

AperTO - Archivio Istituzionale Open Access dell'Università di Torino

Arret 3 - Les Collines d'Ivrea. Affleurements rocheux à modelé glaciaire à l'intérieur de l'AMI (Biò, Borgofranco d'Ivrea).

This is a pre print version of the following article:

Original Citation:

Availability:

This version is available <http://hdl.handle.net/2318/84144> since

Terms of use:

Open Access

Anyone can freely access the full text of works made available as "Open Access". Works made available under a Creative Commons license can be used according to the terms and conditions of said license. Use of all other works requires consent of the right holder (author or publisher) if not exempted from copyright protection by the applicable law.

(Article begins on next page)

Quatrième demi-journée - vendredi 3 juin 2005 après midi

**FORMES ET DÉPÔTS GLACIAIRES
DANS L'AMPHITHÉÂTRE MORAINIQUE D'IVREA (AMI)**

Par Maria Gabriella FORNO, FRANCO GIANOTTI, MARCO GIARDINO et Federico GROSSO

| | |
|---|-----|
| Présentation générale | 129 |
| Arrêt 1 - Serra d'Ivrea et Petite Serra | |
| par Maria Gabriella FORNO, Franco GIANOTTI et Federico GROSSO | 137 |
| Arrêt 2 - Stratigraphie de la Serra d'Ivrea | |
| par Maria Gabriella FORNO, Franco GIANOTTI et Federico GROSSO | 140 |
| Arrêt 3 - Les Collines d'Ivrea ; Affleurements rocheux à modelé glaciaire à l'intérieur de l'AMI | |
| par Maria Gabriella FORNO, Franco GIANOTTI et Federico GROSSO | 143 |
| Encadré : L'amphithéâtre morainique d'Ivrea vu par les anciens auteurs | 146 |

Itinéraire de la deuxième demi-journée

PRÉSENTATION GÉNÉRALE

Par FRANCO GIANOTTI et MARCO GIARDINO

Sur le versant padan des Alpes, les phénomènes liés à la glaciation quaternaire ont contrôlé de manière déterminante la morphogenèse, non seulement dans les secteurs montagneux les plus élevés mais également dans les basses vallées et à leur débouché dans la plaine. L'interaction entre processus glaciaires et périglaciaires a produit des formes d'érosion ou résiduelles sur les versants et le piémont. La morphogenèse glaciaire dans la partie centrale des Alpes nord-occidentales internes

a été principalement contrôlée par les glaciers du bassin de la Doire Baltée. Les phases d'expansion et de retrait du glacier principal, le glacier Baltée, sont à l'origine de l'Amphithéâtre morainique d'Ivrea, un ensemble imposant de moraines terminales qui se développe sur une superficie d'environ 600 km², dimensions qui lui valent d'être le 3^e des amphithéâtres morainiques du versant italien des Alpes (Figure 4.1).

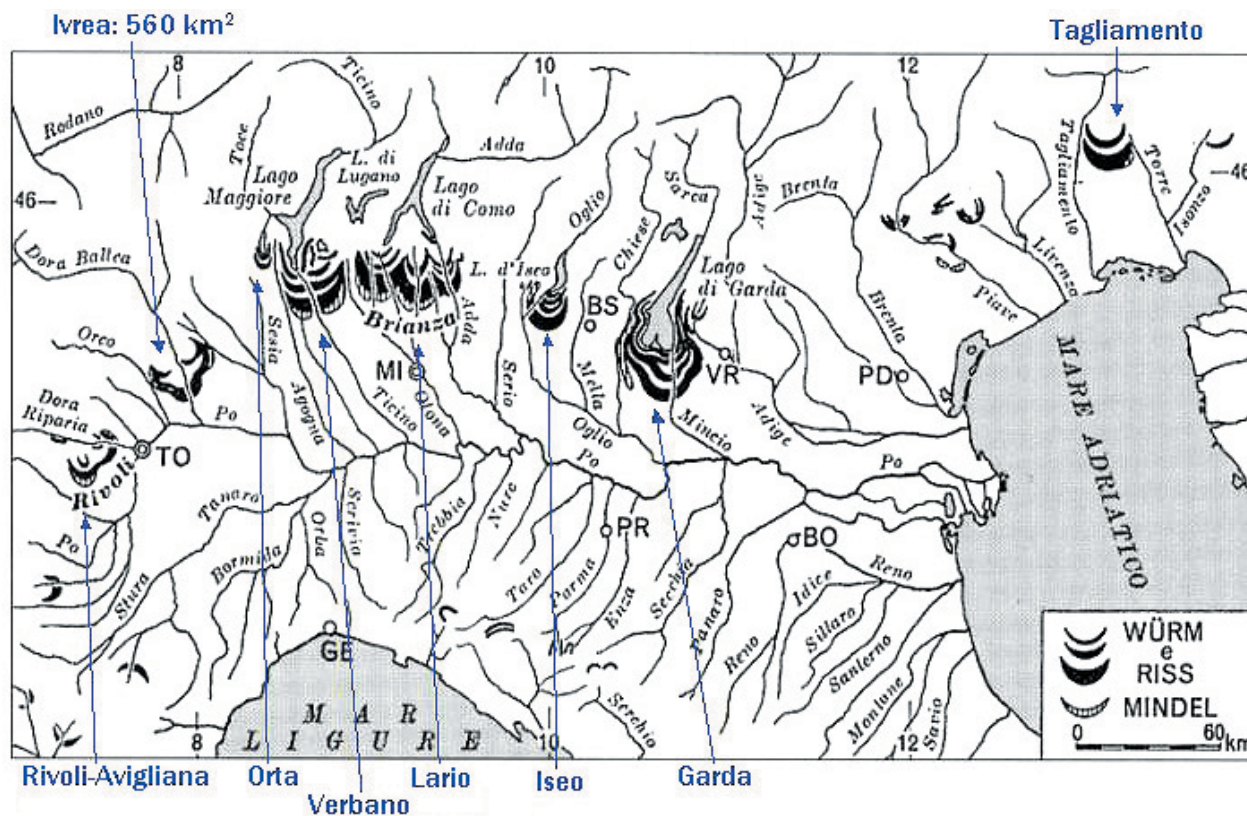


Figure 4.1 - Amphithéâtres morainiques sur le versant italien des Alpes [VENZO xxx].

Figura 4.1 - Anfiteatri morenici sul versante italiano dei Alpi [Venzo xxx].

L'excursion qui traverse une partie de l'amphithéâtre morainique d'Ivrea (AMI) donne une vue d'ensemble des formes et dépôts qui le constituent ; quelques références bibliographiques d'études géologiques et géomorphologiques récentes permettront d'avoir plus de détails, tandis que les travaux de CARRARO [1992], GIANOTTI [1996] et DE RENZO [2004] peuvent servir de support à des excursions thématiques ultérieures.

Dans la littérature scientifique, l'AMI, est interprété comme le produit de diverses pulsations glaciaires, qui ont donné naissance à trois groupes de moraines terminales [CARRARO, 1992] (Figure 4.2), qui sont, du plus interne au plus externe, des groupes de Bolgo, de la Serra et de Bollengo. Ces groupes d'arcs morainiques présentent une structure complexe, due à la multiplicité des épisodes de sédimentation et d'érosion. Toutefois, leur répartition semble aussi conditionnée par les caractéristiques lithologiques du substratum dans les divers secteurs de l'amphithéâtre et la morphologie antérieure à la glaciation.

téristiques lithologiques du substratum dans les divers secteurs de l'amphithéâtre et la morphologie antérieure à la glaciation.

Le substratum de l'AMI est constitué par :

1. le socle paléozoïque (secteur interne) dont les roches appartiennent à trois des principaux domaines structuraux de la chaîne alpine :
 - l'Austroalpin (zone Sesia-Lanzo), à micaschistes et metabasites avec des associations métamorphiques de haute pression [VENTURNI, 1995] ;
 - le Sudalpin (zone Ivrea-Verbanò), à roches basiques [VOSHAGE *et al.*, 1990] ;
 - intercalé entre les deux précédentes, la zone du Canavese (soubassement cristallin anté-permien, couverture permo-mésozoïque et rhyolites tertiaires [BIINO & COMPAGNONI, 1989].

