au quartz chez certains travailleurs du secteur BTP*». Direction de santé publique, Agence de la santé et des services sociaux de Montréal, Montréal, 2007
3. (en) Chisholm, J. «*Respirable Dust and Respirable Silica Concentrations from Construction Activities*». *Indoor and Built Environment*, vol. 8, n° 2, 1999, p. 94-106
4. Fournier, C. *Le décapage au jet d'abrasif*. Commission de la santé et de la sécurité du travail du Québec, DC 200-16191(96-09), Québec. 1996
5. (en) Linch, K. D. «*Respirable Concrete Dust - Silicosis Hazard in the Construction Industry*». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 17, n° 3, 2002, p. 209-221
6. [PDF] Charles Beaudry, Chantal Dion, Michel Gérin, Guy Perrault, Denis Bégin, Jérôme Lavoué *Exposition des travailleurs de la construction à la silice cristalline Bilan et analyse de la littérature* (<http://www.irsst.qc.ca/media/documents/PubIRSST/R-692.pdf>), IRSST, Études et recherches RAPPORT R-692 , 112 pages
7. Sablage des jean (<http://www.natura-sciences.com/environnement/sablage-jean-silicose.html>)
8. (en) Kauppinen T, Toikkanen J, Pedersen D *et al.* *Occupational exposure to carcinogens in the European Union* (<http://oem.bmj.com/content/57/1/10>), *Occup Environ Med*, 2000;57:10-18
9. (en) OMS, *Silicose* (<https://web.archive.org/web/20070510005843/http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs238/en/>), mai 2010
10. (en) Rosenman KD, Reilly MJ, Henneberger PK, *Estimating the total number of newly-recognized silicosis cases in the United States* (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ajim.10243/abstract>), *Am J Ind Med*, 2003;44:141-147
11. (en) Tjoe, Nij E., A. Burdorf, J. Parker, M. Atfield, C. Van Duivenbooden et D. Heederik. «*Radiographic abnormalities among construction workers exposed to quartz containing dust* » *Occupational and Environmental Medicine* vol. 60, n° 6, 2003, p. 410-417
12. (en) Buechner HA, Ansari A, *Acute silico-proteinosis: a new pathologic variant of acute silicosis in sandblasters, characterized by histologic features resembling alveolar proteinosis*, *Dis Chest*, 1969;55:274-278
13. (en) Tjoe, Nij E., D. Heederik. «*Risk assessment of silicosis and lung cancer among construction workers exposed to respirable quartz*». *Scandinavian Journal of Work Environment & Health*, vol. 31, n° Suppl 2, 2005, p. 49-56
14. (en) IARC. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans «*Silica, Some Silicates, Coal Dust and para-Aramid Fibrils* » International Agency for Research on Cancer, World Health Organization, Lyon. Vol. 68,1997
15. (en) Straif, K., L. Benbrahim-Tallaa, R. Baan, Y. Grosse, B. Secretan, F. El Ghissassi, V. Bouvard, N. Guha, C. Freeman, L. Galichet et V. Coglianò. «*A review of human carcinogens-Part C: metals, arsenic, dusts, and fibres*». *The Lancet Oncology*, vol. 10, n° 5, 2009, p. 453-454
16. (en) Hnizdo E, Murray J, Sluis-Cremer GK, Thomas RG, «*Correlation between radiological and pathological diagnosis of silicosis: an autopsy population based study* » *Am J Ind Med* 1993;24:427-445 PMID 8250062
17. (en) Sun J, Weng D, Jin C *et al.* *The value of high resolution computed tomography in the diagnostics of small opacities and complications of silicosis in mine machinery manufacturing workers, compared to radiography* (https://www.jstage.jst.go.jp/article/joh/50/5/50_L8015/_article), *J Occup Health*, 2008;50:400-405
18. (en) Rosenman KD, Reilly MJ, Gardiner J, *Results of spirometry among individuals in a silicosis registry* (<http://journals.lww.com/joem/pages/articleviewer.aspx?year=2010&issue=12000&article=00007&type=abstract>), *J Occup Environ Med*, 2010;52:1173-1178
19. (en) Sharma SK, Pande JN, Verma K «*Effect of prednisolone treatment in chronic silicosis* » *Am Rev Respir Dis*. 1991;143:814-821 PMID 2008993
20. (en) WorkSafeBC. *Silica dust—are you at risk?* Tool Box Meeting Guide TG07-41, Workers' Compensation Board of British Columbia, Richmond, BC. 2009
21. (en) WorkSafeBC. *Silica dust control during wall and ceiling grinding*. Tool Box Meeting Guide TG07-43, Workers' Compensation Board of British Columbia, Richmond, BC. 2009 51.
22. (en) OSHA - *Silica eTool* (<http://www.osha.gov/SLTC/etools/silica>). Occupational Safety and Health Administration/Department of Labor, Washington DC. 2009. Consulté le 14 janvier 2009.
23. (en) OSHA. *Silica, Crystalline - Possible Solutions* (<http://www.osha.gov/SLTC/silicacrystalline/solutions.html>). Occupational Safety and health Administration/Department of Labor, Washington DC, 2006. Page Web consultée le 2009-02-24.

