

# Stratigraphie, paléogéographie et dynamique tardiglaciare du Quaternaire ancien de la Côte entre Gilly et Bursins (VD)

Autor(en): **Scapozza, Cristian / Riff, François / Schoeneich, Philippe**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles**

Band (Jahr): **91 (2008-2009)**

Heft 4

PDF erstellt am: **15.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-282157>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

## Stratigraphie, paléogéographie et dynamique tardiglaciaire du Quaternaire ancien de la Côte entre Gilly et Bursins (VD)

par

Cristian SCAPOZZA<sup>1</sup>, François RIFF<sup>1</sup> et Philippe SCHOENEICH<sup>2, 1</sup>

*Résumé.*—SCAPOZZA C., RIFF F. & SCHOENEICH P., 2008. Stratigraphie, paléogéographie et dynamique tardiglaciaire du Quaternaire ancien de la Côte entre Gilly et Bursins (VD). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 91.4: 343-361.

Dans ce travail, la stratigraphie et la dynamique de sédimentation des dépôts quaternaires de la région de Gilly – Bursins (La Côte) est étudiée grâce à la description de deux coupes dans l'ancienne gravière de Bursins – Châtillon et de trois coupes temporaires dans un chantier de bâtiment à Bursins. Par rapport aux études quaternaires précédentes, deux aspects ont été développés. D'une part, l'utilisation de la méthode des codes de lithofaciès pour la description des affleurements étudiés a permis de mettre en évidence la complexité des processus résultant d'une avancée glaciaire d'un grand glacier de piémont comme le glacier du Rhône. D'autre part, l'analyse comparée des sédiments quaternaires anciens de Bursins – Châtillon et des alluvions torrentielles de Bursins, effectuée à l'aide de la pétrographie des galets, a permis de caractériser la dynamique morpho-sédimentaires des dépôts glaciogénétiques de la Côte à la fin du Pléniglaciaire/début du Tardiglaciaire dans le contexte du remaniement paraglaciale pendant la déglaciation.

*Mots clés:* stratigraphie, paléogéographie, remaniement paraglaciale, Quaternaire, dynamique tardiglaciaire, La Côte.

*Abstract.*—SCAPOZZA C., RIFF F. & SCHOENEICH P., 2008. Stratigraphy, palaeogeography and Lateglacial dynamics of the old Quaternary of La Côte between Gilly and Bursins (VD). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 91.4: 343-361.

In this work, the stratigraphy and sedimentological dynamics of quaternary deposits in the region of Gilly – Bursins (La Côte) is studied thanks to the description of two

<sup>1</sup>Institut de Géographie, Université de Lausanne, Dorigny-Anthropole, CH-1015 Lausanne; e-mail: cristian.scapozza@unil.ch, francois.riff@unil.ch

<sup>2</sup>Institut de Géographie Alpine, Université de Grenoble, Av. Marie-Reynoard 14 bis, F-38100 Grenoble; e-mail: philippe.schoeneich@ujf-grenoble.fr

sections in the old gravel pit of Bursins – Châtillon and of three ephemeral sections in a building site in Bursins. With regard to the previous quaternary studies, two aspects were developed here. First, the utilisation for the description of the studied sections of the lithofacies codes method, allow us to put in evidence the complexity of the processes resulting from a glacial advance of a piedmont glacier as the Rhône Glacier. Second, the comparative analysis between the old Quaternary sediments of Bursins – Châtillon and the torrential deposits of Bursins, made by the pebbles petrography analysis, allow us to characterize the morpho-sedimentary dynamics of the glacial sediments of La Côte at the end of the Pleniglacial/beginning of the Lateglacial in the context of the paraglacial reworking in the first phase of deglaciation.

*Keywords:* stratigraphy, palaeogeography, paraglacial reworking, Quaternary, Lateglacial dynamics, La Côte.

## INTRODUCTION

Les alluvions (ou graviers) de la Côte et les «charbons» du Signal de Bougy ont été étudiés par de nombreux naturalistes à partir de la fin du XIX<sup>e</sup> siècle déjà. Un historique des études menées dans cette région jusqu'en 1920 a été fait par JEANNET (1923), tandis que pour la période plus récente on fera référence à ARN (1980, 1984) et à BADOUX (1995). C'est suite aux recherches de R. Arn qu'il a été possible détailler la stratigraphie des Graviers de la Côte (ARN 1980, 1981, 1984). En particulier, R. Arn les a dissociés pétrographiquement et altitudinalement en trois sous-formations: les Graviers orientaux (entre Bougy et Tartegnin), les Graviers de Tartegnin et les Graviers occidentaux (entre Bursins et Begnins). Les Graviers de la Côte reposent sur la Molasse chattienne et sont recouverts d'une moraine de fond; les Graviers de Tartegnin, en particulier, présentent par dessus la moraine de fond des sédiments tourbeux interstadias datés à  $\geq 34'000$  <sup>14</sup>C BP (Ly-2060) et attribués au Würm Moyen (ARN 1980).

Dans cette contribution, seule une portion réduite des sédiments quaternaires de la Côte sera discutée. En particulier, l'ancienne gravière de Bursins – Châtillon, située au débouché droit de la combe de Bursins, et des coupes temporaires dans un chantier de construction à Bursins, ont été étudiées en détail, ce qui a permis de caractériser le milieu de sédimentation des dépôts décrits et d'émettre quelques hypothèses quant à la dynamique tardiglaciaire de l'escarpement de la Côte. Les objectifs de cette note sont donc, d'une part, de présenter l'étude de coupes dans des sédiments quaternaires de la Côte à l'aide de la méthode des codes de lithofaciès, ce qui n'avait pas été fait, par exemple, ni par ARN (1984) ni par ARN *et al.* (2005), et d'autre part de discuter la dynamique tardiglaciaire du secteur étudié dans l'optique du remaniement paraglaciaire des sédiments d'origine glaciaire de la combe de Bursins.

En ce qui concerne le terme «paraglaciaire», il fait référence à la crise morphogénétique liée aux changements climatiques importants caractérisant



une déglaciation, ce qui implique un ajustement du système géomorphologique à la suite du retrait glaciaire. CHURCH & RYDER (1972) définissent ainsi le terme paraglaciale comme un déséquilibre généralisé d'un système géomorphologique lors d'un changement des conditions énergétiques d'équilibre de ce système. Pour un complément d'information relatif au système morphogénétique paraglaciale, on consultera BALLANTYNE (2002a, 2002b, 2003).

#### TERRAIN D'ÉTUDE

L'escarpement de la Côte forme un relief prononcé qui domine de plus de 300 m le versant relativement doux et régulier qui descend vers le Léman. Cette région se situe sur la rive droite lémanique, entre Lausanne et Genève, et est délimitée topographiquement par l'Aubonne à l'E, la Sérine à l'W, le vallon sec de Prévondavaux au NW et par le littoral lémanique au S. Les sites étudiés se situent au NW de la ville de Rolle, plus précisément dans la zone de Gilly – Bursins (figure 1). Mis à part les rares affleurements de Molasse Chattienne, le reste de la région est recouvert par des sédiments quaternaires, atteignant parfois des épaisseurs considérables, en particulier sur les hauteurs de la Côte (par exemple sur le plateau de Burtigny, au dessus de Bursins – Vinzel).