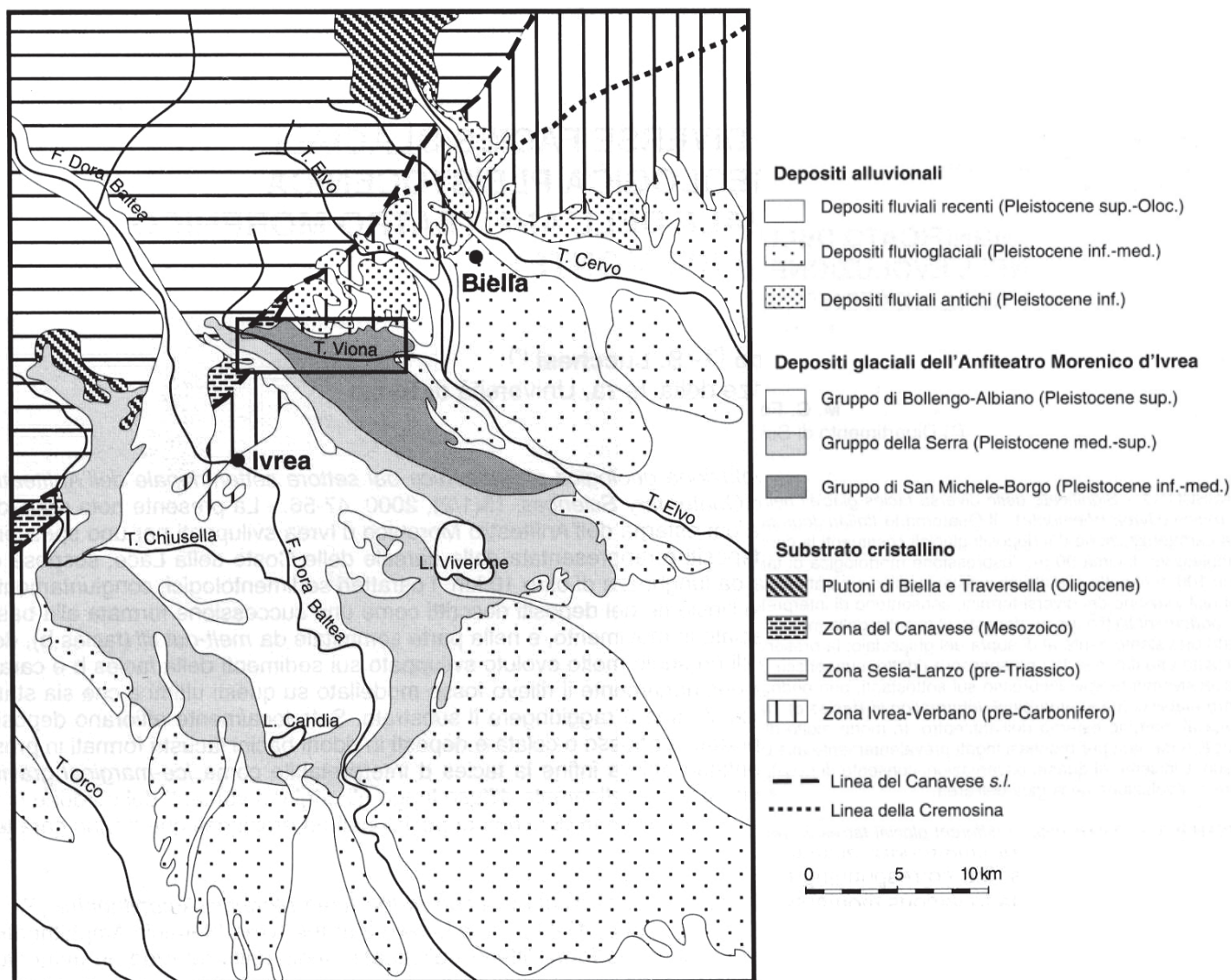


Figure 4.2 - Carte géologique du secteur de l'amphithéâtre morainique d'Ivrea [CARRARO, 1992].

Figura 4.2 - : Carta geologica della regione del anfiteatro morenico d'Ivrea [CARRARO, 1992].

Les limites entre ces domaines structuraux sont marquées par les failles du Canavese, qui prolonge la faille insubrienne péri-adriatique, principale discontinuité structurale sur le flanc interne des Alpes.

2. des sédiments pliocènes deltaïques marins dans les secteurs central et latéral droit de l'AMI.
3. des alluvions sableuses et graveleuses du Pléistocène inférieur (secteur externe), fortement altérées, qui appartiennent à des cônes de déjection alluviaux. Leurs bassins d'alimentation peuvent être distingués à l'aide de la lithologie des clastes : très hétérogène au débouché de la Vallée d'Aoste (bassin de la Doire Baltée), elle est relativement monotone à celui des vallées mineures. Des lambeaux de ces cônes ne s'observent plus que sur la marge gauche de l'amphithéâtre.

Ces caractéristiques géologiques suggèrent que la complexité de l'arrangement structural du substratum de l'AMI reflète des phénomènes de mouvements tectoniques différentiels. Ceux-ci seraient restés actifs après l'édification de l'AMI puisque, dans certains secteurs, les cours d'eau post-glaciaires ont rapidement incisés non seulement les tills mais également le substratum.

Quelques anomalies du réseau hydrographique actuel pourraient être imputées à ces soulèvements tectoniques différentiels.

La reconstruction de l'évolution géologique et géomorphologique de l'AMI impose la prise en considération de la concomitance des variations climatiques avec d'autres facteurs (*e.g.* géodynamique, lithostructure), déterminant phases de dépôt et d'érosion. Seules les études de l'AMI les plus récentes utilisent les critères de l'allostratigraphie [CARRARO *et al.*, 1991 ; CARRARO, 1992 ; GIANOTTI, 1993 ; ENRIETTI, 1996 ; AROBBA *et al.*, 1997] afin, en intégrant des données sédimentologiques, stratigraphiques et géomorphologiques, d'identifier les principales discontinuités stratigraphiques (une révision du sujet est actuellement en cours au Département des Sciences de la Terre de l'Université de Turin). Les rapports entre les unités de dépôts glaciaires des trois groupes de moraines terminales de l'AMI (Figure 4.2) ont été étudiés en premier lieu en comparant l'altimétrie des surfaces d'appui basal et les formes de modelé. Puis une chronologie relative a été établie en utilisant les données pédostratigraphiques. Enfin, où cela a été possible, l'âge des sédiments a été corrélé aux dates paléomagnétiques et radiométriques.

LES TROIS GROUPES DE MORAINES TERMINALES DE L'AMI

Le Groupe de Borgo

Groupe le plus externe et ancien de l'AMI, il ne s'observe que sur le côté gauche de l'amphithéâtre. Les rapports stratigraphiques montrent que les plus anciens dépôts glaciaires reconnus dans le Groupe de Borgo sont contemporains des dépôts lacustres résultant du barrage du torrent Elvo par le glacier Baltée. Des études sur le paléomagnétisme de ces derniers [LANZA & ZANELLA, *in* CARRARO *et al.*, 1991] ont montré que leur polarité inverse correspond à l'époque de Matuyama, c'est-à-dire au Pléistocène inférieur.

L'altération physico-chimique prolongée des formations superficielles du secteur le plus externe de l'amphithéâtre a produit un profil d'altération très épais et des sols de couleur très intense, allant jusqu'à rouge-marron sombre (10 R - 5YR). L'érosion, en particulier les mouvements de masse, a profondément modifié la forme des moraines terminales de ce groupe. Cependant, les lambeaux disséqués des dépôts glaciaires conservent la direction originelle des moraines, car le tracé du réseau hydrographique post-glaciaire a été guidé par celle-ci. Sur la marge de ces moraines et en relations avec elles, des dépôts fluvio-glaciaires souvent recouverts de loess sont présents.

Les relations stratigraphiques et entre les formes montrent que la phase glaciaire qui correspond au Groupe de Borgo a comporté au moins deux stades :

- Comme indiqué *supra*, les dépôts les plus anciens et externes sont pléistocènes inférieurs. Les faciès les plus représentatifs de ce stade sont (i) des diamictons massifs très consolidés avec des galets subanguleux à arrondis, correspondant à des tills de fond ; (ii) des diamictons peu consolidés, très altérés, avec des galets sub-anguleux à arrondis à matrice abondante ou à structure open work, correspondant à des tills d'ablation.
- Les moraines plus récentes et internes correspondraient à un stade glaciaire postérieur [CARRARO *et al.*, 1991]. Les dépôts de ce stade présentent des faciès très divers, des diamictons aux graviers sableux, des silts aux argiles déformés par la glaciectonique. Les caractéristiques des dépôts et l'association des faciès suggèrent que la sédimentation est survenue en milieu subaquatique juxtaglaciaire.

Après les premières périodes glaciaires, les processus d'érosion et de sédimentation fluviales du début du Pléistocène moyen ont permis le développement d'un important gisement aurifère dans le secteur de la Bessa, sur la marge du secteur gauche de l'AMI (Figure 4.3). En effet, les minéraux aurifères érodés dans le substratum du Val d'Ayas (tributaire de la Vallée d'Aoste) ont d'abord été concentrés par les processus colluviaux et fluviales, puis transportés par le glacier Baltée et, enfin, déposés sur le secteur gauche de l'amphithéâtre.

D'un remaniement ultime par les cours d'eau locaux (Viora et Globbia) résulte leur concentration dans les alluvions qui forment le sommet de l'actuelle terrasse de La Bessa.

L'exploitation du gisement par les Romains au 1^{er} siècle av J.C. a provoqué un bouleversement de la région impressionnant, avec d'importants dépôts anthropiques de galets et graviers qui s'étendent de manière continue sur c. 10 km² [GIANOTTI, 1996].

