Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 81 (1992)

Heft: 1

Artikel: Les invasions glaciaires dans la région lémanique : vision d'hier et d'aujourd'hui

Autor: Arn, Robert

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-279857

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: 01.07.2025

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

Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 81, 1992: 21-33. ISSN 0037-9603

Les invasions glaciaires dans la région lémanique. Vision d'hier et d'aujourd'hui

par

Robert ARN[1]

Summary.–ARN R., 1992. Glacial Invasion in the Region of Lake Geneva: past and present Concepts. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 81*: 21-33.
The first attempts of explaining the presence of erratic blocs called upon the effect of diluvial water currents. The theory involving large glaciers originating in the Alps was developed in french speaking Switzerland. After Agassiz had obtained acceptance for this idea in the United Kingdom, it was taken up by other distinguished members of the SVSN and R. Blanchet showed particular insight. According to him, the alluvial terrasses bording the affluents of lake Geneva attest the progressive retrieval of the Rhône glacier.

The recently discovered lacustrine sediments of lower Pleistocene age (Ecoteaux) represent the oldest evidence of the Quaternary era in the region. Traces of the Mindel glaciation have been recognized at Grandson as a moraine underlying interglacial lignites. The Riss deposits are represented by the «Dranses conglomerates» and the overlying moraine.

During early Wurm, the Rhône glacier has not extended over the limits of the lake Geneva depression. The first overflow occured at the beginning of middle Wurm when it extended up to Cossonay. It was followed by a further and more important advance dated at approximatly 34'000 years. The maximum advance occured at 25'000 years BP.

Deglaciation comprises at least two phases which are separated by a positive oscillation. During the first phase, the glaciers originating in the Jura and french Chablais wich were previously confined by the Rhône glacier, have temporarily progressed down to an elevation of 600 m.

Key-Words: Glacier, Pleistocene, Leman lake, Switzerland.

Résumé.–ARN R., 1992. Les invasions glaciaires dans la région lémanique. Vision d'hier et d'aujourd'hui. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 81*: 21-33.
Les premières thèses expliquant la présence des blocs erratiques font appel à des courants d'eau diluviens. C'est en Suisse romande qu'est née la théorie mettant en cause d'anciens grands glaciers issus des Alpes, et qu'elle a connu ses premiers développements importants. Après que Louis Agassiz eut fait triompher l'idée au Royaume-Uni, elle trouva, parmi d'autres éminents naturalistes sociétaires de la SVSN,

[1]*CSD Ingénieurs Conseils SA, Chemin de Maillefer 36, CH–1052 Le Mont-sur-Lausanne.*

CODEN: BSVAA6 *© Société Vaudoise des Sciences Naturelles - Droits de reproduction réservés*

un défenseur perspicace en Rodolphe Blanchet. Selon ce savant, les terrasses alluviales qui jalonnent le cours des affluents du Léman témoignent du retrait progressif du glacier du Rhône.

Les sédiments lacustres du Pléistocène inférieur récemment découverts à Ecoteaux/Oron (VD) constituent le plus ancien témoin de l'ère quaternaire dans la région lémanique. Les traces de la glaciation du Mindel ont été reconnues à Grandson, sous forme d'une moraine reposant sous des lignites interglaciaires. Les dépôts du Riss sont représentés notamment par le «Conglomérat des Dranses» et la moraine qui le recouvre.

Durant le Wurm ancien, le glacier du Rhône n'a pas dépassé les limites de la cuvette lémanique. Un premier débordement se produit au début du Wurm moyen jusqu'à Cossonay. Il est suivi d'une nouvelle poussée un peu plus importante datant de 34'000 ans. Ce n'est qu'après 25'000 ans BP que l'avancée maximale se produit.

La déglaciation comprend au moins deux phases séparées par une oscillation positive. Durant la première, les glaciers issus de la calotte jurassienne et du Chablais savoyard, jusqu'alors retenus par celui du Rhône, progressent temporairement et descendent jusqu'à 600 m d'altitude.

1. Etat des connaissances au milieu du XIXe siècle

La présence de blocs de rochers alpins à plusieurs dizaines de lieues de leur gisement d'origine, a intrigué les naturalistes dès les années 1770. Ce phénomène appelé «erratisme» trouva des explications scientifiques diverses dont la mention donnera au lecteur la mesure des connaissances de l'époque. Dolomieu (1750-1801) fit appel à l'existence d'un ancien plan incliné bordant le massif alpin, sur lequel les blocs auraient roulé pour atteindre le Jura. Le génial Darwin (1839) imagina un transport par des glaces flottant sur une nappe d'eau circum alpine. de Luc (1827, 1832) invoqua une explosion des Alpes projetant des blocs à de grandes distances.

Les hypothèses qui rencontrèrent le plus de suffrage parmi les géologues, influencés par la notion biblique du déluge, faisaient intervenir de grands courants d'eau[2]. La cause de ces courants divisait toutefois les savants. de Saussure (1779) les attribuait à un retrait subit de l'océan, dont on savait, grâce aux fossiles, qu'il était à l'origine de la construction d'une part importante des roches alpines. Escher de la Linth (1819) émit l'idée d'une vidange brusque de grands lacs alpins à la suite de la rupture d'un barrage rocheux formé par les chaînes extérieures. Enfin Elie de Beaumont (1829) voit la cause de ces courants dans une fonte soudaine des glaciers, engendrée par des dégagements gazeux chauds.