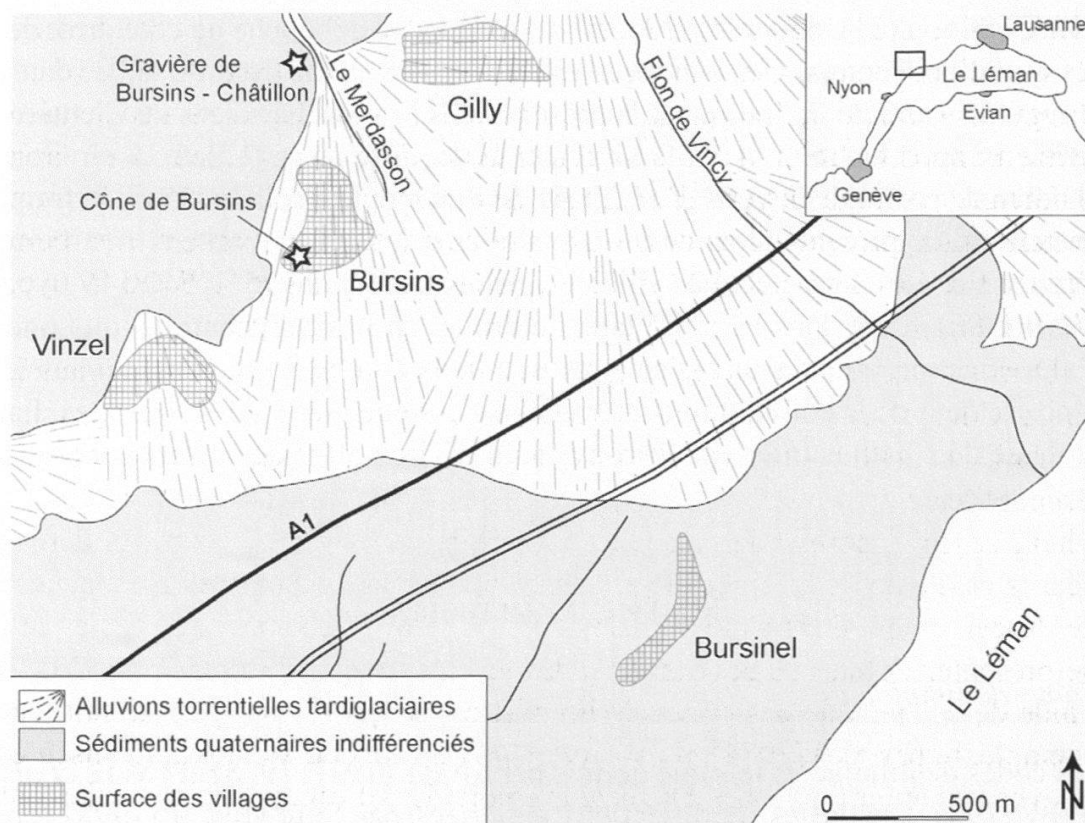


Figure 1.—Localisation des sites étudiés et carte géologique simplifiée de la zone d'étude (ARN *et al.* 2005).

Localisation of the studied sites and schematic geological map of the study area (ARN *et al.* 2005).



La succession lithologique de l'escarpement de la Côte en amont de Bursins, bien que parfois masquée par des glissements de terrain plus ou moins importants et par des colluvions, présente, du bas vers le haut, des dépôts fluvioglaciaires ou glaciolacustres sablo-graveleux anciens, des dépôts glaciaires inframorainiques indifférenciés et enfin des dépôts morainiques rhodaniens riches en éléments alpins et molassiques, en particulier de la moraine argilo-limoneuse grise à beige (ARN *et al.* 2005). D'un point de vue chronologique, les deux premières unités ont été attribuées au Pléistocène moyen à supérieur, tandis que les dépôts morainiques rhodaniens datent vraisemblablement du Pléistocène supérieur. Les villages de Gilly et de Bursins, au contraire, se situent sur des dépôts à faible déclivité d'origine fluviale. Il s'agit là d'alluvions torrentielles d'âge Tardiglaciaire grossières à fines, selon que l'on se retrouve dans la partie proximale ou distale des cônes. Il est intéressant de mentionner que ces cônes de déjection ne se développent pas jusqu'au Léman, et que leur partie inférieure présente un important bord d'érosion environ vers 450 m d'altitude. Ces cônes d'alluvions se sont vraisemblablement formés par l'érosion des dépôts glaciaires sus-jacents, ce qui a mené à la formation de la combe de Bursins, formée par le Merdasson, et de la combe de Vincy, formée par le Flon de Vincy.

En ce qui concerne les affleurements étudiés, l'ancienne gravière de Bursins – Le Châtillon (511°650/145°820; 550 m) se situe au débouché du côté droit de la Combe de Bursins. Des sondages effectués au pied du front de taille, dans la zone du stand de tir, indiquent la présence des Marnes bariolées du Chattien inférieur, appartenant à la Molasse d'eau douce inférieure (USM), à environ 21-22 m de profondeur (ARN *et al.* 2005). Si l'on ajoute à cela les 25 m du front de taille de la gravière, la couverture quaternaire atteint au total environ 45 m d'épaisseur. Les autres coupes étudiées, celles de Bursins (511°540/145°080; 460 m), se situent dans la partie latérale droite, en position centrale, du cône d'alluvions torrentielles tardiglaciaires issu de la combe de Bursins. Ici aussi, la profondeur de la couverture quaternaire est connue grâce à des sondages. La Molasse du Chattien inférieur se trouve ici à environ 50 m de profondeur (ARN *et al.* 2005).

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### *Codes de lithofaciès*

Les codes de lithofaciès tels que définis par MIALL (1977, 1978) et EYLES *et al.* (1983, 1987), selon les modifications apportées par SCHOENEICH (1998) (en particulier le remplacement du code Gms par le code Gmm pour les graviers massifs supportés par la matrice, par analogie avec la notation utilisée pour les diamictes), ont été utilisés. Le code de lithofaciès est formé de plusieurs

termes, permettant de décrire la texture du sédiment (gravier, sable, fines, diamictite, etc.), la structure de la matrice (en particulier la distinction entre sédiments supportés par la matrice ou supportés par les éléments), la structure sédimentaire (stratifications, granoclassement, rides, etc.) et des remaniements ou des perturbations, ce qui permet souvent d'éviter de longues descriptions. Du fait qu'il permet une description uniformisée des sédiments selon des critères sédimentologiques, l'usage des codes de lithofaciès a tendance à se généraliser dans les études de sédimentologie quaternaire (par exemple, MOSCARIELLO 1996; SCHOENEICH 1998; BINI *et al.* 2001). L'ensemble des codes utilisés dans cette recherche est résumé dans le tableau 1.

Tableau 1.–Code de lithofaciès et liste des lithofaciès utilisés. Modifié d'après Schoeneich (1998).

Lithofacies codes and list of the lithofacies utilized in this work. Modified after Schoeneich (1998).

Code de lithofaciès utilisés		Liste des lithofaciès utilisés		
<b>Texture du sédiment (1)</b>		<b>Code</b>	<b>Lithofaciès</b>	<b>Structures sédimentaires</b>
D-	diamictite ( <i>diamicton</i> )	Dmm	diamictite massive supportée par la matrice	aucune
G-	gravier ( <i>gravel</i> )	Gmm	gravier massif supporté par la matrice	aucune
S-	sable ( <i>sand</i> )	Gm	gravier massif supporté par les éléments	lits horizontaux, imbrication des galets
F-	fines ( <i>finest</i> )	Sm	sable massif	aucune
P-	sol, paléosol ( <i>pedogenetic</i> )	Fm	séd. fins massifs	aucune
<b>Structure de la matrice (2)</b>		Gh	gravier stratifié horizontalement	stratification parallèle
-m-	supporté par la matrice ( <i>matrix</i> )	Gp	gravier à stratifications obliques planaires	stratification entrecroisée planaire
-c-	supporté par les éléments ( <i>clast</i> )	P	sol, paléosol	structure initiale "effacée"
<b>Structure sédimentaire (3)</b>		(1) 1er terme du code (2) 2ème terme pour les diamictites et les graviers massifs (3) 3ème terme pour les diamictites, 2ème terme pour G, S, F, ... (4) terme additionnel		
-m	massif ( <i>massive</i> )			
-s	stratifié ( <i>stratified</i> )			
-h	stratification horizontale ( <i>horizontal</i> )			
-p	stratification entrecroisée planaire ( <i>planar</i> )			
<b>Elements étrangers (4)</b>				
--d	galets et blocs lâchés ( <i>dropstones</i> )			

### Granulométrie et morphométrie des galets

La granulométrie a été faite à un niveau purement descriptif, ce qui a permis de décrire la taille moyenne et la distribution des particules d'un sédiment afin de quantifier sa description visuelle. La nomenclature des classes granulométriques de CAILLEUX & TRICART (1963) modifiée par KING (1966), sans distinction pour les sables et les fines, a été utilisée: blocs (> 200 mm), galets (200-20 mm), graviers (20-2 mm), sables (2-0.063 mm), fines (< 0.063 mm).

Pour les galets et les blocs, ont également été décrits leur forme et les caractéristiques de leur surface (en particulier s'ils présentaient des stries) de façon qualitative, sans avoir recours à des indices de forme ou d'émoussé.