44. (en) Skaggs, B. J., L. W. Ortiz, D. J. Burton, B. L. Isom et E. A. Vigil Evaluation of dust-related health hazards associated with air coring at G-Tunnel, Nevada Test Site., LA- 11594-MS, DE91 008161, Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM, 1991
45. (en) Chi Chiu Leung, Tak Sun Yu I, Chen W, *Silicosis* ([http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(12\)60235-9/abstract](http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(12)60235-9/abstract)), Lancet, 2012;379:2008-2018
46. (en) Harrison J, Chen JQ, Miller W *et al.* « Risk of silicosis in cohorts of Chinese tin and tungsten miners and pottery workers (II): workplace-specific silica particle surface composition » *Am J Ind Med.* 2005;48:10-15 PMID 15940714
47. ex : IRSST. *Guide d'échantillonnage des contaminants de l'air en milieu de travail*. Guide technique T-06, 8^e édition, Institut de recherche Robert-Sauvé en santé et en sécurité du travail, Montréal, 2005
48. Bagschik, U., M. Böckler, W. Chromy, D. Dahmann, S. Gabriel, H. Gese, K. Guldner, D. Fendler, K. Kolmsee, P. Kredel, J. Kraus, M. Mattenklott, A. Möller, J. Münch, G. Sonnenschein, O. Steinig, A. Tigler et R. Van Gelder. BGIA - *Report 8/2006e : Exposure to quartz at the workplace*. Berlin, German Social Accident Insurance (DGUV), 2008
49. Hornung, R., LD. Reed. «Estimation of average concentration in the presence of nondetectable values». *Applied Occupational and Environmental Hygiene*, vol. 5, n^o 1, 1990, p. 46-51
50. Mitani, H. et A. Abu-Tair (2009). *Partial Replacement of Silica Sand by Crushed Limestone*. In: *11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies*, Bath, Royaume-Uni, 6th - 9th September 2009, pp. 1-8. P. Walker; K. Ghavami; K. Paine; A. Heath; M. Lawrence and E. Fodde, Eds. University of Bath, Bath, Royaume-Uni
51. ex : DOE. *Innovate Technology Summary Report: Concrete Dust suppression system*. OE/EM-0411, US. Department of Energy, Office of Environmental Management, Office of Science and Technology, Washington DC. 1998
52. InVS Banque de données d'une matrice en cours de réalisation : matrice emplois expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre, Institut de veilles anitaire, Département santé travail, Saint-Maurice. 2008
53. InVS. *Éléments techniques sur l'exposition professionnelle aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre* (http://www.invs.sante.fr/publications/2010/matgene_poussieres_alveolaires_silice/index.html) - *Présentation d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre* ; Institut de veille sanitaire, Département santé travail, Saint-Maurice
54. Groupe de travail Matgéné. *Présentation d'une matrice emplois-expositions aux poussières alvéolaires de silice cristalline libre - Quelques applications à un échantillon de population en France* (http://www.invs.sante.fr/publications/2010/matgene_poussieres_alveolaires_silice/plaquette_matgene_poussieres_alveolaires_silice.pdf). Saint-Maurice (Fra) : Institut de veille sanitaire, février 2010, 6 p.
55. Gouvernement du Québec. Règlement sur la santé et la sécurité du travail. c.S-2.1, r.19.01, Éditeur officiel du Québec. 2008
56. Ministère d'État chargé des affaires sociales. Décret no 69-558 du 6 juin 1969 portant règlement d'administration publique en ce qui concerne les mesures particulières de protection des travailleurs applicables aux travaux de décapage, de dépolissage ou de dessablage au jet., Journal officiel de la République Française : 5805-5806, 1969

Voir aussi

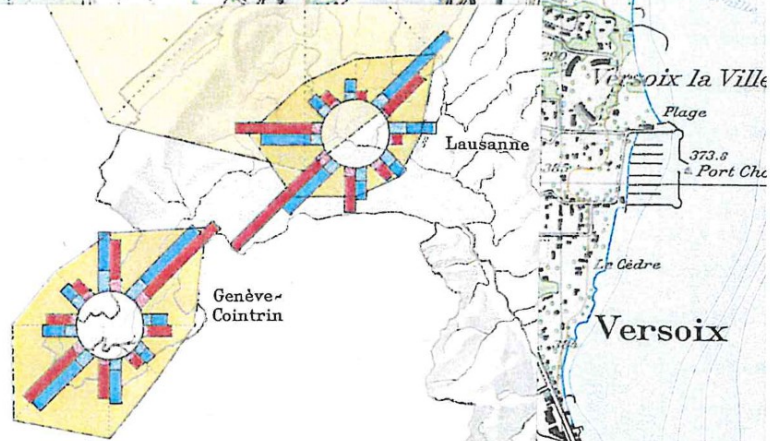
Articles connexes

- Silice (maladie professionnelle)
- Ernest Schaffner (1er spécialiste de la silicose).
- Maladie professionnelle
- Dioxyde de silicium
- Poussière
- Qualité de l'air
- Santé au travail