En 1837, Schimper suppose que le soulèvement alpin fut accompagné d'un englacement général. Le mouvement des failles produisit de nombreux débris rocheux qui glissèrent sur la surface inclinée jusqu'à ses bords ou jusqu'à la prochaine crevasse. L'idée selon laquelle le transport des blocs et débris erratiques est dû au flux d'anciens glaciers de plus grande extension que les actuels avait toutefois été émise plus de 20 ans auparavant. Un Bagnard à

[2]Depuis Buckland (1822) les géologues et naturalistes du XIXe siècle distinguaient principalement parmi les terrains meubles du Quaternaire le diluvium et l'alluvium. Le premier terme se rapportait aux sédiments situés hors des plaines alluviales actuelles dont le dépôt était attribué au déluge. Le second regroupait les dépôts fluviatiles récents.

l'esprit vif et excellent observateur, du nom de Perraudin, l'avait confiée en 1815[3] à Jean de Charpentier, directeur des mines et salines de Bex, qui faisait étape chez lui lors d'une excursion en montagne et qui ne la prit d'abord pas en considération. En 1818, le même Perraudin s'en ouvrit à Ignace VENETZ, ingénieur de l'Etat du Valais, qui tentait alors de prévenir une catastrophe au Mauvoisin. Il y trouva un auditeur attentif qui élabora et étendit cette théorie tout d'abord à son canton, puis à la Suisse (mémoire rédigé en 1821 et publié en 1833). Elle fut présentée pour la première fois en 1829, lors d'une assemblée générale de la Société Helvétique des Sciences Naturelles à l'Hospice du Grand St-Bernard et ne recueillit qu'une désapprobation unanime. Cinq ans plus tard, DE CHARPENTIER (1835), après avoir vérifié les faits sur le terrain, l'adopta à son tour et l'exposa à la même société réunie à Lucerne. Cette communication eut cette fois quelques échos. Le professeur neuchâtelois Louis Agassiz séjourna quelques temps à Bex chez de Charpentier, pour se convaincre du bien-fondé des nouvelles thèses. Il leur donna une brillante caution dans un discours prononcé à l'ouverture des séances de la SHSN réunie à Neuchâtel en 1837. Après avoir entrepris d'importantes études sur les bassins du Rhône et de l'Aar et sur les terrains erratiques écossais, AGASSIZ publia en 1840 à Edimbourg, un ouvrage écrit en anglais qui expose le mécanisme du mouvement des glaciers et fit enfin triompher l'idée sur le plan international.

DE CHARPENTIER n'avait pas connaissance de ce travail quand il rédigea son «Essai sur les glaciers» (1841). Cet ouvrage, remarquable de rigueur, s'attache à réfuter les précédentes hypothèses et fournit une première carte de l'extension maximale du glacier du Rhône.

L'existence d'anciens glaciers sur le versant suisse du Jura est signalée en 1843 par des communications de LARDY, GUYOT et VENETZ. Ce dernier auteur postule déjà que leur plus grande extension s'est produite lorsque que le glacier du Rhône, qui gênait leur développement, a commencé à se retirer[4].

2. CONTRIBUTION DE RODOLPHE BLANCHET (1807-1864)

Le premier bulletin de la SVSN a été composé et édité très peu de temps après les travaux d'Agassiz, en une période où la controverse battait son plein. On y trouve une communication de Rodolphe BLANCHET du 28 février 1844 qui, à l'instar de nombreux naturalistes romands, avait adopté l'idée de Venetz. R. Blanchet avait fait des études de pharmacie, c'était un esprit curieux qui s'est intéressé à de très nombreux domaines des sciences naturelles, de l'agronomie, de la numismatique. Il fut conservateur du Musée cantonal de Botanique et du Cabinet des monnaies et eut longtemps la charge de vice-président du Conseil de l'Instruction publique (RAMBERT 1893, PILET 1991). La contribution de Blanchet à la connaissance de la géologie vaudoise est importante. Après avoir parcouru l'ensemble de la région lémanique et du

[3]En 1802, PLAYFAIR évoquait la même explication pour les blocs erratiques écossais, sans toutefois la développer.

[4]SCHARDT (1898) nommera plus tard ce phénomène «*Phase de récurrence des glaciers jurassiens*», en lui attribuant par ailleurs une extension exagérée.

Chablais vaudois, il livre une série de réflexions sur l'agencement et les types de dépôts glaciaires dont certaines restent valables aujourd'hui.

Son schéma admettait une première grande époque (correspondant à la période diluvienne) au cours de laquelle le glacier du Rhône envahit l'ensemble du pays de Vaud et de Genève, selon les limites dessinées par de Charpentier. Les moraines non stratifiées et les roches polies et striées, toutes disposées en altitude, relèvent selon lui de cette période.