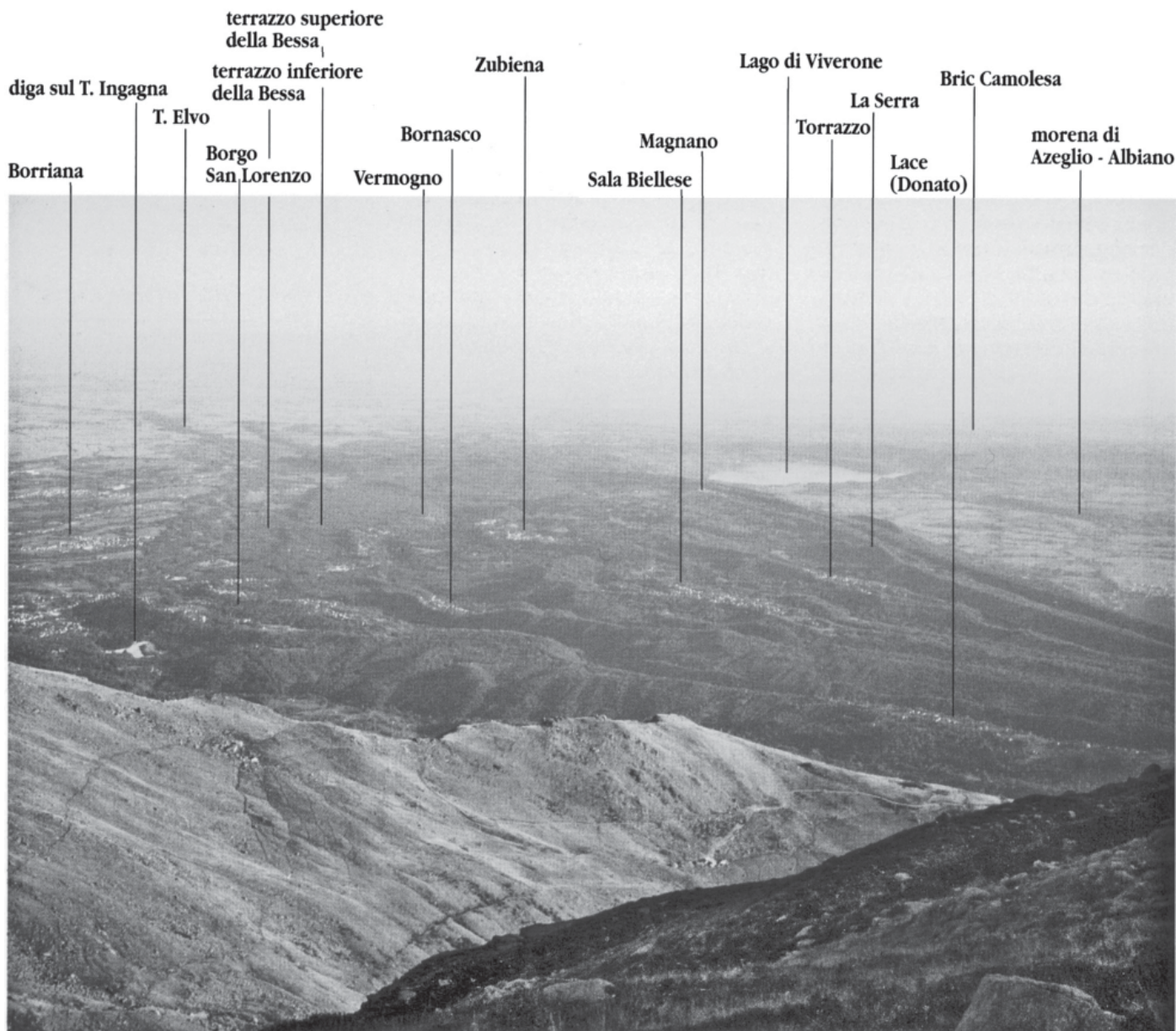


Figure 4.3 - Le secteur latéral gauche de l'AMI (vu du versant sud de la Colma di Monbarone). A droite, la dépression interne de l'amphithéâtre, clos par les moraines latérales et frontales. A gauche, la plaine de Biella et Vercelli. Les deux terrasses de la Bessa correspondent aux déblais miniers du placier aurifère exploité à l'époque romaine [GIANOTTI, 1996].

Figura 4.3 - Il settore laterale sinistro dell'Anfiteatro morenico di Ivrea (veduta dal versante meridionale della Colma di Monbarone). A destra è la piana interna dell'anfiteatro, racchiusa dalle morene laterali e frontali. A sinistra è la pianura di Biella e Vercelli. I due terrazzi della Bessa corrispondono alle discariche di miniera del placier aurifero coltivato in epoca romana [GIANOTTI, 1996].

Le Groupe de Serra

Son nom dérive de la Serra d'Ivrea, la forme la plus célèbre de l'amphithéâtre, composée de deux crêtes morainiques principales parallèles qui présentent un profil longitudinal rectiligne caractéristique. La Serra

d'Ivrea se développe sur le secteur gauche de l'AMI sur une longueur de 18 km et une dénivellé maximale de 600 m. Constituant la partie la plus interne d'un groupe de moraines (fig. 1), elle est exclusivement formée de

dépôts glaciaires et glaciogéniques et présente un profil d'altération moins épais (quelques mètres) et un indice de couleur des sols moins élevé (jusqu'à jaune-rougeâtre, 7.5 YR) que ceux des moraines plus externes. Les dépôts fluvio-glaciaires du Groupe de la Serra forment une série d'unités disposées en terrasse dans la partie interne de l'amphithéâtre et sur la plupart des cônes fluvio-glaciaires qui s'étendent de l'AMI jusqu'au Pô.

La position chronologique du Groupe de la Serra est un thème scientifique qui a été régulièrement l'objet de débats. Quelques auteurs l'attribuent à l'avant-dernière glaciation (Le Riss classique, aujourd'hui définie de manière plus correcte comme l'expansion glaciaire maximum du Pléistocène moyen), tandis que

d'autres l'attribuent à la dernière expansion glaciaire (c'est-à-dire le Würm ou, mieux, l'expansion glaciaire maximum du Pléistocène supérieur). La datation ^{14}C des dépôts tourbeux intercalés dans les dépôts glaciaires du Groupe de la Serra, reconnus par un sondage près d'Alice Superiore, dans le secteur droit de l'AMI (Arobba *et al.*, 1997), a donné un âge supérieur à 43 000 ans BP (Figure 4.4). L'étude palynologique a montré l'existence d'une végétation probablement liée à un interstade climatique tempéré, la présence de *Fagus* suggérant qu'il est post-Eémien. Il en résulte qu'une partie au moins du Groupe de la Serra date du Pléistocène supérieur, tandis que le groupe plus interne (Groupe de Bollengo) a un âge fini-Pléistocène supérieur.