### *Pétrographie des galets*

La pétrographie des galets a été établie en échantillonnant 100 galets de taille comprise entre 20 et 70 mm environ directement sur la coupe. L'échantillonnage est chaque fois relatif à une seule couche et a été effectué sur des surfaces d'environ 1 m<sup>2</sup>. Les résultats ont été traités selon une représentation en pourcentage par classes en fonction de la pétrographie du galet. Les noms de chaque classe et les caractéristiques des classes retenues sont les suivantes:

- Granites: granites, granitoïdes et autres roches acides d'origine magmatique
- Calcaires: roches sédimentaires marines (calcaires, marnes, calcaires marneux, ...)
- Grès: roches sédimentaires détritiques (grès, brèches, conglomérats, ...)
- Gneiss: gneiss et micaschistes
- R. vertes: serpentinites, éclogites, prasinites, ...
- Quartzites: principalement quartzites

Afin d'effectuer des comparaisons avec les analyses pétrographiques effectuées par ARN (1980, 1981, 1984), dans certains cas nous avons réparti les galets dans les quatre classes suivantes (ARN 1980):

- Roches sédimentaires alpines
- Roches ignées et métamorphiques alpines
- Roches molassiques
- Roches jurassiennes

Pour ce deuxième type de classification, nous avons représenté les analyses pétrographiques sur un diagramme à deux axes avec, en abscisses, le pourcentage des roches ignées et métamorphiques par rapport au total des roches alpines et, en ordonnées, le pourcentage de roches molassiques par rapport au total des roches alpines.

## DESCRIPTION DES AFFLEUREMENTS

### *Ancienne gravière de Bursins – Châtillon*

L'ancienne gravière de Bursins – Châtillon se situe à côté de l'ancien stand de tir surplombant les villages de Bursins et de Gilly (figure 2). Par sa grande taille, la gravière est visible depuis l'autoroute A1 reliant Lausanne à Genève. Les deux coupes étudiées, marquées par les lettres A et B, sont orientées au NE. La coupe A présente l'ensemble de la stratigraphie du site, tandis que la coupe B, recouverte par des dépôts de versants dans sa partie inférieure, permet un accès beaucoup plus facile à la partie supérieure de la coupe. Peu en-dessous du stand de tir, il est possible d'observer des sables quaternaires lithifiées (figure 5D), qui composent vraisemblablement la couche sur laquelle reposent les sédiments visibles dans l'ancien front de taille de la gravière.



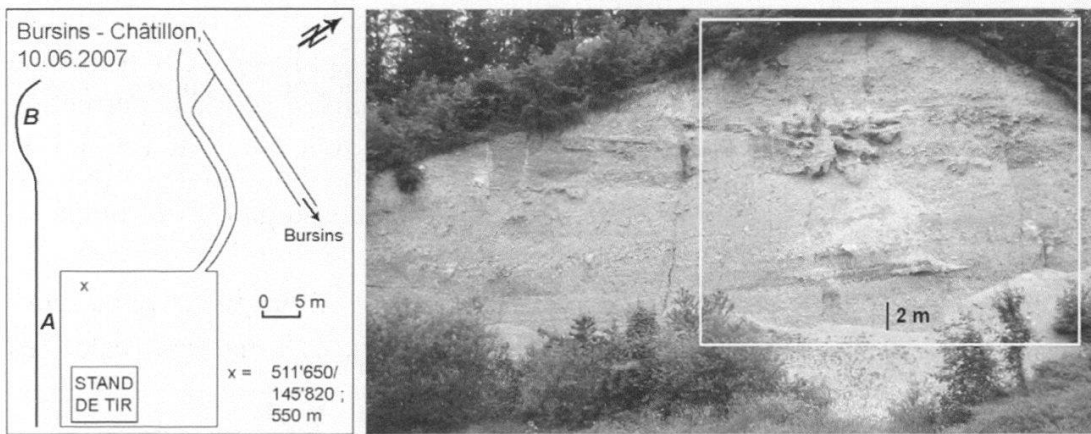


Figure 2.—A gauche, localisation et situation géographique des deux coupes étudiées dans l'ancienne gravière de Bursins – Châtillon. A droite, la coupe A. Le cadre blanc indique la position de la figure 3.

At left, localisation and geographical situation of the two studied sections in the old gravel pit of Bursins – Châtillon. At right, the section A. The square indicates the position of the figure 3.

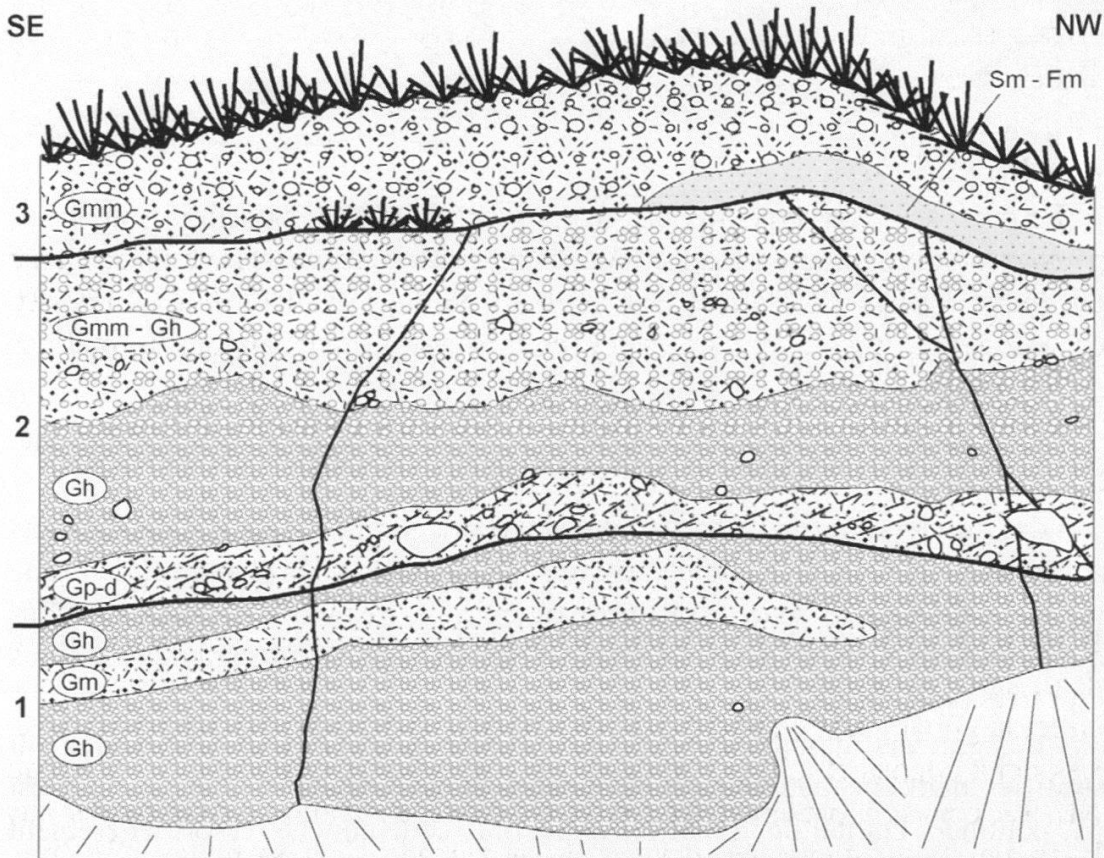


Figure 3.—Relevé d'une partie de la coupe A de l'ancienne gravière de Bursins-Châtillon.

Sketch of a part of the section A in the old gravel pit of Bursins – Châtillon.

La coupe A a été divisée en trois unités, toutes présentant des sédiments consolidés (figure 3). Les unités 1 et 2 sont décrites à partir de la coupe A, tandis que l'unité 3 est décrite à partir de la coupe B (figure 4). Cette troisième unité, en effet, est continue entre les deux coupes, mais la coupe B permet de s'en approcher et d'y effectuer des prélèvements en toute sécurité (ce qui ne serait pas le cas sur la coupe A).