Durant la seconde époque dite alluvienne, le glacier aurait longuement stationné dans la cuvette lémanique non sans varier de hauteur. C'est à ces oscillations que Blanchet attribue l'ensemble des dépôts à caractère alluvial (graviers et sables stratifiés) que l'on peut observer à la périphérie du Léman. Fort justement, il remarque que les plus récents de ces dépôts forment des terrasses qui se sont édifiées le long des cours d'eau actuels, en raison du barrage glaciaire. Il trouve ainsi dans la présence de ces terrasses un élément de plus venant étayer le concept des glaciations.

A notre sens, l'un des mérites de Blanchet est d'avoir su observer que les dépôts attribuables aux glaciers consistent non seulement en des moraines et blocs erratiques, mais aussi en des formations mieux triées et stratifiées telles que les alluvions. Il se vérifie en effet aujourd'hui en Suisse qu'en dehors des grandes plaines alluviales[5] (Rhône, Aar, etc.) l'essentiel de ces alluvions a été généré directement ou indirectement par la présence des glaciers.

3. Découvertes marquantes ultérieures

C'est encore dans la région lémanique que A. Morlot (1854, 1855, 1858) signala pour la première fois les traces d'au moins deux glaciations séparées par une période d'alluvionnement[6], idée d'abord très controversée, confirmée en 1886 par Brueckner.

Le début du XXe siècle est marqué par la publication magistrale de Penck et Brueckner (1909). Sur la base d'observations essentiellement morphologiques (cordons morainiques et terrasses alluviales fluvioglaciaires) ces auteurs distinguent quatre invasions glaciaires successives (Günz, Mindel, Riss, Wurm) séparées par des périodes interglaciaires érosives. Cet ouvrage fit autorité durant plus de 50 ans; la plupart des études plus détaillées conduites dans notre pays ont en effet cherché à appliquer le schéma de Penck et Brueckner sans toutefois mettre clairement en évidence plus de 2 glaciations.

[5]Dans la même communication, Blanchet (1844) fait également part d'un raisonnement nouveau. Partant de l'idée que le Rhône allonge continuellement son lit en comblant le Léman de ses alluvions, il suppose que le fleuve doit aussi le relever, de façon à maintenir une pente permettant le transport de sa charge solide. Ce phénomène a été vérifié plus tard et explique la formation des plaines alluviales bombées. Il constitue l'une des causes des inondations qui ravageaient le Valais avant l'endiguement du Rhône.

[6]Morlot décrit notamment la présence de boue glaciaire avec galets striés sous le conglomérat des Dranses (Haute-Savoie) qui est lui-même recouvert d'une puissante assise de moraine. Les travaux ultérieurs (Arn 1984) montrent que cette boue est le premier terme sédimentaire d'une séquence glaciolacustre qui s'achève par le dépôt de graviers de delta et qui précède le dernier recouvrement glaciaire würmien. Morlot avait donc fait un postulat exact sur la base d'observations erronées.

GAGNEBIN (1937) rédige sur cette voie une excellente synthèse dont on retiendra la découverte de deux phases de creusement interglaciaires dans la vallée de la Dranse, attribuées au Mindel-Riss et au Riss-Wurm, et la mise en évidence d'une avancée tardive des glaciers locaux du Chablais savoyard.

L'absence de toute échelle-temps permettant de dater et de corréler les différentes séquences sédimentaires locales a longtemps constitué un lourd handicap pour les géologues cherchant à reconstituer l'histoire du Quaternaire. S'ils sont présents dans les dépôts marins, les restes d'organismes permettant une datation relative restent très rares dans les dépôts continentaux, et en particulier dans les terrains glaciaires. L'avènement de la palynologie (étude des pollens) vers le milieu du XXe siècle offrit, parmi d'autres méthodes, le meilleur moyen d'établir une véritable stratigraphie du Pléistocène et de l'Holocène.

Les tourbes fossiles d'Armoy, découvertes en 1867 par A. Favre dans le complexe morainique surmontant les conglomérats de Dranses, sont ainsi attribuées par LEMÉE (1952) à un interstade (période tempérée) du Wurm. Un caractère tempéré est également reconnu par LÜDI (1953) pour les «Marnes à lignites» reposant sous les «Alluvions anciennes» de la région genevoise.

Le même auteur place les lignites de Grandson à la fin d'une période interglaciaire et les tourbes du Signal de Bougy[7] dans un interstade froid. Il faut toutefois attendre les travaux de ZAGWIJN (1961) en Hollande, puis de WELTEN (1982, sites de Meikirch (BE) et de Dürnten (ZH)) pour disposer de diagrammes polliniques suffisamment étendus pouvant servir de référence.

Le contenu en pollens des sédiments palustres ou lacustres post-glaciaires permet également de fixer l'âge du désenglaciement du Plateau: il s'est produit durant le Dryas ancien, soit il y a près de 15'000 ans (WEGMÜLLER 1966, GAILLARD 1981).

Les méthodes de datation isotopique, et en particulier celle du ^{14}C, fournissent des chiffres absolus (à considérer toutefois avec une certaine prudence). Elles nous apprennent ainsi que la plupart des dépôts organiques sous-morainiques recensés dans le bassin du Léman sont antérieurs à 32'000 ans et qu'à l'exception du périmètre lacustre actuel, le bassin du Léman était libre de glace vers 14'000 ans avant notre ère (OLIVE 1972).

4. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ACTUELLES (fig. 1)

4.1. *La période préwurmienne*

La région lémanique abrite très probablement de nombreux gisements du Pléistocène inférieur (> 400'000 ans). Le seul dont l'ancienneté est prouvée vient d'être découvert dans la région d'Ecoteaux (PUGIN *et al.* 1992). Il appartient au remplissage sédimentaire d'un ancien bassin lacustre et remonte pour une part, sur la base de mesures d'un paléo-magnétisme inverse, à plus de 700'000 ans avant notre ère; des analyses polliniques visant à en préciser les conditions paléoclimatiques contemporaines sont en cours.

[7]Limons tourbeux gisant dans le versant SE du Signal de Bougy, découverts par MORLOT (1855).

ANS BP	CLASSIFICATION PALEOBIOCLIMATIQUE		EVENEMENT LEMANIQUE	LITHOSTATIGRAPHIE REGIONALE
	HOLOCENE			
10'000	TARDIGLACIAIRE	Dryas récent	Déglaciation de la cuvette lémanique	Terrasse de 380 m, Dorigny (10'520 BP)
		Alleröd		
		Bölling		
		Dryas ancien		Terrasse de 400 m, Allaman (13'090 BP)
				Terrasse de 540 m, Thonon (14'000 BP)
			Déglaciation du Moyen-Pays / Récurrence des glaciers locaux	Moraine latérale de Montosset
15'000				Terrasses de Gimel et de Montcherand
20'000	WURM RECENT	Lascaux	Maximum de la glaciation würmienne	Moraine de fond supérieure de Senarclens et de Bioley-Orjulaz
		Laugerie		
		Tursac ?		Graviers supérieurs de Bioley-Orjulaz
25'000				
30'000	WURM MOYEN	Kesselt ?	Interstade de Bettens	Horizon palustre de Bioley-Orjulaz (25'090 BP)
		Denekamp ?		
			Stade de Bioley-Orjulaz	Graviers inférieurs de Bioley-Orjulaz (34'600 BP)
		Hengelö		
40'000			Interstade de Senarclens	Sédiments palustres de Senarclens (≥ 36'000 BP)
		Moershoofd	Retour du glacier dans l'enceinte du Grand Lac ?	
50'000		Turicum 4	Stade de Cossonay	Sédiments lacustres de Senarclens
55'000				