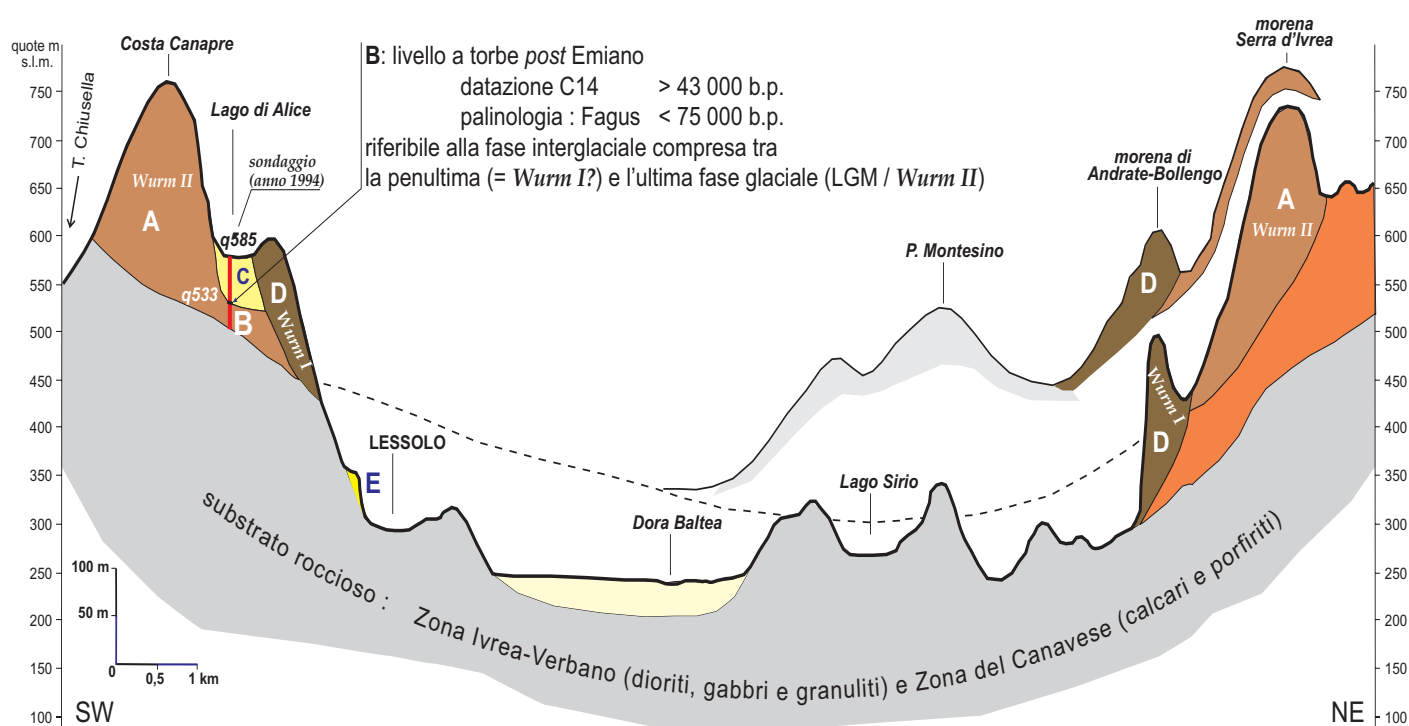


Figure 4.4 - Relations entre les secteurs latéraux droit et gauche de l'AMI, établies à partir de la datation des tourbes interstadias dans le secteur droit [AROBBA *et al.*, 1996].

Figura 4.4 - Correlazione tra i settori laterali destro e sinistro dell'AMI, sulla base della datazione di torbe interstadias nel settore destro [AROBBA *et al.*, 1996].

Groupe de Bollengo

Les études menées dans le secteur d'Alice Superiore ont montré que les unités de dépôts glaciaires correspondant aux arcs morainiques les plus internes et récents reposent sur des surfaces modelées dans le substratum à une altitude progressivement plus basse. C'est en particulier le cas des dépôts du Groupe de Bollengo, qui représenterait le dernier épisode glaciaire (LGM). L'âge plus récent de ce groupe (c. 25000 à 18000 BP) est induit par la datation d'Alice superiore [ARABBA *et al.*, 1996], par sa position plus interne dans l'amphithéâtre

et par comparaison avec les autres amphithéâtres sud-alpins. Les caractéristiques pédostratigraphiques sont moins pertinentes car des colluvions de couleur jaunâtre (7.5 YR) sont également présentes, ce qui rend l'indice de couleur inutilisable pour différencier les dépôts des différentes expansions du Pléistocène supérieur.

Les dépôts fluvio-glaciaires du Groupe de Bollengo constituent une séquence de terrasses emboîtées dans les sédiments glaciaires et fluvio-glaciaires des groupes plus anciens. Des dépôts lacustres contemporains

du Groupe de Bellengo atteste d'un lac proglaciaire qui s'étendait entre le front du glacier et les arcs morainiques du Groupe de la Serra. Les lacs de Candia et Viverone sont les restes de ce paléolac, tandis que son

émissaire s'écoulait par la dépression de la «Doire morte» qui se développe dans la direction NW-SE et est en partie empruntée par l'actuelle bretelle autoroutière Santhià-Ivrea.

RIASSUNTO

Allo sbocco della Valle d'Aosta l'anfiteatro morenico di Ivrea, con quasi 600 km² di estensione, è il terzo delle Alpi Italiane, dopo quelli del Garda e del Verbano. Esso è stato edificato dal ghiacciaio della Dora Baltea nell'arco di un numero imprecisato di glaciazioni, che vanno dal termine del Pleistocene inferiore [circa 800.000 anni B.P.; da analisi paleomagnetica su depositi glaciolacustri, CARRARO et al., 1991] all'ultimo episodio glaciale del Pleistocene superiore (Last Glacial Maximum).

L'anfiteatro è caratterizzato dalla presenza di una vasta depressione interna pianeggiante (circa 250 km²), circondata da un imponente complesso di cerchie laterali e frontali, con dislivelli che per la maggior parte oltrepassano i 300-400 m di altezza. Particolarmente interessante e paesaggisticamente magnifico è l'apparato laterale sinistro, sul cui margine esterno (verso Est) sono conservate le morene più antiche ed il cui margine interno è definito da una morena laterale tra le più estese e regolari del mondo: la Serra d'Ivrea.

Arrêt 1

Serra d'Ivrea et Petite Serra

(Andrate)

Par MARIA GABRIELLA FORNO, FRANCO GIANOTTI et FEDERICO GROSSO

Au pied des premiers affleurements rocheux au début de la montée vers Andrate (bifurcation pour Bianca-Chiaverano, 339 m d'altitude), on se trouve sur la grande Faille Insubrienne (ici dans sa section du Canavese externe) qui s'étire dans la direction NE-SW. Elle sépare des roches polymétamorphosées, au NW (domaine austroalpin), de roches peu ou pas métamorphosées au SE (domaine sud-alpin).

- A gauche (vers l'amont) se trouve le débouché de la vallée de la Doire Baltée, où affleurent les micaschistes éclogitiques de la zone Sesia-Lanzo (Austroalpin), qui forment les premières montagnes.
- A droite (vers l'aval), une large tranchée routière montre les mylonites dites «schistes de Bio» (jusqu'à la petite église de Saint Maurizio) qui séparent l'Austroalpin du Sudalpin. Ce dernier est représenté par la Zone du Canavese et les cailloutis de la Zone Ivrea-Verbanò, qui affleurent dans le secteur

des Collines d'Ivrea dans la dépression interne de l'AMI.

Par temps suffisamment clair, on peut jouir depuis Andrate (800 m d'altitude, 500 habitants) et ses environs de vastes panoramas sur l'amphithéâtre morainique d'Ivrea. La première bonne vue sur les moraines de la Serra d'Ivrea et de la Petite Serra ainsi que le secteur interne se situe quelques kilomètres après Nomaglio, sur le replat rocheux de la Serramonte (760 m), en face et en contrebas d'Andrate, qui est situé sur la crête de la Petite Serra (moraine du LGM).

Dans le secteur d'Andrate, situé à au débouché de la vallée de la Doire Baltée dans la plaine piémontaise, s'amorcent les moraines latérales du secteur gauche de l'AMI, les plus élevées et étendues, se détachant du versant montagneux pour former un éventail vers la plaine. Parmi ces moraines, les deux plus caractéristiques sont (Figure 4.5) :

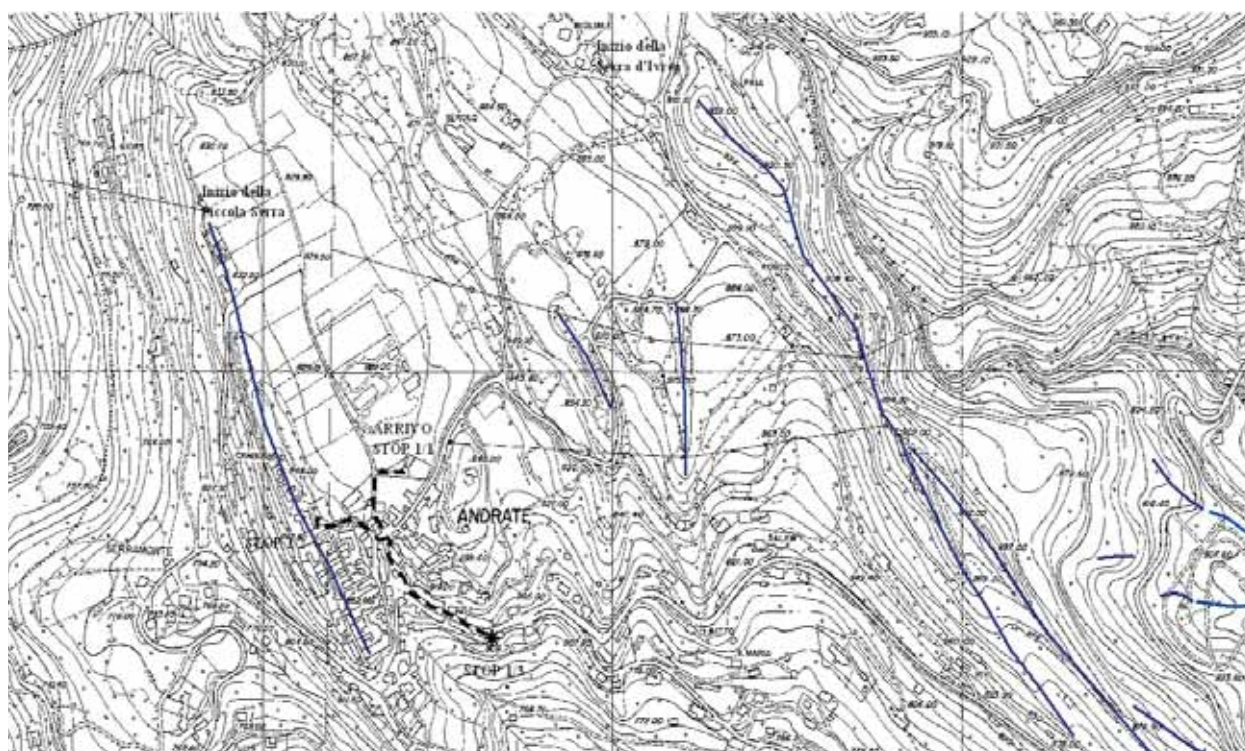


Figure 4.5 - Carte de l'itinéraire pendant l'arrêt 1 (fond topographique : CTR de la province de Turin ; échelle 1 : 5 000).