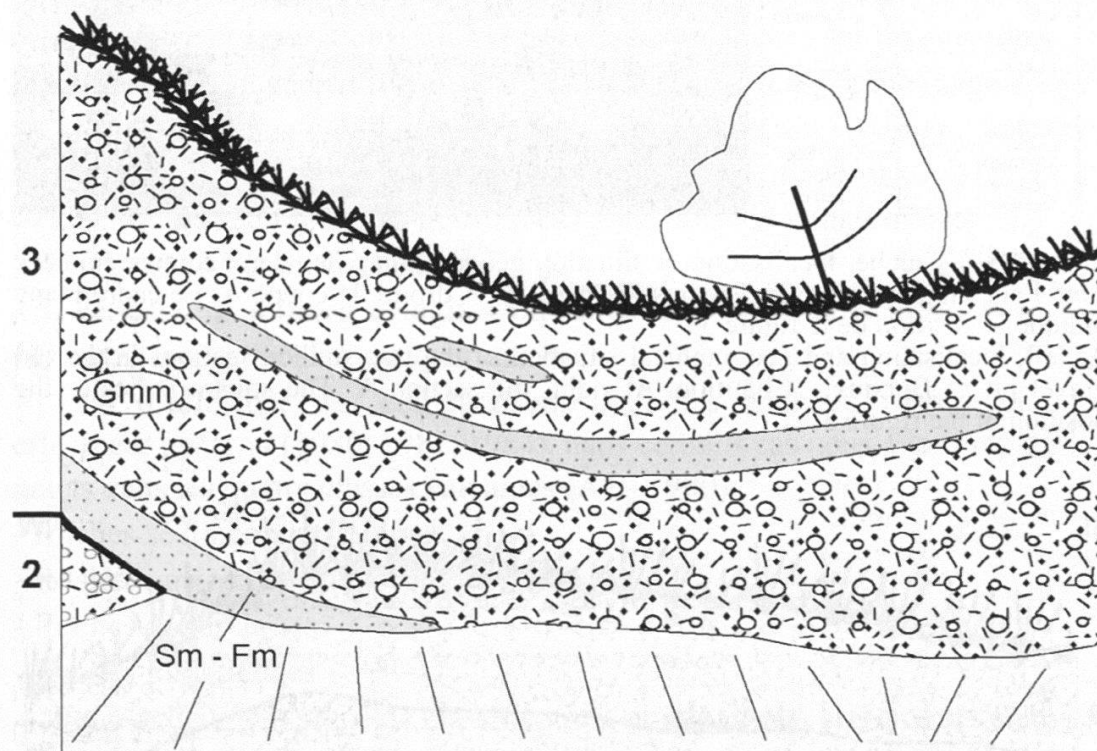


Figure 4.—Dessin d'après photo de la coupe B de l'ancienne gravière de Bursins-Châtillon.  
Sketch of a part of the section B in the old gravel pit of Bursins-Châtillon.

La première unité, de 6 m d'épaisseur, se situe entre 552 et 558 m d'altitude. Elle présente deux couches (du bas vers le haut):

- des graviers stratifiés horizontalement (Gh), composés par des petits galets et des graviers bien triés et bien arrondis, supportés par les éléments, dans une matrice sableuse de couleur grisâtre (figure 5C). Les éléments sont stratifiés horizontalement, avec une alternance d'éléments plus fins (graviers) et plus grossiers (galets).
- des graviers massifs supportés par les éléments (Gm), très grossièrement stratifiés, dans une matrice sablo-limoneuse de couleur ocre. Cette couche n'est pas continue. Du fait de la matrice assez fine, cette couche ressort légèrement par rapport au plan du front de taille de la gravière.

La deuxième unité se différencie de la première par un changement dans la matrice et dans la forme et par la présence d'éléments de plus grande taille. Les graviers et les galets sont de plus en plus anguleux et la stratification horizontale



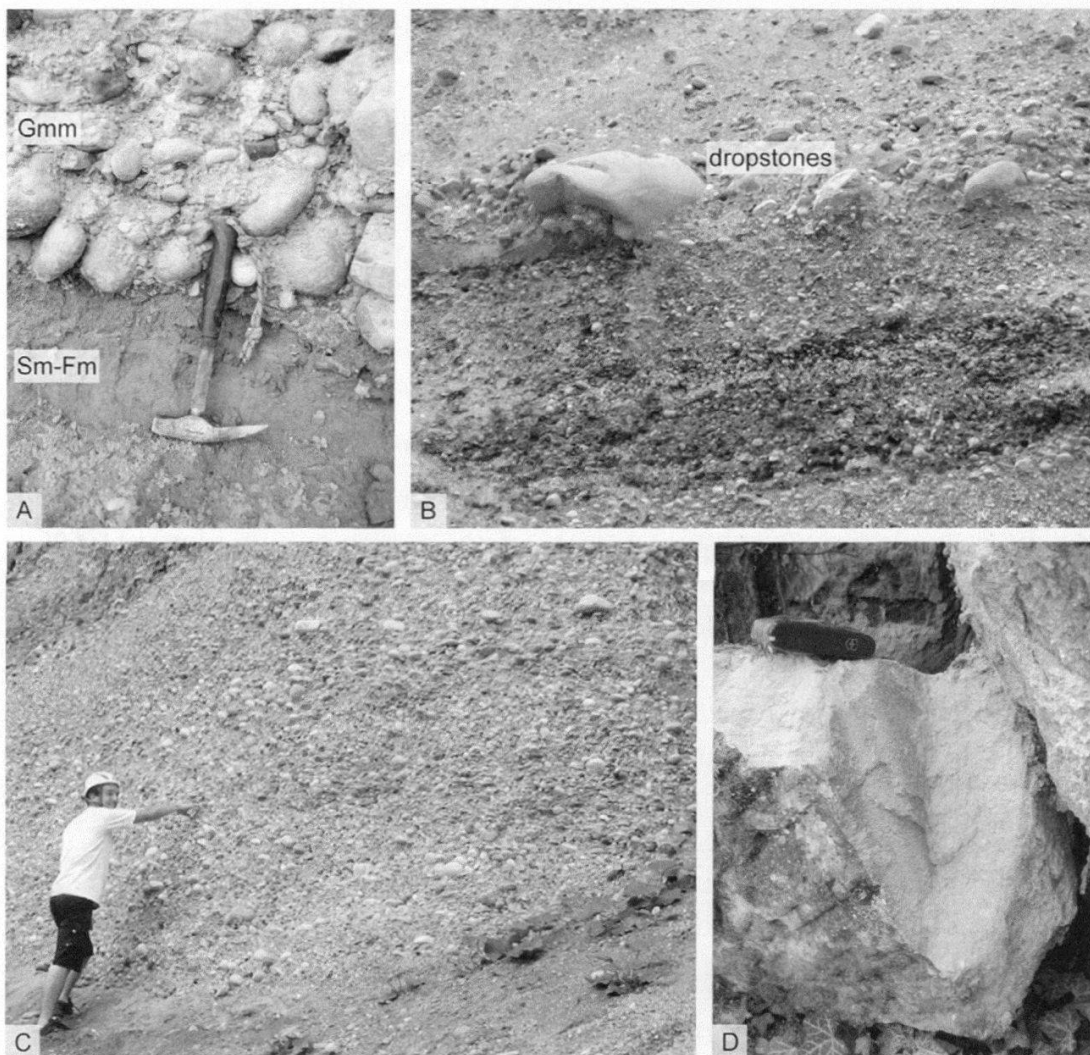


Figure 5.—Détail de certains lithofaciès de l'ancienne gravière de Bursins-Châtillon. (A) Graviers massifs supportés par la matrice (Gmm) et sables massifs et fines massifs (Sm-Fm) de l'unité 3. (B) Blocs glaciels (drop stones) d'origine jurassienne au milieu de l'unité 2. (C) Graviers stratifiés horizontalement à la base de l'unité 1. (D) Sables quaternaires lithifiés qui composent la couche sur laquelle reposent les sédiments visibles dans la gravière. Photos C. Scapozza.