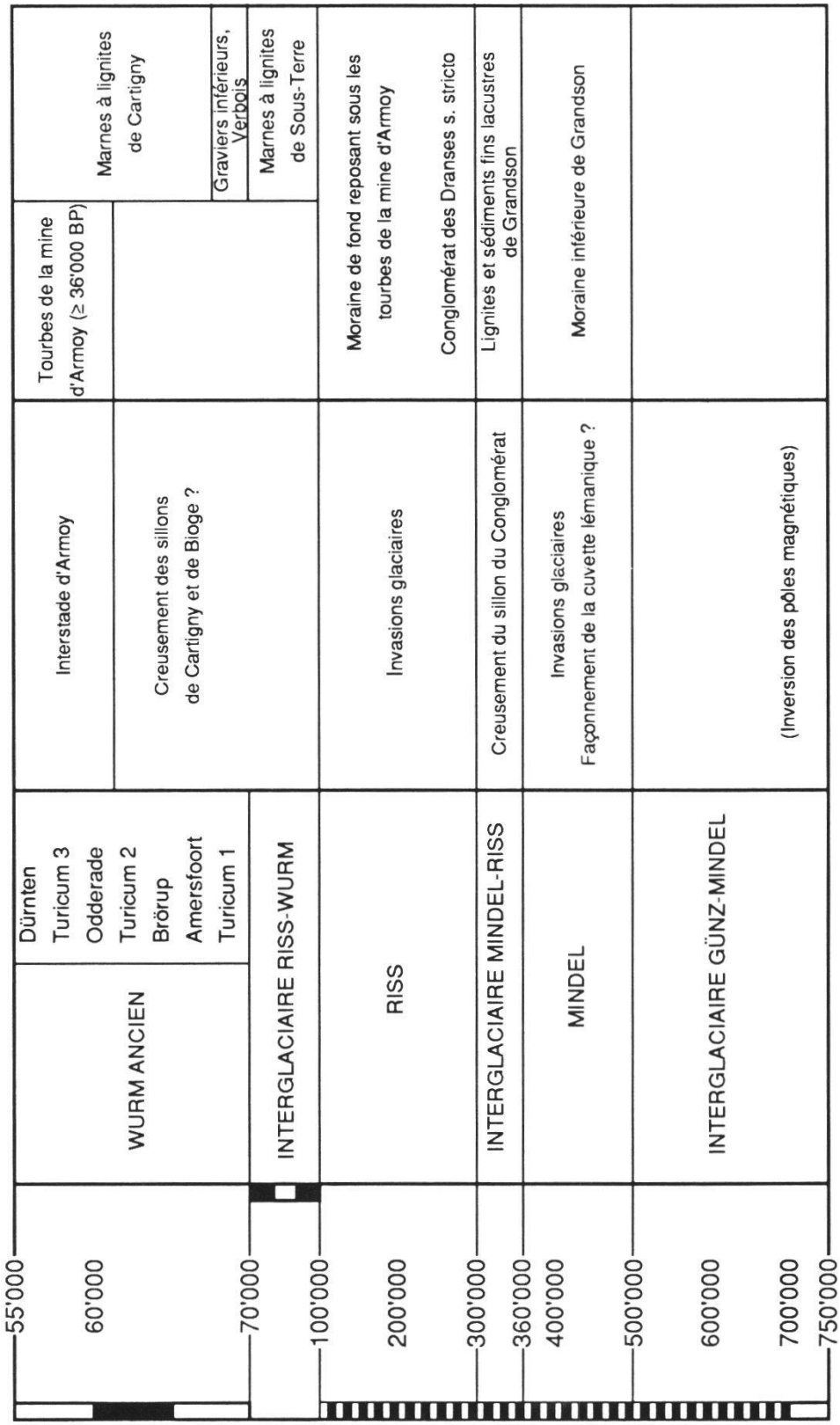

Figure 1.–Corrélation entre la lithostratigraphie du Pléistocène lémanique et la stratigraphie paléobioclimatique alpine et nord-européenne. Noter que l'échelle du temps n'est pas la même pour toutes les périodes.

L'existence d'une moraine du Mindel[8] est attestée à Grandson par la datation des sédiments palustres qui la surmontent. Ces dépôts de limon, de craie et de tourbe dans lesquels furent découverts des restes de cerf, d'élan, de castor, de bison, de sanglier et de cheval (WEIDMANN 1974) ont été datés récemment de l'interglaciaire de Holstein (Mindel-Riss, WELTEN 1988).

C'est à ce même interglaciaire qu'il faut attribuer, en accord avec GAGNEBIN (1937), la phase de creusement du plus ancien cours connu de la Dranse dont le remplissage est essentiellement représenté par le fameux «Conglomérat des Dranses». Cette puissante assise de graviers cimentés forme des parois pouvant dépasser 100 m de hauteur et s'est déposée dans un lac barré par le glacier rissien. Son caractère est surtout fluviatile mais elle présente vers l'aval la stratification oblique d'un delta. Poursuivant sa progression, le glacier rissien a déposé la moraine de fond que l'on peut observer entre le Conglomérat et les lignites d'Armoy. Ces combustibles autrefois exploités, ont été datés grâce à l'analyse pollinique de la fin du Wurm précoce (interstades d'Odderade et de Dürnten, env. 60'000 ans BP, ARN 1984) et reposent sur un lit d'alluvions contenant des éléments remaniés d'un sol à caractère interglaciaire.

Une moraine rissienne a également été mise en évidence à Sous-Terre (Genève, JAYET et AMBERGER 1969, GIRARD 1970) sous des «*marnes à lignites*» contenant des restes végétaux à caractère interglaciaire.

Les rares observations faites dans le bassin lémanique ne fournissent pas d'éléments permettant de préciser l'ampleur du développement du glacier rissien. Rappelons qu'il existe à la périphérie du massif alpin et de la chaîne jurassienne un système de cordons morainiques externe se distinguant de celui plus interne, daté du Wurm, par leur morphologie plus émoussée et par des sols plus altérés. Ces moraines externes sont classiquement attribuées au Riss et témoignent donc d'une extension plus importante des glaciers de cette époque. Les diagrammes polliniques provenant de la région vosgienne (WOILLARD 1975) tendent à confirmer cette conception, au contraire de ceux du Lyonnais (DE BEAULIEU *et al.* 1984) et de Meikirch (WELTEN 1982) selon lesquels la séquence sédimentaire froide séparant les interglaciaires Mindel-Riss et Riss-Wurm n'est pas marquée par la présence d'une moraine.

Le climat du dernier interglaciaire fut comparable à celui de la période que nous vivons. Le Plateau était alors recouvert de feuillus parmi lesquels dominaient le chêne, le noisetier et le charme dont l'abondance caractérise cette époque qui est aussi celle de l'homme du Néanderthal. A l'exception des sites d'Armoy et de Sous-Terre où seuls des indices ont été décelés, aucun dépôt relevant de cette époque n'a été découvert dans le bassin lémanique. Le creusement de certaines anciennes vallées peut en revanche être rapporté à une telle phase érosive, en particulier :

–le sillon de Bioge (Haute-Savoie) qui court parallèlement à celui du «Conglomérat des Dranses» à une profondeur comparable et qui s'en distingue par un remplissage graveleux moins cimenté,

–l'ancienne vallée du Rhône à Cartigny, elle aussi très profonde et contenant près de sa base des «Marnes à lignites» du Wurm ancien.

[8]A défaut d'autres bases de référence alpines nous reprenons la classification de PENCK et BRUECKNER (1909) bien qu'aucun élément stratigraphique ne permette de s'y rattacher. Le Mindel est considéré ici comme étant l'antépénultienne glaciation.