Figura 4.5 - Mappa dell'itinerario durante il stop 1 (base topografica dalla CTR a scala 1:5.000 della provincia di Torino).

- **La Serra d'Ivrea.** C'est un exemple remarquable de moraine latérale, par ses dimensions et par sa régularité : depuis l'intérieur de l'amphithéâtre, elle apparaît comme une muraille qui sépare le Canavese du Biellese (Figure 4.6). En réalité, son uniformité n'est qu'apparente, puisqu'elle se compose d'une demi-douzaine de moraines d'accrétion subparallèles mais dont seules 2 ou 3 ont été conservées localement : en effet, une crête morainique très élevée dans un secteur déterminé se voit remplacer vers l'aval par celle d'une moraine plus externe, qui devient alors la moraine principale. Les autres moraines de la Serra masquent la partie la plus ancienne et externe de l'AMI (Groupe de Borgo, Pléistocène inférieur et moyen), constituée par une série de moraines beaucoup moins élevées

et davantage remodelées, caractérisées par la couleur rougeâtre de leur sol.

- **La moraine Andrate-Bollengo,** appelée la **Petite Serra.** Attribuée au dernier épisode glaciaire (LGM), elle s'amorce près du cimetière d'Andrate (cf. Point de vue 1), à 848 m d'altitude, et s'abaisse progressivement sur 9 km jusqu'à la plaine interne de l'amphithéâtre (240 m), où elle est tronquée par l'érosion de la Doire Baltée. La Petite Serra, comme son homologue dans le secteur droit, la moraine de Strambino, est un vestige important d'un arc morainique latéro-frontal, qui indique vraisemblablement la plus grande expansion durant le LGM, quand le glacier Baltée s'avancit de 17 km dans la plaine padane.

POINT DE VUE 1

La plaine de Salamia (Figure 4.7) est un vaste replat qui résulte du comblement d'un lac (avec un niveau sommital à tourbe), compris entre les moraines de la Serra et de la Petite Serra. Postérieurement, des terrasses y ont été aménagées vers l'amont et l'aval. Le paléolac a été engendré par le barrage d'un chenal gla-

ciaire, dont le fond est remblayé à l'aval par des dépôts fluvioglaciers très grossiers (avec des niveaux de blocs de vidange glaciaire) et, à l'amont, principalement par la séquence lacustre, dont l'épaisseur peut atteindre 25 m.



Figure 4.6 - La Serra d'Ivrea vue depuis la dépression interne de l'AMI. A l'extrémité gauche de la photo, débouché de la Vallée d'Aoste barré par les collines d'Ivrea ; la Serra a son origine en amont d'Andrate, sur le versant sud de la Colma di Monbarone.

Figura 4.6 - La Serra d'Ivrea vista dalla piana interna dell'anfiteatro morenico. All'estremità sinistra della foto è lo sbocco della Valle d'Aosta, dove la Serra prende origine, a monte di Andrate, sulle falde meridionali della Colma di Mombarone. Lo sbocco vallivo è sbarrato dai Colli di Ivrea.



Figure 4.7 - Vue sur le secteur d'Andrate depuis l'amont.

Figura 4.7 - Veduta sul settore di Andrate da monte.

POINT DE VUE 2

Depuis l'église d'Andrate, on jouit de deux panoramas exceptionnels depuis la crête de la Petite Serra (850 m) :

- vers le nord (flanc externe de la Petite Serra), la plaine du paléolac intermorainique s'étend à 825 m d'altitude. Au fond s'ouvre la vallée du Torrente Viona, dernier bassin tributaire de rive gauche de la Doire Baltée, entièrement incisé dans les micaschistes éclogitiques. La ligne de crête qui le délimite culmine à la Colma de Mombarone (2371 m), dont le sommet porte l'une des 20 grandes statues du Christ Rédempteur érigées en 1900 dans chacune des régions d'Italie pour célébrer le nouveau siècle. La section proximale de la grande moraine

de la Serra d'Ivrea (933 m) s'élève brusquement, car elle a été recoupée vers l'amont par le glacier tributaire de Viona.

- vers le sud et le SW, on se trouve à environ 600 m au-dessus du fond alluvial de la vallée de la Doire Baltée. A l'aval du débouché de la vallée, on aperçoit le barrage représenté par les collines de diorites d'Ivrea qui pointent dans la plaine interne de l'AMI, la partageant en deux secteurs. Plus loin s'élèvent les moraines latérales droites de l'AMI, dont la première, rattachée au Mont Cavalleria, est l'homologue de la Serra d'Ivrea. Par temps clair, en particulier au coucher du soleil, le regard embrasse l'horizon depuis les Alpes Graies jusqu'à la pyramide du Mont Viso, sur la frontière Italie-France.

POINT DE VUE 3

Depuis une petite terrasse panoramique d'Andrate, on observe en direction du sud et du SE la partie interne de l'amphithéâtre morainique et la courbure de la Petite

Serra qui se détache progressivement de la base de la Serra d'Ivrea en formant un arc frontal largement érodé (Figura 4.8).



Figure 4.8 - Vue en direction du SE sur les flancs internes des moraines de la Serra et de la Petite Serra. Au fond, le lac intermorainique de Viverone, le plus étendu des lacs de l'amphithéâtre.

Figura 4.8 - Vista sui fianchi interni delle morene della Serra e della Piccola Serra. Sullo sfondo è il lago intermorainico di Viverone, il maggiore dell'anfiteatro.

RIASSUNTO

Ad Andrate, dove ha origine la Serra d'Ivrea a q. 937 m, dalla cresta della Piccola Serra (morena del LGM ; q. 850 m) la vista spazia verso lo sbocco della valle della Doira Baltea (q. 250 m) e su parte del settore laterale destro dell'anfiteatro (Point de vue 2), ed inoltre sui fianchi interni di Serra d'Ivrea e Piccola Serra e su tutta la conca interna (Point de vue 3).

Arrêt 2 Stratigraphie de la Serra d'Ivrea

(Chiaverano)

Par MARIA GABRIELLA FORNO, FRANCO GIANOTTI et FEDERICO GROSSO

Après avoir remonté le flanc interne de la Serra d'Ivrea jusqu'à la crête de Croce Serra (853 m) puis tourné à droite en direction de Sala Biellese, on s'arrête dans une vaste clairière, près d'un petit lac artificiel installé dans une dépression intermorainique (Figure 4.9). On quitte la crête très arrondie d'une moraine du groupe de Borgo (683 m), le plus ancien des trois groupes de moraines formant l'AMI. Les indices de couleur des sols ont des valeurs très élevées (e.g. 7.5 YR 5/6,

avec des bigarrures à 2.5 YR 5/8). Après avoir traversé deux moraines (de la plus ancienne à la plus récente) et 3 dépressions intermorainiques, on rejoint la crête de la Serra d'Ivrea, beaucoup plus haute et escarpée (735 m d'altitude, 40 m de dénivelé), puis le chenal à 715 m. On remonte enfin le fond plat de La Vallecola jusqu'à la grande niche d'arrachement qui entaille le flanc interne de la moraine principale (Figure 4.10).

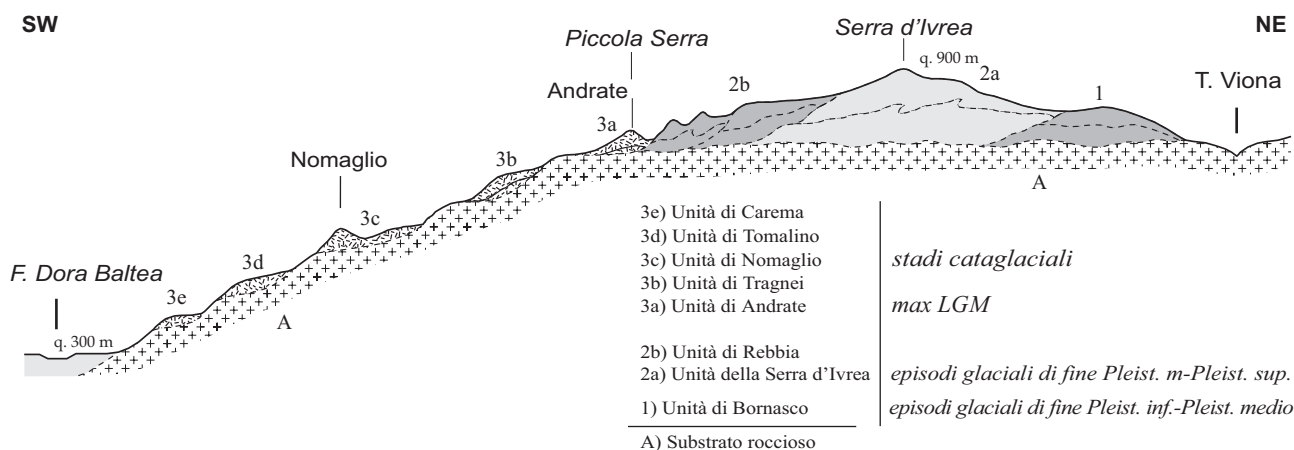


Figure 4.9 - Rapports entre les unités allostratigraphiques reconnues dans la partie gauche de l'amphithéâtre et dans la basse Vallée d'Aoste, où les moraines et les dépôts glaciogéniques déposés par le glacier Baltée reposent sur le substratum rocheux [FORNO et al., 2004, modifié].