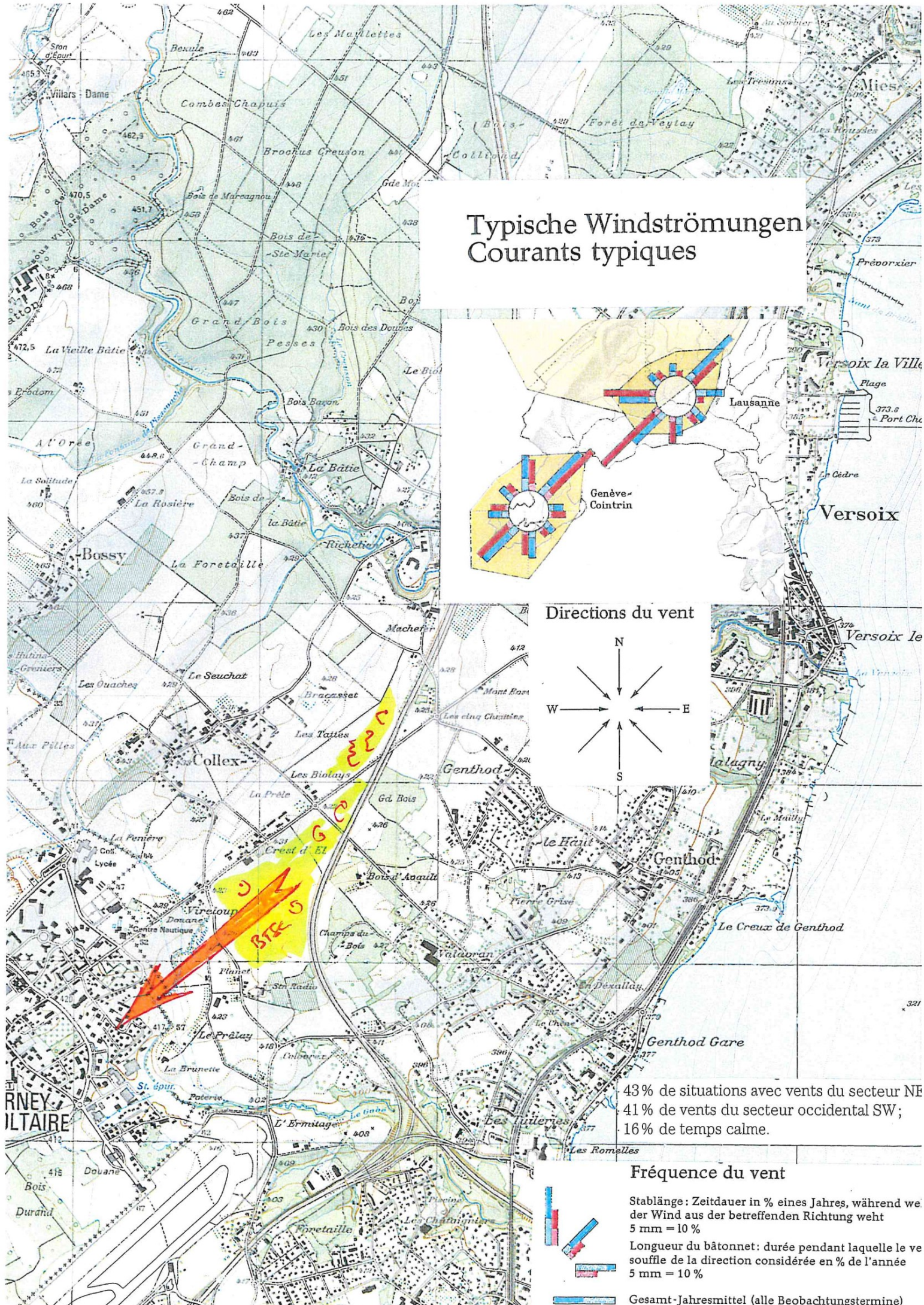
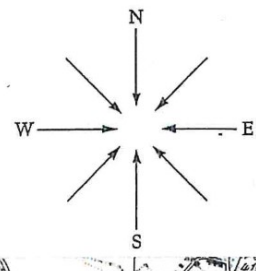
Liens externes

- CSST. http://www.csst.qc.ca/NR/rdonlyres/1EAC2CC7-97D9-47AB-B9F5-2B99BE878CA2/2534/DC_100_450_2.pdf *Connaissez-vous la silice cristalline ?*] Commission de la santé et de la sécurité du travail, Montréal. 2007. via Page Web (<http://www.csst.qc.ca/publications>)

Typische Windströmungen Courants typiques



Directions du vent



43% de situations avec vents du secteur NE
41% de vents du secteur occidental SW;
16% de temps calme.

Fréquence du vent

- Stablänge : Zeitdauer in % eines Jahres, während der Wind aus der betreffenden Richtung weht 5 mm = 10%
- Longueur du bâtonnet : durée pendant laquelle le vent souffle de la direction considérée en % de l'année 5 mm = 10%
- Gesamt-Jahresmittel (alle Beobachtungstermine)