4.2. *La glaciation wurmienne*

Le début de cette dernière période glaciaire est marqué par un refroidissement court mais prononcé, nettement perceptible dans les courbes polliniques alémaniques et bavaroises mais dont les répercussions glaciaires n'ont jamais été clairement mises en évidence. Quatre périodes tempérées (interstades) dominées pas la présence de l'épicéa se sont ensuite succédé, séparées par autant de périodes fraîches (pin, bouleau, graminées).

Dans le bassin lémanique ces interstades, du moins deux d'entre eux, n'ont été clairement identifiés qu'à Armoy. Le contenu en pollens des sédiments palustres contemporains révèle une végétation forestière dominée par l'épicéa et le pin, avec une présence discrète du noisetier et des espèces de la chênaie mixte, ou du mélèze et du genévrier pour le dernier et plus froid d'entre eux. La position du glacier du Rhône à cette époque n'est pas connue; il a peut-être pénétré dans la cuvette lémanique lors des périodes les plus froides mais ne devrait guère avoir dépassé les limites du lac actuel.

La première incursion glaciaire wurmienne au nord de l'adret lémanique a probablement eu lieu 50'000 ans avant notre ère. Le site de Senarclens fournit les éléments permettant d'en préciser l'extension (ARN 1985). Des forages y ont rencontré, sous une moraine de fond sommitale puis des alluvions fluvioglaciaires, une séquence palustre calée chronologiquement dans une fourchette s'étendant entre 36'000 et 50'000 ans. Ces sédiments prennent place dans une ancienne dépression dont la création ne peut difficilement être expliquée autrement que par une avancée glaciaire déposant un écran morainique au travers d'un vallon. La langue septentrionale du glacier du Rhône a donc dû atteindre Senarclens, sans toutefois dépasser ce site puisque les sédiments organiques précités reposent sur une surface d'érosion et non pas sur une moraine.

L'analyse pollinique des sédiments palustres de Senarclens permet de distinguer :

–une séquence inférieure froide où dominent nettement les herbacées (graminées principalement) avec une proportion d'arbres (pin et bouleau) comprise entre 10 et 30 %. Le pays devait être alors recouvert d'une steppe un peu boisée caractéristique d'un climat de type continental;

–une séquence supérieure un peu plus tempérée où les arbres précités dominent en compagnie de l'épicéa.

Le réchauffement qui a permis un tel développement végétal a dû provoquer un recul du glacier et par conséquent un abaissement du niveau de base conditionnant l'activité érosive des rivières. C'est à cette période que l'on peut rattacher la phase de creusement du troisième sillon (Vers le Pré) observé dans la vallée de la Dranse, qui se distingue des deux précédents par son thalweg surélevé de 60 m et par son remplissage pas ou peu cimenté.

L'oscillation glaciaire suivante a lieu au milieu du Wurm moyen. A son maximum, la langue rhodanienne engagée dans la dépression de la Venoge barre un ancien cours du Talent passant entre Bettens et Bioley-Orjulaz et provoque le dépôt d'une première formation d'alluvions graveleuses dans laquelle des travaux d'extraction ont mis au jour une défense de mammouth âgée de 34'600 ans (WEIDMANN 1974).

Survient ensuite un nouveau répit climatique, mis en évidence en bordure de la gravière de Bioley-Orjulaz dans une petite intercalation palustre. On retrouve une végétation de steppe boisée avec notamment à côté du pin et du bouleau quelques genévriers. Ces sédiments tourbeux ont fourni une date ^{14}C de 25'090 ans.

4.3. *Le Wurm récent*

C'est durant cette courte période que prend place l'ultime et grande avancée du glacier du Rhône ainsi que l'essentiel de sa fonte. Depuis PENCK et BRUECKNER (1909), on sait que sa langue principale s'est jointe à celles des glaciers savoyard et dauphinois pour atteindre la région lyonnaise et que sa langue nord a poussé jusqu'à Wangen. Sa hauteur est révélée par les moraines déposées à 1200 m d'altitude, au-dessus de Ste-Croix et Baulmes. Elle était certainement plus élevée encore au sud-ouest, sur le flanc du Jura vaudois, mais aucune moraine en témoignant n'a été retrouvée. Entre Baulmes et Gex, le glacier s'appuyait en effet contre la calotte glaciaire recouvrant le Jura (AUBERT 1965, CAMPY et ARN 1991) et ne pouvait donc déposer sa charge.

La fonte débute vraisemblablement aux environs de 15'500 ans avant notre ère. Paradoxalement elle est accompagnée par la progression de langues glaciaires jurassiennes. Pour une raison encore mal expliquée, la calotte persiste en effet tardivement sur le Jura. La fonte du glacier du Rhône, en dégageant sa bordure sud-orientale, a permis l'individualisation de glaciers, en particulier à l'emplacement des cols. Des dépôts de moraines jurassiennes souvent soulignés par des cordons, des terrasses adventives ou un sandur sont ainsi visibles de Lignerolle (cols de Jougne et de Pierre à Punex), à Gex (col de la Faucille). C'est entre Trélex et Gingins, soit en contrebas du col de la Givrine, que l'avancée la plus tardive a été mise en évidence; elle a notamment édifié une succession de vallums morainiques bien visibles au Pontet. Les témoins de réavancées locales ont également été observés sur les hauteurs d'Evian (GAGNEBIN 1937). Leur limite est très nettement marquée par un cordon morainique de près de 6 km de longueur, souligné entre Thièze et Lyonnet par le cours du Maravant.