Figura 4.9 - Schema dei rapporti tra le unità allostratigrafiche riconosciute nella parte sinistra dell'anfiteatro e in bassa Valle d'Aosta, dove le moraine e i lembi glaciogenici abbandonati dal ghiacciaio della Dora Baltea poggiano sul substrato roccioso [FORNO et al., 2004, mod.].

POINT DE VUE 1

La coupe de la niche expose la succession des dépôts glaciogéniques qui constituent les deux moraines parallèles et du chenal qui les sépare (Figure 4.11). Sur une hauteur de c. 30 m et une longueur de 300 m, elle est constituée exclusivement de dépôts stratifiés (sables dominants), indicateurs d'un milieu supraglacière marginal :

- Les deux moraines latérales sont constituées de niveaux alternés de sables et de sables graveleux à blocs, relativement stratifiés et faiblement inclinés (10°-20°) vers le flanc externe. Il s'agit de dépôts de contact glaciaire, des tills d'écoulement (*flow tills*)

qui, dans le cas de la moraine externe, ont été déposés au moins en partie dans un lac marginal.

- Le flanc interne de la moraine principale est recouvert sur une épaisseur métrique par des diamictons sablo-graveleux riches en blocs et contenant des lentilles de sables grossiers et de gravillons ; grossièrement stratifiés, ils sont inclinés de 30° à 45° vers la dépression intermorainique et faiblement cimentés. Il s'agit de dépôts de coulée (*gravity flow sediments*), résultant de la remobilisation des dépôts glaciogéniques – immédiate quand ils sont non altérées (couleur gris clair), plus tardive quand ils sont altérés (couleur jaunâtre).

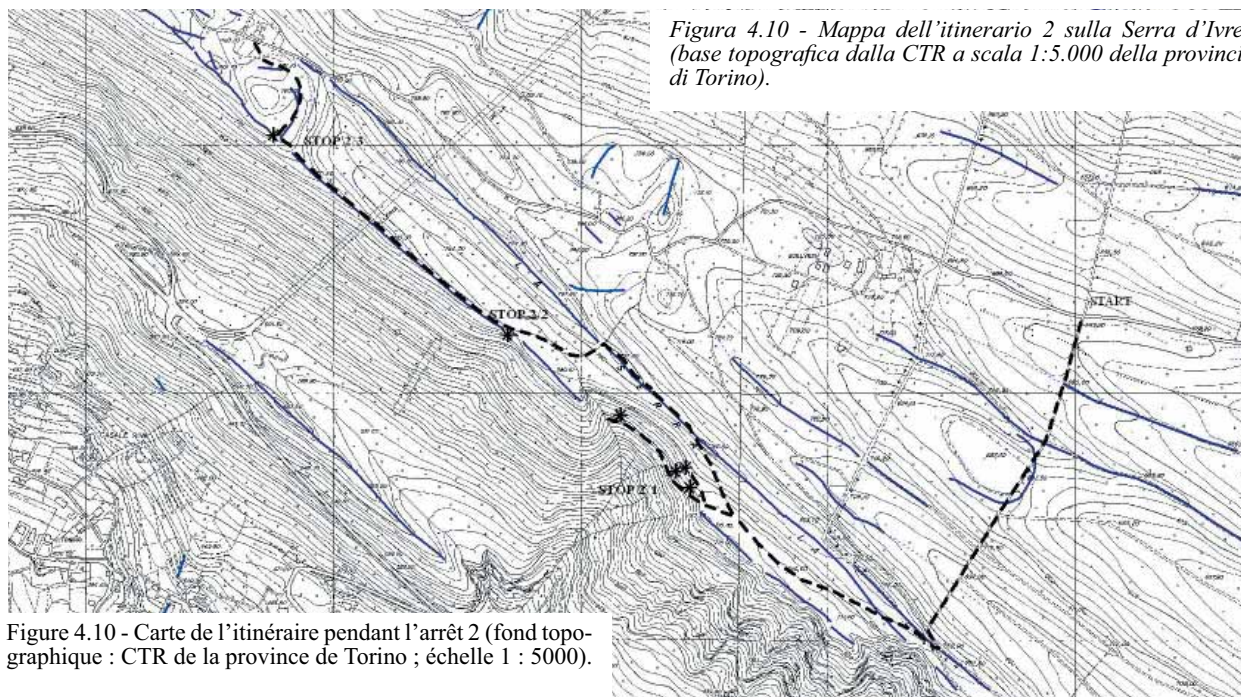


Figura 4.10 - Mappa dell'itinerario 2 sulla Serra d'Ivrea (base topografica dalla CTR a scala 1:5.000 della provincia di Torino).

Figure 4.10 - Carte de l'itinéraire pendant l'arrêt 2 (fond topographique : CTR de la province de Torino ; échelle 1 : 5000).

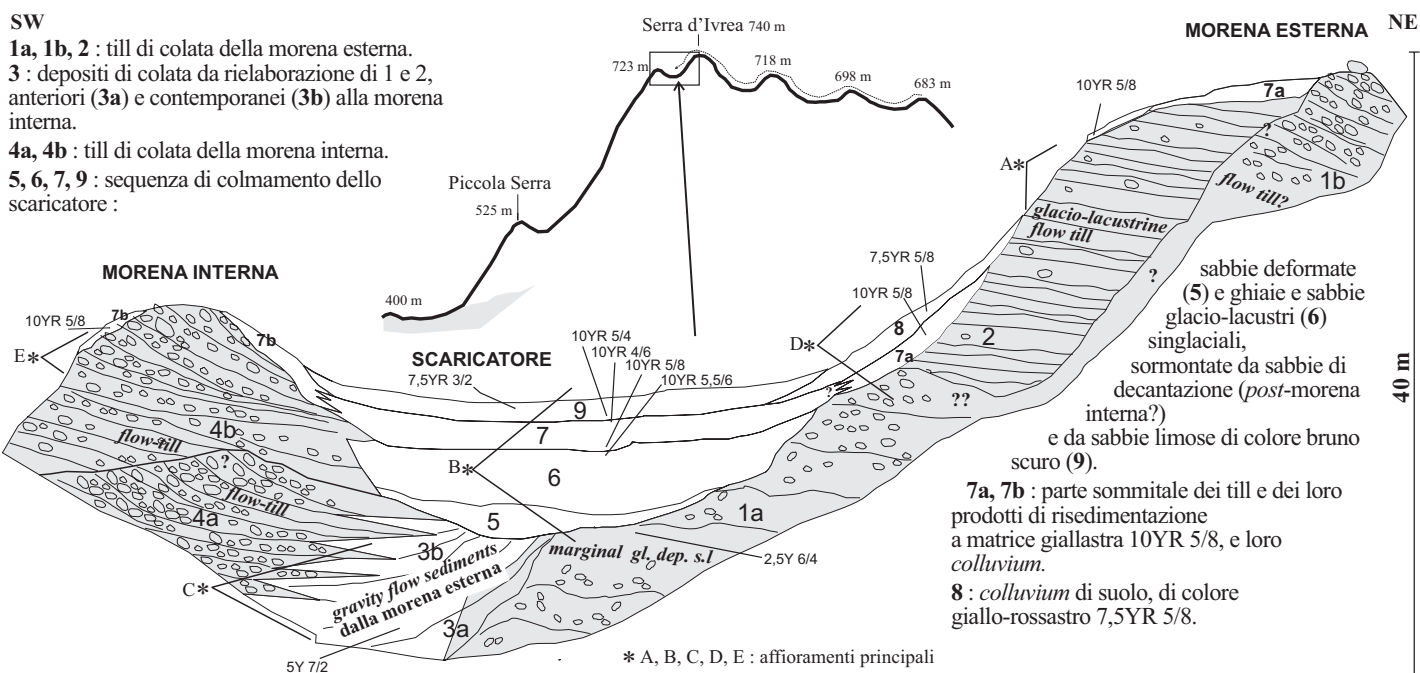


Figure 4.11 - Rapports stratigraphiques entre les dépôts glaciogéniques qui constituent les deux moraines de la Serra d'Ivrea et dépression intermorainique (coupe dans la niche d'arrachement au NW de Chiaverano).