Detail of some lithofacies in the old gravel pit of Bursins – Châtillon. (A) Massive gravels (Gmm) and massive sands and fines (Sm-Fm) of the unit 3. (B) Drop stones in the middle of the unit 2. (C) Horizontal sorted gravels at the base of the unit 1. (D) Quaternary indurated sands that constitute the base unit of the sediments visible in the gravel pit. Photos C. Scapozza.

est de plus en plus fruste. La limite supérieure de cette unité se situe à 571 m, ce qui correspond à une épaisseur de 13 m. Cette unité a été divisé en trois couches (du bas vers le haut):

- des graviers à stratifications oblique planaire à blocs glaciels (dropstones) (Gp-d), présentant des blocs de taille métrique qui selon ARN (1984) seraient d'origine jurassienne (figure 5B). Ces blocs sont entourés par des galets et des graviers mal triés, et classés selon une stratification oblique sur toute la hauteur de la couche. Au SE des blocs les plus grands on trouve des niveaux



plus sableux, ce qui laisserait penser que le dépôt de cette couche s'est fait sous l'influence d'un courant de direction NW-SE.

- des graviers stratifiés horizontalement (Gh), composés par une alternance de lits plus grossiers formés de galets et de quelques rares blocs anguleux et de lits plus fins composés de sable grossier. Les éléments ne sont que très faiblement triés. La matrice est sablo-limoneuse, de couleur ocre.

- des graviers massifs supportés par la matrice (Gmm) tendant à des graviers stratifiés horizontalement (Gh), composés par des éléments grossiers (galets et blocs) peu triés et de plus en plus anguleux. La matrice est sableuse, de couleur grisâtre. Parfois il est encore possible de voir une certaine alternance entre des lits grossiers et des lits plus fins, comme c'était le cas pour la couche précédente. Un niveau massif caractérisé par un degré de cimentation plus élevé marque la partie centrale de cette couche, qui ressort du plan du front de taille de la gravière.

La troisième unité a été décrite par ARN (1984) comme une argile à blocs grise. Cette unité fait environ 5-6 m d'épaisseur. L'analyse de la coupe B a permis de voir que cette unité n'était pas homogène, mais qu'elle présentait plusieurs couches. Une bonne partie de l'unité est caractérisée par des graviers massifs supportés par la matrice (Gmm), composés par des éléments grossiers anguleux, allant des graviers jusqu'aux blocs décimétriques, reposant dans une matrice sableuse de couleur grisâtre. A cette couche s'intercalent parfois des couches non continues de sables massifs et de fines massives (Sm – Fm), de couleur ocre, à éléments plus grossiers (en particulier graviers) très rares (figure 5A).

### *Chantier de Bursins*

Les coupes étudiées à Bursins ont pu être relevées dans un chantier de construction au courant du mois d'avril 2007 (figure 6). Le relevé des coupes A, B et C, bien que la stratigraphie était semblable entre les trois affleurements, a permis de déterminer le pendage apparent et la direction du pendage des couches, ce qui donne des informations sur la géométrie des sédiments dans les trois dimensions (tableau 2). Si l'on regarde dans les détails la coupe B (figure 7), globalement nous avons une superposition de trois unités parallèles sub-homogènes avec un pendage apparent de 4-5° de direction WSW, et sans hiatus apparent dans les contacts entre les différentes unités. Toutes les unités sont continues latéralement, sauf pour des couches sablo-graveleuses grossières présentes à l'intérieur de l'unité 2. En ce qui concerne les lithofaciès présents, nous avons (du haut vers le bas):

- une couche d'altération pédologique (P), de couleur rougeâtre, avec la terre végétale qui a été enlevée.

- des graviers massifs supportés par la matrice (Gmm), qui constituent les unités 1 et 3 et les intercalations sablo-graveleuses présentes à l'intérieur de

l'unité 2. Il s'agit de galets de différentes dimensions, non triés et bien arrondis, dans une matrice sablo-graveleuse de couleur gris-ocre. Dans les unités 1 et 3, il y a la présence de quelques blocs décimétriques.

- des sables limoneux massifs (Sm – Fm) de couleur brun-ocre, parfois avec des intercalations sablo-graveleuses plus grossières non continues.

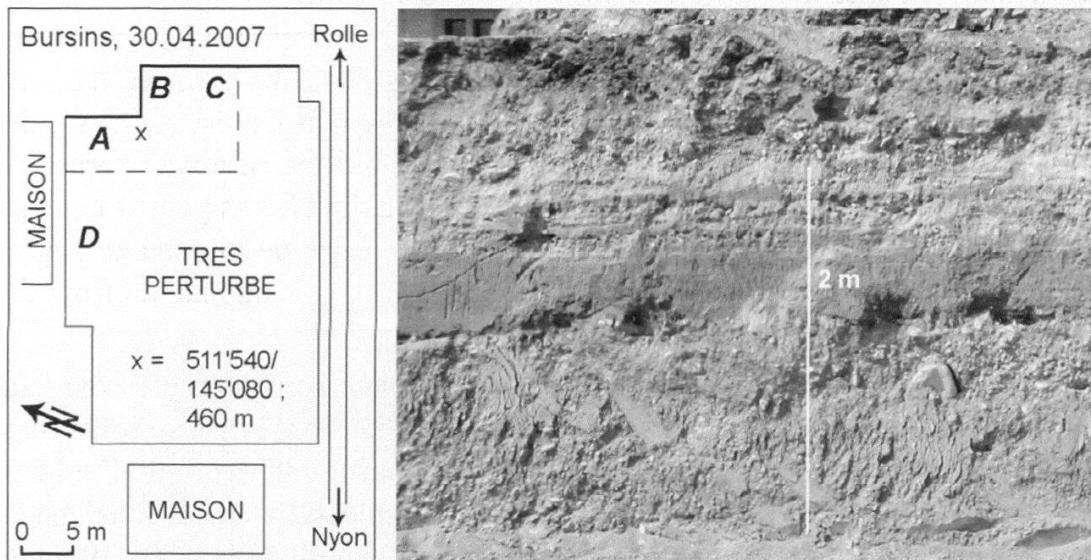


Figure 6.—A gauche, localisation et situation géographique des trois coupes étudiées dans le chantier de Bursins. A droite, détail de la coupe B.

At left, localisation and geographical situation of the three studied sections in the Bursins site. At right, detail of the section B.

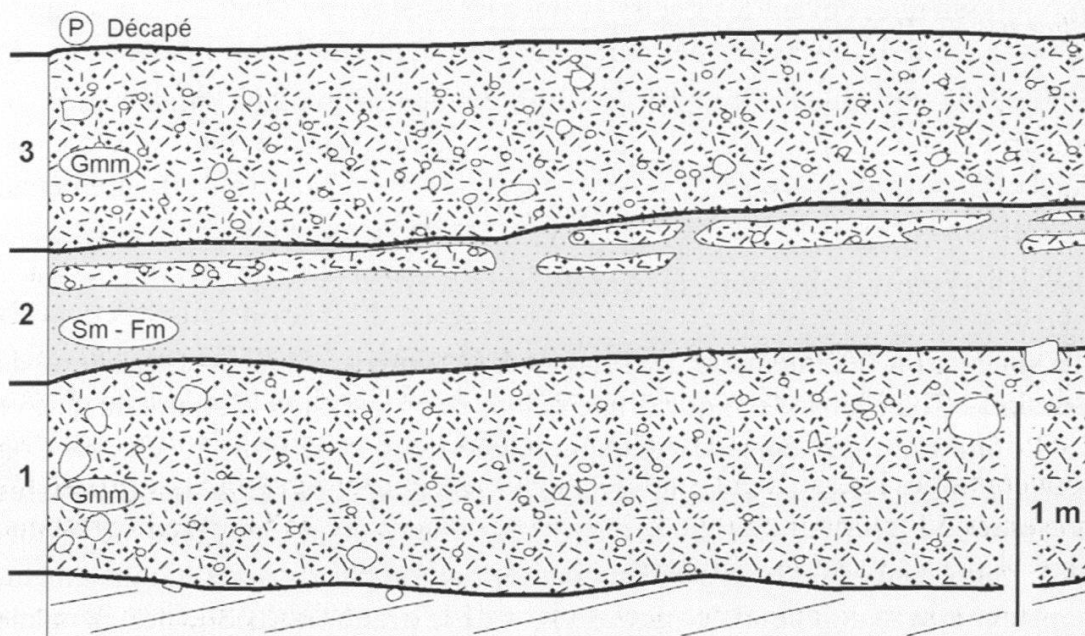


Figure 7.—Relevé d'une partie de la coupe B dans le chantier de Bursins. Sketch of a part of the section B in the Bursins site.



Tableau 2.—Caractéristiques géométriques des coupes étudiées dans le chantier de bâtiment à Bursins.

Geometrical characteristics of the studied sections in the Bursins site.