La fonte est interrompue par au moins une réavancée mineure qui a construit un cordon morainique de près de 5 km, s'allongeant entre Pizy et Apples à l'altitude moyenne de 685 m (Stade de Montosset). La formation des grandes terrasses de Bière, Saubraz et des Ursins est contemporaine de ce stade qui est lui-même un peu antérieur au paroxysme de la récurrence jurassienne dans la région nyonnaise.

La seconde phase de retrait voit le glacier du Rhône rejoindre l'enceinte du lac Léman. Sa régression est jalonnée par de très nombreuses terrasses adventives formées principalement par les alluvions des rivières. Les plus grandes terrasses se rencontrent le long des cours importants tels que la Veveyse, l'Aubonne, la Promenthouse, la Dranse et présentent souvent une stratification oblique témoignant de l'existence de lacs de barrage. Le plus vaste d'entre-eux occupe temporairement la dépression de la Venoge, de Bussigny à Eclépens. Son niveau de 455 m est souligné par d'anciens deltas construits sur ses bords par les affluents.

Ces dépôts graveleux ont souvent fait l'objet d'exploitation et ont ainsi livré des dents ou des ossements d'animaux. Les espèces les plus couramment représentées sont le renne, le cheval, le mammouth, l'auroch et le bison (WEIDMANN 1974). C'est ainsi qu'en-dessus de Thonon, la terrasse de 540 m a été datée de 14'000 BP (Dryas ancien, OLIVE 1972), et à Ecublens-Dorigny celle de 400 m du début du Bölling (GABUS *et al.* 1987). Cette dernière terrasse porte encore les traces d'une influence glaciaire sous forme de blocs abandonnés par des radeaux de glace sur le front des deltas. La terrasse de 382 m datée du Dryas récent est en revanche franchement lacustre et témoigne du retrait du glacier du Rhône en amont du Chablais vaudois. C'est l'époque des premières incursions lémaniques des hommes du Magdalénien, dont les traces ont été retrouvées à Veyrier et à Villeneuve.

OUVRAGES CITÉS

AGASSIZ L., 1837. Discours prononcé à l'ouverture des séances de la Soc. helvétique des Sc. nat, à Neuchâtel. *Actes de la Soc. helv. des Sc. nat., 22e session*: I-XXXII.

AGASSIZ L., 1840. Etudes sur les glaciers. Neuchâtel. 346 p.

ARN R., 1984. Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique. Thèse, Univ. Lausanne. 307 p.

ARN R., 1985. Les sédiments interstadiaires wurmiens de Senarclens (VD). *Bull. soc. vaud. Sc. nat. 77.3*: 223-239.

ARN R. et CAMPY M., 1990. Un problème de paléogéographie glaciaire au maximum würmien dans la zone circum alpine: le glacier jurassien. *Bull. soc. neuch. Sc. nat. 113*: 115-131.

AUBERT D., 1965. Calotte glaciaire et morphologie jurassienne. *Eclogae geol. Helv. 58.1*: 555-578

BLANCHET R., 1844. Distribution des dépôts erratiques dans le bassin du Léman. *Bull. séances. Soc. vaud. Sc. nat . I.7*: 258-270.

BRUECKNER E., 1886. Die Vergletscherung des Salzachgebietes nebst Beobachtungen über die Eiszeit in der Schweiz. *Geographische Abhandlungen 1*: 1-183.

CAMPY M. et R. ARN , 1991. The Jura glaciers: paleogeography in the Würmian circum-Alpine zone. *Boreas 20*: 17-28.

DARWIN C., 1839. Journal of researches in geology and natural history. Londres. 167 p.

DE BEAULIEU J.-L. et REILLE M., 1984. A long Upper Pleistocene pollen record from Les Echets, near Lyon, France. *Boreas 13*: 111-132.

DE CHARPENTIER J., 1835. Annonce d'un des principaux résultats des recherches de M. Venetz, ingénieur des ponts et chaussées du canton du Valais, sur l'état actuel et passé de glaciers du Valais. *Biblio. universelle des sciences, belles-lettres et arts 58*: 427-428.

DE CHARPENTIER J., 1841. Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. Lausanne, 363 p.

DE LUC J.A., 1827. Mémoire sur le phénomène des grandes pierres primitives alpines, distribuées par groupes dans le bassin du lac de Genève et dans la vallée de l'Arve; et en particulier des groupes qui sont entièrement composés de granite, suivi de conjectures sur la cause qui les a ainsi distribués. *Mém. Soc. Phys. et hist. nat. de Genève 3*: 139-200.

DE LUC J.A., 1832. Mémoire sur plusieurs espèces de roches éparses dans le bassin de Genève et en particulier sur les cailloux calcaires et de grès. *Mém. Soc. phys. et hist. nat. de Genève 5*: 89-118.