Figura 4.11 - Schema dei rapporti stratigrafici dei depositi glaciogenici costituenti le due morene della Serra d'Ivrea e lo scaricatore interposto (affioranti in nicchia di distacco di frana a NW di Chiaverano).

— La dépression intermorainique est remblayée par les dépôts bien stratifiés de marge glaciaire, fins (sables stratifiés et déformés) à la base, recouverts par une séquence glacio-lacustre (alternances de graviers sableux et de sables stratifiés) qui passe vers le haut à un niveau massif de sables altérés (10 YR 5/8). La séquence rend compte du colmatage d'un bassin lacustre marginal entre glacier et moraine externe

par des sédiments d'abord lacustres puis deltaïques et, enfin, gravitaires/colluviaux. Le till d'écoulement formant la moraine interne s'appuie contre ces dépôts. Le sommet de la séquence est constitué d'une couche de colluvions (interstadiare ou holocène) de sables massifs faiblement silteux, d'une épaisseur maximale apparente de 1,5 m et de couleur brunâtre sombre (7,5 YR 3/2).

La couche au pied des affleurements témoigne de la diversité lithologique de la Vallée d'Aoste (en particulier ses roches les plus résistantes : éclogites à glaucophane, serpentinites, granulites et diorites).

Sur l'itinéraire de retour, qui remonte les crêtes de la Serra d'Ivrea, on note :

- Le "relais" des crêtes morainiques, qui forment à tour de rôle la moraine plus élevée.
- **POINT DE VUE 2** : la structure inclinée vers l'extérieur des dépôts sablo-graveleux qui constituent le sommet des moraines, avec des blocs sub-affleurants nettement orientés qui s'enfoncent de c. 30° vers le NE (till d'écoulement).

- L'altération des premiers mètres de dépôt, complètement privé de sol parce qu'érodé, à matrice jaunâtre (10 YR 5/6). Ce n'est que localement sur les flancs de moraines que sont conservés des colluvions à couleur plus rougeâtre (7.5 YR 5/6) provenant du remaniement des sols érodés.
- **POINT DE VUE 3** : belvédères avec panorama sur la Petite Serra, versant interne de l'AMI et Collines d'Ivrea (tour d'observation en bois) (Figure 4.12)
- La tour est construite sur un site archéologique à l'endroit où la Serra surmonte et clos sur son côté interne un bel arc morainique de lobe glaciaire (étang dans la dépression).



Figure 4.12 - Panorama sur les Collines d'Ivrea (secteur des petites moraines du lobe glaciaire de Bienca). A droite, la crête rectiligne du Montesino, point culminant des Collines d'Ivrea, est formée par une imposante moraine latérale. Les deux cuvettes de surcreusement glaciaire visibles au centre (au premier plan : cuvette remblayée de Tormalino ; en arrière-plan : cuvette occupée par le Lac Pistono) sont situées le long d'une bande de faiblesse structurale associée à la Faille du Canavese Interne.

Figure 4.12 - Panorama sui Colli di Ivrea, nel settore in cui si distribuiscono le piccole morene del lobo glaciale di Bienca. Un'imponente morena laterale forma la cresta rettilinea del Montesino, la maggiore elevazione dei Colli d'Ivrea (a destra). Le due conche di escavazione glaciale visibili al centro (quella colmata di Tormalino, in primo piano, e quella occupata dal Lago Pistono, sullo sfondo) si trovano lungo la fascia di debolezza strutturale associata alla faglia detta "Linea del Canavese Interna".

RIASSUNTO

Si attraversa una successione di morene del Pleistocene medio, per raggiungere un ampio affioramento che espone la costituzione sedimentaria di due morene formanti la Serra d'Ivrea e della vallecola interposta (scaricatore).

Arrêt 3

Les Collines d'Ivrea

Affleurements rocheux à modelé glaciaire à l'intérieur de l'AMI

(Biò, Borgofranco d'Ivrea)

Par MARIA GABRIELLA FORNO, FRANCO GIANOTTI et FEDERICO GROSSO

La dépression interne de l'AMI comprend un ensemble d'éminences peu élevées modelés dans le socle sudalpin immédiatement au SE de la Faille Insubrienne : ces Collines dioritiques d'Ivrea sont séparés par des dépressions occupées par les Lacs d'Ivrea (Figure 4.13). Ces collines, qui culminent à 519 m (P. Montesino) et présentent un commandement maximal de 250 m, conservent de nombreuses traces de l'érosion glaciaire. Les dépressions lacustres, d'altitude variable, sont actuellement totalement ou partiellement remblayées par des dépôts lacustres et palustres.

Cette morphologie irrégulière de la dépression interne de l'AMI résulte de l'action différentielle de l'érosion glaciaire sur un substratum très contrasté :

- les collines correspondent généralement aux granulites de la zone Ivrea-Verbano et aux granites et diorites de la zone du Canavese, à structure massive, compétence élevée et fracturation modeste ;
- au contraire, les dépressions lacustres sont principalement développées dans les mylonites et des cataclases, qui caractérisent les secteurs faillés.

Le modelé glaciaire de ce secteur s'exprime par les reliefs moutonnés, la fréquence des stries glaciaires (Figure 4.14), des dépôts glaciaires d'extension décamétrique et d'épaisseur métrique (till d'ablation), des blocs erratiques (Figure 4.15) et, localement, des cordons morainiques discontinus. La morphologie et



Figure 4.13 - Vue, vers le sud, des Collines d'Ivrea, avec les dépressions contenant les lacs (à droite : Lac Pistono ; à gauche : Lac Sirio, le plus étendu).

Figura 4.13 - Veduta verso Sud dei rilievi di esarazione di Ivrea, con depressioni ospitanti laghi (Lago Pistono a destra e Lago Sirio a sinistra).



Figure 4.14 - Stries glaciaires sur mylonite (SE du Lago Nero).
Figura 4.14 - Strie glaciali su miloniti (SE del Lago Nero).



Figure 4.15 - Bloc erratique de granite (SE du Lago Nero).
Figura 4.15 - Eratico di granito (SE del Lago Nero).

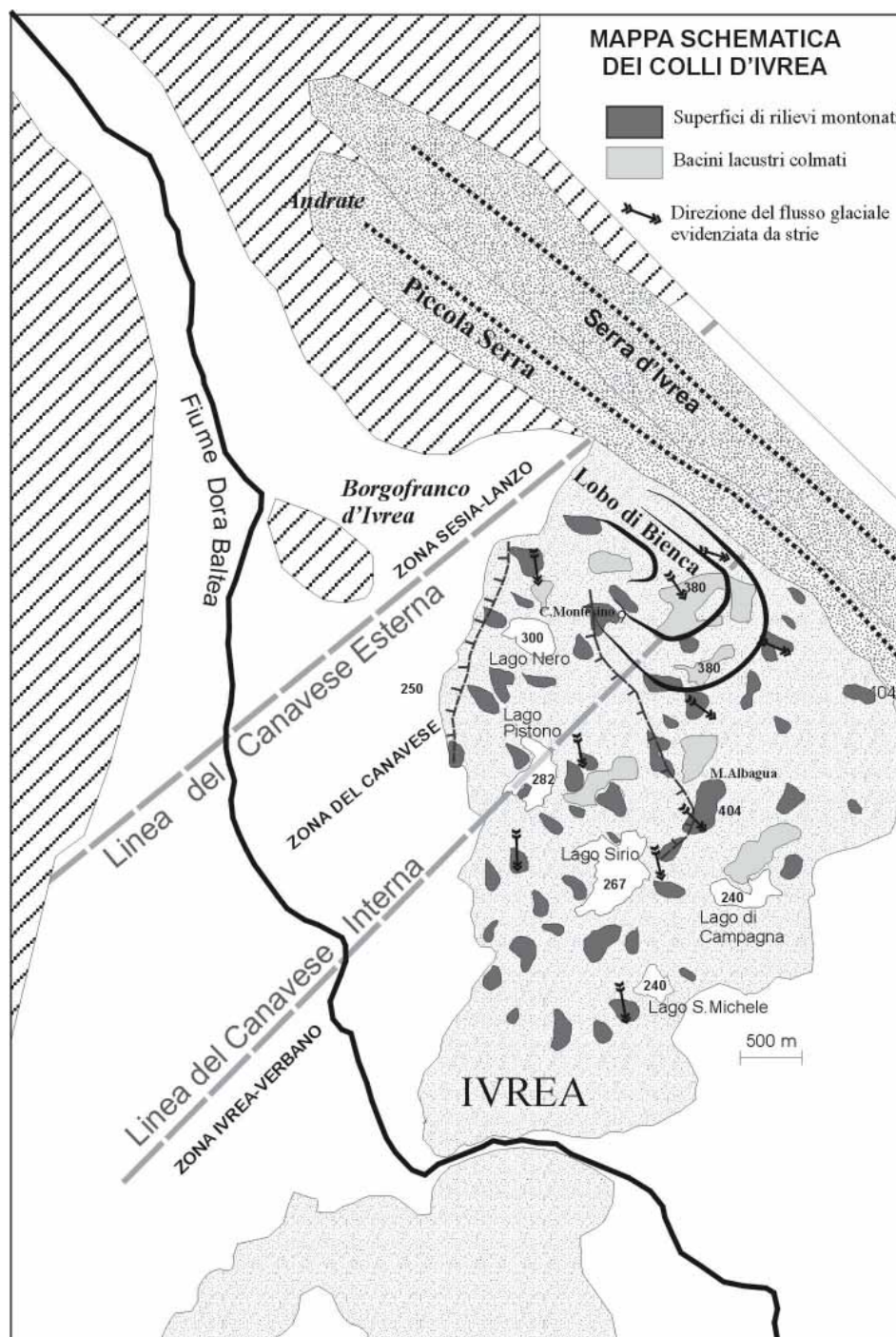


Figure 4.16 - Carte des Collines d'Ivrea [FORNO et al., 2004, modifié].