		Coupe		
		A	B	C
Orientation générale		NNW-SSE	WSW-ENE	NNW-SSE
Hauteur (cm)	Unité 1	70	70	125
	Unité 2	55	60	45
	Unité 3	125	110	80
	Total	250	240	250
Pendage apparent		3°	4-5°	3°
Direction pendage		SSE	WSW	SSE

### *Pétrographie des galets*

Les résultats de l'analyse pétrographique des galets sont présentés dans la figure 8. Pour l'ancienne gravière de Bursins – Châtillon, la partie inférieure de l'unité 1 sur la coupe A (lithofaciès Gh) et la partie inférieure de l'unité 3 sur la coupe B (lithofaciès Gmm) ont été échantillonnées. En ce qui concerne la coupe dans le chantier de bâtiment de Bursins, l'échantillonnage a été effectué en prélevant les galets des unités 1 et 3 (Gmm), qui présentaient la même lithologie. En tenant compte de la fiabilité et des limites de la méthode, il est intéressant de voir que les trois analyses pétrographiques de galets effectuées ont donné à peu près les mêmes résultats, avec une prédominance de galets calcaires (entre 40 et 48% des galets selon la coupe), tant d'origine alpine que jurassienne, devant les gneiss et micaschistes (entre 20 et 22% des galets selon la coupe). Les autres pétrographies retrouvées présentent par contre des pourcentages de galets variables de coupe à coupe (entre 3 et 14%).

## DISCUSSION

### *Ancienne gravière de Bursins – Châtillon*

La succession sédimentaire présente sur le site de l'ancienne gravière de Bursins – Châtillon est typique d'une marge de progression glaciaire du glacier du Rhône à un des épisodes glaciaires antérieurs à 35'000 <sup>14</sup>C BP. Si l'on tient compte également du soubassement de la coupe, composé par des sables quaternaires lithifiés, nous avons là, du bas vers le haut, des faciès de dépôts que sont de plus en plus proximaux par rapport au paléoglacier. Globalement, nous avons une augmentation progressive de la granulométrie et des éléments qui deviennent de plus en plus anguleux, avec une transition assez nette entre des sables fluviatiles (soubassement de la coupe), des alluvions fluviatiles et fluvio-glaciaires (unités 1 et 2) et de la moraine de fond (unité 3).



Malgré cette relative bonne uniformité globale, il est possible de lire dans les sédiments des épisodes qui sont venus perturber la dynamique de dépôts. Un des épisodes perturbateurs majeurs est marqué par la présence de blocs de 1-2 m<sup>3</sup> à la base de l'unité 2. Selon ARN (1984), ces blocs seraient des calcaires d'origine jurassienne, qui témoigneraient d'un transport sur des radeaux de glace flottante issus du Jura sur un cours d'eau glaciaire en bordure droite du glacier du Rhône. Le transport des langues glaciaires jurassiennes jusqu'au glacier du Rhône se serait fait par le biais d'un lac de barrage glaciaire situé dans la région d'Aubonne, comme en témoignent les dépôts glaciolacustres inframorainiques de la vallée de l'Aubonne, situés entre 500 et 700 m d'altitude (AUBERT 1936). Le lac alimentait par la suite une rivière glaciaire qui longeait le glacier du Rhône en direction du SE, comme en témoigne la stratification planaire des sédiments.

La présence de couches sablo-limoneuses à l'intérieur de la moraine de fond (unité 3) permet d'émettre l'hypothèse que le dépôt de la moraine ne s'est pas fait en continu mais qu'il a été coupé par des périodes de sédimentation glaciolacustre dues à un léger abaissement du niveau du glacier (interstades?).

Enfin, il est intéressant de mentionner la présence de failles qui traversent seulement les unités 1 et 2 de la coupe, et qui témoignent des déformations glacitectoniques dues à la masse du glacier du Rhône au moment où il est venu recouvrir les sédiments fluvio-glaciaires pour y déposer sa moraine de fond.

Les sédiments quaternaires anciens de la Côte ont été vraisemblablement préservés de l'érosion du glacier du Rhône en raison de leur position latérale à la cuvette lémanique. Au cours des cycles glaciaires successifs à celui qui a laissé sur place la moraine de Bursins – Châtillon, en effet, l'auge du bassin du Grand-Lac a été creusée en profondeur, en éliminant les anciens sédiments et en approfondissant l'érosion du substrat rocheux (WILDI *et al.* 1999), ce qui a permis de percher au-dessus de l'épaulement glaciaire les sédiments plus anciens. Les sédiments qui se trouvent actuellement au fond du Léman datent donc essentiellement du dernier maximum glaciaire, du Tardiglaciaire et de l'Holocène, comme il a été mis en évidence en carotte, à l'affleurement et en sismique réflexion dans le Petit-Lac et dans la rade de Genève (par exemple, VERNET & HORN 1971; MONJUVENT & NICLOUD 1988; MOSCARIELLO 1996; MOSCARIELLO *et al.* 1998; WILDI *et al.* 1999; GIRARD CLOS *et al.* 2005).

### *La place des graviers de Gilly*

Les alluvions fluviales et fluvioglaciaires de Gilly (Graviers de Gilly), visibles dans l'ancienne gravière de Bursins – Châtillon, ont été interprétées par ARN (1984) comme étant le résultat d'un remaniement partiel de la moraine et des Graviers orientaux. Cette interprétation était basée sur les caractéristiques pétrographiques des Graviers de Gilly, qui étaient pétrographiquement assez proches des Graviers orientaux mais qui se rattachaient altitudinalement aux

Graviers occidentaux. Les analyses pétrographiques effectuées dans ce travail viennent peut-être apporter une réponse à ce problème. D'une part, on a vu que la pétrographie des galets est pratiquement la même entre les Graviers de Gilly et la moraine de fond sus-jacente (figure 8), ce qui permet de supposer que le dépôt de ces deux unités s'est fait progressivement pendant la même avancée du glacier du Rhône. D'autre part, la répétition de l'analyse pétrographique des galets fluvio-glaciaires de la coupe de l'ancienne gravière de Bursins – Châtillon selon la méthode utilisée par ARN (1980, 1984), a permis d'attribuer les Graviers de Gilly aux Graviers occidentaux sur la base de la similitude pétrographique (figure 9). Il n'est donc plus nécessaire d'invoquer un remaniement des Graviers orientaux, ce qui confirme l'hypothèse basée sur l'altitude et la géométrie des affleurements.

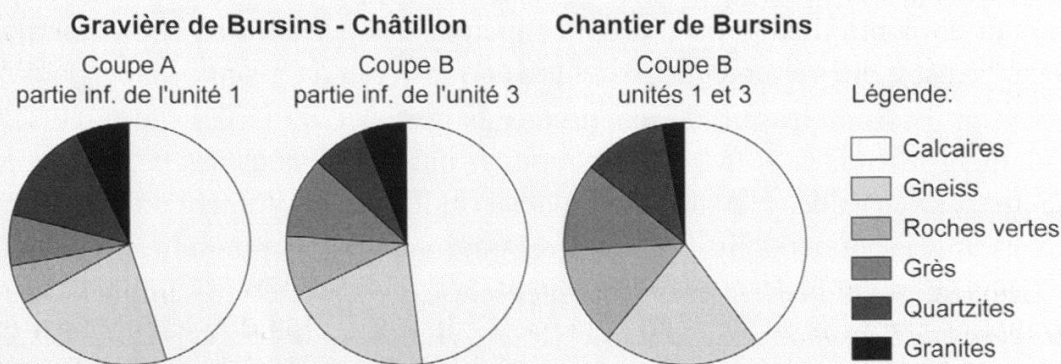


Figure 8.—Résultats de la pétrographie des galets sur les affleurements étudiés.  
Results of the pebbles petrography analysis on the studied sections.

### *Chantier de Bursins*

La géométrie et la stratigraphie des sédiments étudiés dans le chantier de construction de Bursins confirment la morphologie de surface. Il s'agit en effet de la partie supérieure du cône alluvial qui devait être actif au Tardiglaciaire et qui est aujourd'hui fossile. La section étudiée présente deux unités de dépôts alluviaux assez grossiers (unités 1 et 3), issus de l'épandage de sédiments par un cours d'eau à charriage hyper concentré, voir par des laves torrentielles (d'où la présence de blocs). Ces périodes à forte activité torrentielle ont été interrompues par des périodes plus calmes, marquées par du colluvionnement, comme en témoigne l'unité sablo-limoneuse (unité 2), qui est continue sur l'ensemble des trois coupes étudiées. Malheureusement, la coupe ne présentait pas de matériel organique permettant de mieux caler chronologiquement les phases d'activité torrentielle qui ont construit le cône de déjection de Bursins.