DE SAUSSURE H.B., 1779. Voyages dans les Alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève. Neuchâtel, 540 p.

ELIE DE BEAUMONT J.B., 1829. Recherches sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe. *Annales des Sc. nat. 18 et 19*. Paris.

ESCHER DE LA LINTH A., 1819. Nouvelle Alpina, vol. 1.

GABUS J.-H., LEMDAL G. et WEIDMANN M., 1987. Sur l'âge des terrasses lémaniques au SW de Lausanne. *Bull. soc. vaud. Sc. nat. 78.4*: 419-430.

GUYOT A., 1843. Moraines de glaciers jurassiens. *Actes Soc. helv. Sc. nat., 28e session, Lausanne*: 76-78.

GAGNEBIN E., 1937. Les invasions glaciaires dans le bassin du Léman. *Bull. soc. vaud. Sc. nat. 59*: 335-416.

GAILLARD M.-J., 1981. Etude palynologique de l'évolution tardi- et postglaciaire de la végétation du Moyen-pays romand (Suisse). *Diss. bot. 77*: 1-322.

GIRARD M., 1970. Analyse pollinique de l'interglaciaire Riss-Würm de Pont-sous-Terre à Genève (Suisse). *C.R. Soc. Phys. Hist. nat. Genève 5*: 70-76.

JAYET A. et AMBERGER G., 1969. L'interglaciaire Riss-Würm de Sous-Terre à Genève. *Eclogae geol. Helv. 62*: 629-636.

LARDY Ch., 1843. Moraines jurassiennes au-dessus de Gingins. *Actes Soc. helv. Sc. nat., 28e session, Lausanne*: 76.

LEMÉE G., 1952. L'histoire forestière et le climat contemporain des lignites de Savoie et de la tourbe würmienne d'Armoy, d'après l'analyse pollinique. *Trav. Lab. géol. Grenoble 29*: 180-197.

LÜDI W., 1953. Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. *Veröff. Geobotan. Inst. Stftg. Rübel, Zürich 27*: 1-208.

MORLOT A., 1854. Ueber die quaternären Gebilde des Rhonegebietes. *Verhandl. schweiz naturf. Ges., St.-Gallen*: 161-164.

MORLOT A., 1855. Note sur la subdivision du terrain quaternaire en Suisse. *Archives des Sc. phys. et nat., Bibl. univ. de Genève, t. 29*: 33-50, 1 Pl.

MORLOT A., 1858. Sur le terrain quartaire du bassin du Léman. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat., vol. 6*: 101-108.

OLIVE P., 1972. La région du lac Léman depuis 15'000 ans : données paléoclimatiques et préhistoriques. *Rev. Gogr. Phys. Géol. dynam. 14*: 253-257.

PENCK A. et E. BRUECKNER, 1909. Die Alpen im Eiszeitalter. 3 vol, Leipzig.

PILET P.-E., 1991. Naturalistes et biologistes à Lausanne. Payot, Lausanne.

PLAYFAIR J., 1802. Illustrations of the Huttonian Theory of Earth, Edimbourg (traduction française: MURRAY M., 1815. Explication de Playfair sur la théorie de la terre par Hutton et examen comparatif des systèmes géologiques fondés sur le feu et sur l'eau. Paris, Bossange et Masson).

PUGIN A., BEZAT E., WEIDMANN M. et WILDI W., 1992. Le Quaternaire ancien d'Ecoteaux (Vaud). *Eclogae geol. Helv.* sous presse.

RAMBERT E., 1893. Notice historique sur la SVSN. *Bull. soc. vaud. Sc. nat. 29*: 177-184.

SCHIMPER W., 1837. Ueber die Eiszeit. *Actes de la Soc. helv. Sc. nat., Neuchâtel, 22e session*: 38-51.

VENETZ I., 1833. Mémoire sur les variations de la température dans les Alpes de la Suisse. *Deukschr. der allgem. schweizer. Ges. für die gesammten Naturwissensch. 1*: 1-38.

VENETZ I., 1843. Glaciers du Jura. *Actes Soc. helv. Sc. nat., 28e session, Lausanne*: 78.

WOILLARD G., 1975. Recherches palynologiques sur le Pléistocène dans l'Est de la Belgique et dans les Vosges Lorraines. *Acta Geogr. Lovaniensia 14*: 1-118.

WEGMÜLLER S., 1966. Über die spät -und postglaziale Vegetationsgeschichte des südwestlichen Jura. *Beitr. z. geobot. Landesaufnahme d. Schweiz 48*: 1-143.

WEIDMANN M., 1974. Sur quelques gisements de vertébrés dans le Quaternaire du canton de Vaud. *Bull. soc. vaud. Sc. nat. 72*: 9-18.

WELTEN M., 1982. Pollenanalytische Untersuchungen in jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. *Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N.F. 156*: 1-174.

WELTEN M., 1988. Neue Pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. Beitr. Geol. Karte der Schweiz, N.F. 162: 1-38.

ZAGWIJN W.H., 1961. Vegetation, Climate and Radiocarbon Datings in the Late Pleistocene of the Netherlands. *Mededel. geol. Sticht 14*: 15-45.

Manuscrit reçu le 29 juillet 1992