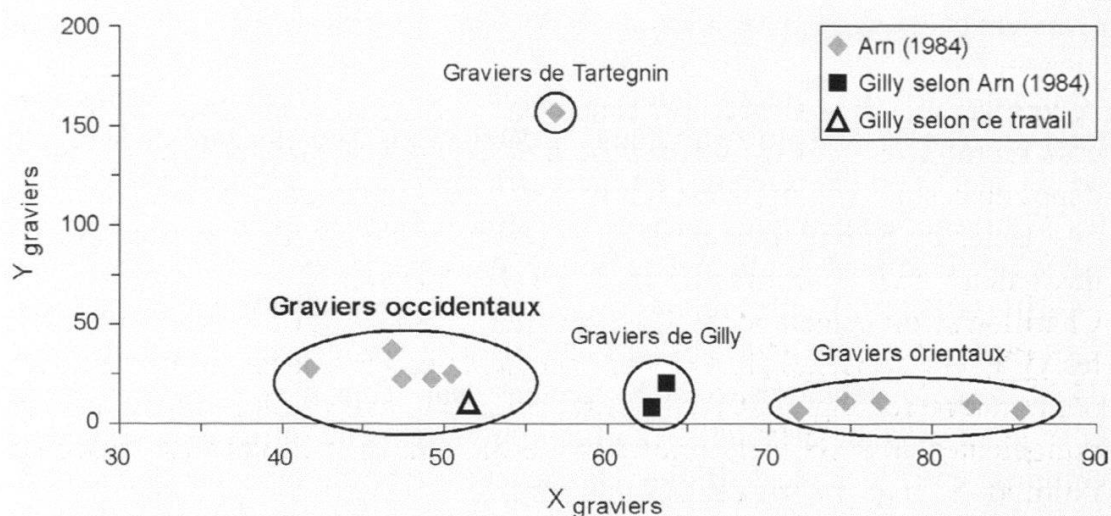


Figure 9.—Diagramme pétrographique des graviers de la Côte. X: % des roches ignées et métamorphiques par rapport au total des roches alpines; Y: % des roches molassiques par rapport au total des roches alpines.

Petrographical diagram of the gravels of La Côte. X: % of igneous and metamorphic rocks respect to the total of alpine rocks. Y: % of molassic rocks respect to the total of alpine rocks.

#### *Dynamique tardiglaciaire du Quaternaire ancien de la Côte*

L'importante similarité pétrographique des galets des coupes étudiées permet de faire l'hypothèse que le cône de déjection fossile de Bursins a été vraisemblablement construit par le remaniement paraglaciale des sédiments glaciogénétiques de la Côte suite à la déglaciation du bassin lémanique. Selon CURRY & BALLANTYNE (1999), en effet, les sédiments d'origine glaciaire remaniés par les processus paraglaciales (sédiments secondaires) présenteraient certaines caractéristiques sédimentologiques identiques par rapport aux sédiments source (sédiments primaires). D'un point de vue chronologique, le processus de réajustement du système géomorphologique suite au retrait glaciaire se serait fait alors que le glacier du Rhône était encore dans la cuvette lémanique, comme le prouvent les bords émoussés de terrasse dans la partie distale des cônes de Vincy et de Bursins, qui témoigneraient de la présence d'un lac de barrage glaciaire à 445-450 m d'altitude (ARN *et al.* 2005). Ce remaniement des sédiments d'origine glaciaire très rapide en début de déglaciation n'a rien d'étonnant: les modèles de dénudation des versants suite à un retrait glaciaire, en effet, indiquent tous des taux d'érosion maximaux dans la période successive au début de la déglaciation (par exemple, BALLANTYNE 2002a; CHURCH & RYDER 1972; CURRY & BALLANTYNE 1999; HARBOR & WARBURTON 1993).



### Contexte chronologique

D'un point de vue chronologique, le nombre limité de datations disponibles rend difficile de connaître plus dans les détails l'histoire glaciaire de la région de la Côte. Si on fait référence au cadre stratigraphique établi par ARN (1984), les sédiments quaternaires anciens de Gilly – Bursins auraient été déposés après les «charbons» du Signal de Bougy, datés par VERNET (1973) à  $\geq 35'000$   $^{14}\text{C}$  BP (GIF-1192), et les limons organiques lacustres de Tartegnin, datés par ARN (1980) à  $\geq 34'000$   $^{14}\text{C}$  BP (Ly-2060), attribués respectivement au Stade de Cossonay et à l'Interstade de Senarclens. Dans ce contexte, les Graviers de Gilly et la moraine de fond les coiffant pourraient être attribués à la période comprise entre le Stade de Bioley-Orjulaz et l'Interstade supérieur de Sionnex, c'est-à-dire à une période qui pourrait être comprise entre 30'000 et 45'000 cal BP.

Le calage chronologique de la période de formation du cône alluvial de Bursins est relativement plus facile. L'âge maximal de formation du cône de Bursins correspond au «Stade Lémanique» (corrélé avec le Stade de Montosset de ARN 1984), qui constitue une phase majeure, postérieure au dernier maximum glaciaire (LGM – *Last Glacial Maximum*), pendant laquelle le glacier du Rhône remplissait la cuvette lémanique avec un front dans la région genevoise. Les éléments de calage chronologique pour le Stade Lémanique sont de type indirect (SCHOENEICH *et al.* 1997): il s'agit de la datation d'un débris de bois dans la rade de Genève à 23'330 - 22'160 cal BP ( $18'940 \pm 210$   $^{14}\text{C}$  BP (ETH-14524) par MOSCARIELLO (1996), et d'un profil de variations séculaires paléomagnétiques à Leysin, qui indique que le site est libre de glace depuis au moins 21'000 cal BP (SCHOENEICH 1998). Ces deux datations doivent être interprétées comme des âges minimaux, ce qui permet de proposer à titre d'hypothèse que le Stade Lémanique se situerait vers 22'000 - 23'000 cal BP. L'âge minimal de formation du cône de Bursins, au contraire, est donné par la datation d'un niveau du Léman à 392 m à 16'730 - 15'220 cal BP ( $13'210 \pm 180$   $^{14}\text{C}$  BP, CRG-606) par GABUS *et al.* (1987), ce qui a permis de confirmer la datation effectuée par ARN (1984) d'un niveau lacustre à environ 400 m à 16'600 - 15'150 cal BP ( $13'090 \pm 160$   $^{14}\text{C}$  BP, Ly-2815). Les sédiments organiques datés proviennent, respectivement, de Dorigny – Saint-Sulpice et d'Allaman. Sur la base de ces éléments chronologiques, on peut donc en conclure que la formation des cônes de déjection de Vincy et de Bursins peut être attribuée à la période de transition Pléniglaciaire/Tardiglaciaire et au début du Tardiglaciaire.

### CONCLUSION

Ce travail a permis de détailler la stratigraphie et la dynamique de sédimentation des dépôts quaternaires de la région de Gilly – Bursins. En particulier, par

rapport aux études précédentes, deux points importants sont à retenir. D'une part, la méthode des codes de lithofaciès a permis de mettre en évidence la complexité des processus résultant d'une avancée glaciaire d'un grand glacier de piémont comme le glacier du Rhône. Il s'agit là d'une méthode de caractérisation des sédiments meubles qui devrait être systématiquement appliquée à tous les affleurements quaternaires, également dans le but d'une comparaison et de corrélations des enregistrements sédimentaires entre eux. D'autre part, l'analyse comparée des coupes étudiées a permis de caractériser la dynamique tardiglaciaire des sédiments glaciogénétiques de la Côte dans le contexte du remaniement paraglaciaire en début de déglaciation. L'étude comparée des sédiments quaternaires anciens de Bursins – Châtillon et des alluvions torrentielles de Bursins a donc permis de s'exprimer sur les conditions morphoclimatiques qui existaient à la fin du Pléniglaciaire/début du Tardiglaciaire sur l'adret Lémanique.

Dans le futur, afin de pouvoir confirmer les analyses sédimentologiques effectuées avec des données chronologiques, il sera important de signaler et de prélever tout échantillon de matière organique dans les coupes temporaires qui pourraient être mises à jour dans la région. Comme on l'a vu dans cette étude, en effet, même la description d'un affleurement dans un contexte morphologique connu, comme ça été le cas pour les coupes étudiées dans le chantier de bâtiment de Bursins, pourrait donner des précieuses informations quant à la dynamique et au remaniement sédimentaire en période de déglaciation, ce qui permettrait de compléter le cadre morphodynamique et climatique du Pléniglaciaire et du Tardiglaciaire périalpin.

Pour terminer, il vaut la peine de signaler que la gravière de Bursins – Châtillon présente une des coupes dans le Quaternaire ancien les mieux conservées du bassin lémanique. En effet, le haut degré de cimentation des sédiments et le fait que la gravière ne soit plus exploitée, permettent d'avoir une coupe très bien visible sans la nécessité de rafraîchissements réguliers du front de taille. En relation avec l'exceptionnalité du site, ces aspects ont conduit à l'insérer dans l'inventaire des géotopes du canton de Vaud en cours de réalisation (PIERACCI *et al.* 2008; objet No. 164 «Graviers de la Côte»). Cette inscription permettra, d'une part, de mieux protéger le site et, d'autre part, d'avoir une base de données à partir de laquelle il sera possible de le valoriser dans le contexte de l'histoire quaternaire de la région.

#### REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier Kim Pieracci pour les informations relatives à l'inventaire des géotopes du canton de Vaud et un relecteur anonyme pour ses commentaires. La calibration des dates radiocarbone a été effectuée avec le logiciel OxCal 4.1, mis à disposition par Christopher Bronk Ramsey, selon la courbe de calibration IntCal 09.



## BIBLIOGRAPHIE

- ARN R., 1980. Les formations quaternaires de la Côte entre Bougy et Begnins (VD). *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 75: 85-100.
- ARN R., 1981. Sur les dépôts glaciaires du Signal de Bougy et de la Côte (Vaud). *Eclogae geol. Helv.* 74: 561-568.
- ARN R., 1984. *Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique*. Thèse de doctorat, Faculté des Sciences, Université de Lausanne, Suisse, 307 p.
- ARN R., CONRAD M.A., MEYER M. & WEIDMANN M., 2005. *Nyon*. Notice explicative de la feuille 117 de l'Atlas Géologique de la Suisse au 1:25'000, Berne, Office fédéral des eaux et de la géologie, 101 p.
- AUBERT D., 1936. Les terrains quaternaires de la vallée de l'Aubonne. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 59: 93-100.
- BADOUX H., 1995. Le glacier du Rhône au Pléistocène. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 83: 245-292.
- BALLANTYNE C.K., 2002a. Paraglacial geomorphology. *Quaternary Science Reviews* 18/19: 1935-2017.
- BALLANTYNE C.K., 2002b. A general model of paraglacial landscape response. *The Holocene* 12: 371-376.
- BALLANTYNE C.K., 2003. Paraglacial landsystems. In Evans D.J. (Ed). *Glacial landsystems*. London, Arnold: 432-461.
- BINI A., FELBER M., POMICINO N. & ZUCCOLI L., 2001. *Geologia del Mendrisiotto (Canton Ticino, Svizzera): Messiniano, Pliocene e Quaternario*. Berna, Ufficio federale delle acque e della geologia, Rapporti dell'UFAEG, Serie Geologia, No. 1.
- CAILLEUX A. & TRICART J., 1963. *Initiation à l'étude des sables et des galets*. Paris, CDU, 2 tomes.
- CHURCH M. & RYDER J.M., 1972. Paraglacial sedimentation: a consideration of fluvial processes conditioned by glaciations. *Geol. Soc. Am. Bull.* 83: 3059-3071.
- CURRY A.M. & BALLANTYNE C.K., 1999. Paraglacial modification of glaciogenic sediment. *Geografiska Annaler* 81A: 409-419.
- EYLES N., EYLES C.H. & MIALI A.D., 1983. Lithofacies types and vertical profile models: an alternative approach to the description and environmental interpretation of glacial diamict and diamictite sequences. *Sedimentology* 30: 393-410.
- EYLES N., CLARK B.M. & CLAGUE J.J., 1987. Coarse-grained sediment gravity flow facies in a large supraglacial lake. *Sedimentology* 34: 193-216.
- GABUS J.-H., LEMDAL G. & WEIDMANN M., 1987. Sur l'âge des terrasses lémaniques au SW de Lausanne. *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* 78: 419-429.
- GIRARD-CLOS S., FIORE J., RACHOUD-SCHNEIDER A.-M., BASTER I. & WILDI W., 2005. Petit-Lac (western Lake Geneva) environment and climate history from deglaciation to the present: a synthesis. *Boreas* 34: 417-433.
- HARBOR J. & WARBURTON J., 1993. Relative rates of glacial and nonglacial erosion in alpine environments. *Arctic and Alpine Research* 25: 1-7.
- JEANNET A., 1923. Les charbons feuilletés de la Suisse occidentale. *Matériaux pour la carte géologique de la Suisse*, série géotechnique, 8.
- KING C.A., 1966. *Techniques in geomorphology*. London, Arnold.
- MIALI A.D., 1977. A review of the braided-river depositional environment. *Earth-Science Reviews* 13: 1-62.
- MIALI A.D., 1978. Lithofacies types and vertical profile model in braided river deposits: a summary. In MIALI A.D. (Ed). *Fluvial sedimentology*. Memoir of the Canadian Society of Petroleum Geologists 5: 597-604.



- MONJUVENT G. & NICOUD G., 1988. Interprétation de la déglaciation rhodanienne au Würm, des moraines «internes» à la cuvette lémanique. *Bulletin de l'AFEQ* 2/3: 129-140.
- MOSCARIELLO A., 1996. Quaternary geology of the Geneva bay: sedimentary record, palaeoclimatic and palaeoenvironmental reconstruction since the Last Glacial Cycle. *Terre & Environnement* 4, 230 p.
- MOSCARIELLO A., PUGIN A., WILDI W., BECK C., CHAPRON E., DE BATIST M., GIRARD CLOS S., IVY-OCHS S., RACHOUD-SCHNEIDER A.-M., SIGNER C. & VAN CLAUWENBERGHE T., 1998. Déglaciation würmienne dans des conditions lacustres à la terminaison occidentale du bassin lémanique (Suisse occidentale et France). *Eclogae geol. Helv.* 91: 185-201.
- PIERACCI K., REYNARD E., MARCHAND R., MEISSER N., BOREL G., BAUD A., MASSON H., JEANNIN P.-Y., SCHOENEICH P. & GMÜR P., 2008. *Inventaire des géotopes du canton de Vaud. Rapport*. Lausanne/St-Sulpice, Centre de conservation de la faune et de la nature du canton de Vaud.
- SCHOENEICH P., 1998. *Le retrait glaciaire dans les vallées des Ormonts, de l'Hongrin et de l'Etivaz (Préalpes vaudoises)*. Lausanne, Institut de Géographie, Travaux & Recherches No. 14, 2 vol.
- SCHOENEICH P., DORTHE-MONACHON C., JAILLET S. & BALLANDRAS S., 1997. Le retrait glaciaire dans les vallées des Préalpes et des Alpes au Tardiglaciaire. *Bulletin d'études préhistoriques et archéologiques alpines*, Numéro spécial consacré aux Actes du VIII Colloque International sur les Alpes dans l'Antiquité, Sion, 26-28 septembre 1997: 23-37.
- VERNET J.-P. & HORN R., 1971. Etude sédimentologique et structurale de la partie occidentale du lac Léman par la méthode sismique à réflexion continue. *Eclogae geol. Helv.* 64: 291-317.
- WILDI W., MOSCARIELLO A. & PUGIN A., 1999. Histoire glaciaire du Léman. In Bertola C., Goumand C., Rubin J.-F. (Eds.). *Découvrir le Léman 100 ans après François-Alphonse Forel*. Actes du Colloque pluridisciplinaire, Nyon, 16-18 septembre 1998. Genève, Slatkine: 399-414.

*Manuscrit reçu le 4 novembre 2008*