Figura 4.16 - Mappa schematica Colli di Ivrea [FORNO et al., 2004, modificato].

1. Le modelage principal du secteur des Lacs d'Ivrea, qui a accompagné un net creusement par le glacier Baltée, est vraisemblablement contemporain de l'édification de la Serra d'Ivrea, attribuée à l'avant-dernière expansion glaciaire. Le développement de cet imposant cordon suggère en effet une épaisseur de la masse glaciaire de plusieurs centaines de mètres, au pouvoir érosif.

2. La région a été approfondie et modelée lors de la dernière expansion glaciaire (LGM), à laquelle est attribuée la Petite Serra. Pendant cette période, le glacier Baltée avait probablement une épaisseur plus modeste, en moyenne c. 200 m, tandis que les stries glaciaires indiquent une direction principale d'écoulement du glacier comprise entre ESE et SE.

3. Après le LGM, le glacier a construit les arcs morainiques du Lobe de Bienca. La discontinuité

la distribution des petits dépôts glaciaires suggèrent qu'ils appartiennent à une succession d'arcs morainiques concentriques construite par un lobe glaciaire (lobe de Bienca) émis depuis la marge gauche du glacier Baltée ; leur position suggère qu'ils sont à relier aux phases glaciaires pléistocènes récentes.

En se fondant sur la morphologie d'ensemble, sur la distribution et l'orientation des marques de l'érosion glaciaire et sur la distribution et les caractéristiques des dépôts glaciaires et lacustres de la région, on peut proposer la reconstruction suivante de son évolution géologique au Pléistocène (Figure 4.16).

des dépôts de till suggère un retrait rapide du glacier, tandis que les stries glaciaires indiquent une direction principale d'écoulement du glacier comprise entre S et SSE.

Depuis la route reliant Bio à Bienca (386 m d'altitude), on remonte sur un dénivelé de 120 m le flanc nord de la Punta Montesino (519 m), point culminant des Collines d'Ivrea (Figure 4.17). Plusieurs roches moutonnées (diorites de la Zone du Canavese) offrent d'excellents points de vue panoramiques sur les moraines de l'amphithéâtre et le secteur des Collines d'Ivrea. A noter la présence de blocs erratiques de métaconglomérats provenant probablement de la zone Houillère du domaine Pennique.

On traverse la grande plaine de Tomalino, ancien lac de marge glaciaire colmaté jusqu'au stade de la tourbière. Quelques moraines latérales bien conservées reposent sur le sommet de la Punta Montesino, qui appartient (comme une moraine frontale à Ivrea) à l'arc morainique le plus interne de l'AMI (probablement lié au premier retrait post-LGM). Ces moraines peuvent également se raccorder à l'arc morainique

externe du petit amphithéâtre du lobe de Bienca, qui s'étend entre la Punta Montesino et la Petite Serra. En cas de manque de temps pour parcourir l'itinéraire 3, on continuera en direction d'Ivrea pour s'arrêter au lac Sirio, qui offre un panorama sur les roches moutonnées, sur la Serra d'Ivrea et la Petite Serra, et sur le château de Montalto (Figura 4.18).

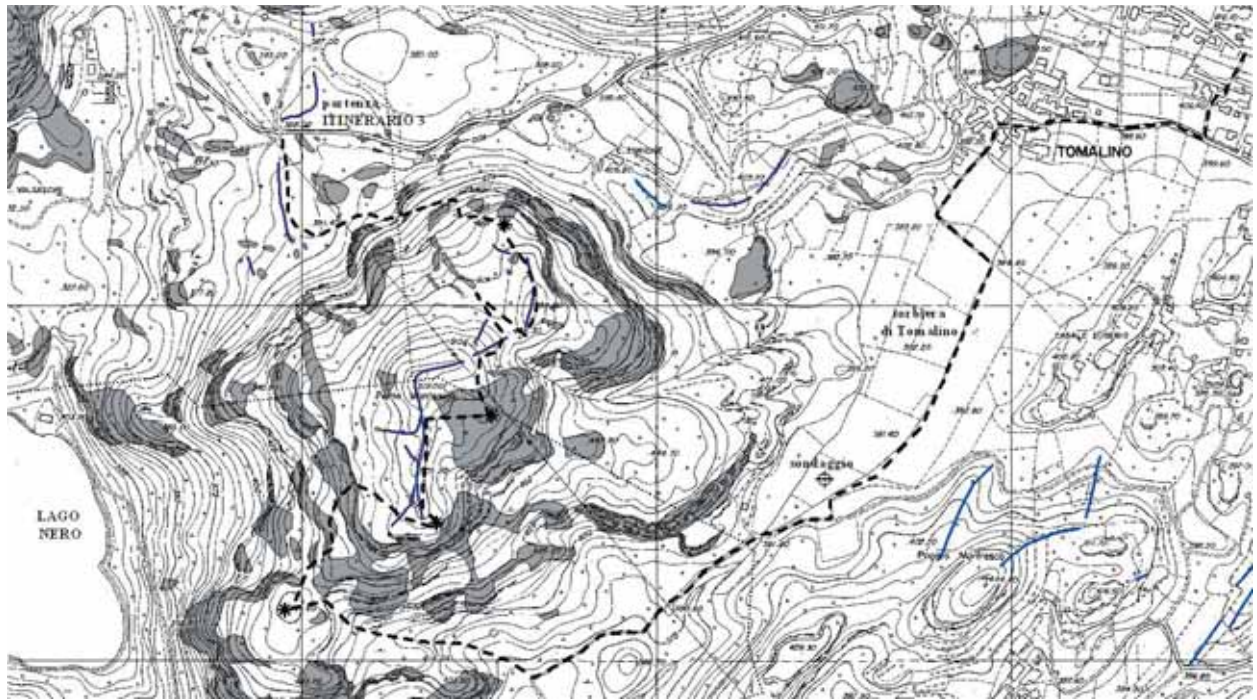


Figure 4.17 - Carte de l'itinéraire pendant l'arrêt 3 (fond topographique : CTR de la province de Torino ; échelle 1 : 5000).

Figura 4.17 - Mappa dell'itinerario 3 sui Colli dioritici di Ivrea (base topografica dalla CTR a scala 1:5.000 della provincia di Torino).



Figure 4.18 - Colma di Monbarone, Serra d'Ivrea et roches moutonnées se reflétant dans les eaux du Lac Sirio.

Figura 4.18 - Colma di Mombarone, Serra d'Ivrea e rilievi montonati si specchiano nelle acque del Lago Sirio.

RIASSUNTO

I Colli d'Ivrea costituiscono l'emergenza delle tenaci rocce sudalpine allo sbocco della valle della Dora Baltea (in gran parte granuliti della Zona Ivrea-Verbano), che durante le espansioni glaciali vennero coperte e modellate dal ghiacciaio balteo, potente alcune centinaia di metri: ne risulta un gruppo di rilievi montonati e levigati, racchiusi in cinque bacini lacustri di esarazione glaciale, che emergono per oltre 200 m di dislivello dalla piana interna dell'anfiteatro e su circa 15 km² di estensione.

L'AMPHITHÉÂTRE MORAINIQUE D'IVRÉE

VU PAR LES ANCIENS AUTEURS.

Pierre Gabert - 1962

Il se développe avec une régularité étonnante, en avant du débouché du Val d'Aoste, en un vaste arc de cercle externe de plus de 90 km.

Depuis Courmayeur, le glacier Baltée avait une longueur de 133 km jusqu'à son front de Caluso.

A Ivree, des verrous rocheux marquent l'omniprésence de diorites qui s'élèvent depuis 350 m d'altitude jusqu'à plus de 800 m sur les deux flancs de l'amphithéâtre. En rive gauche, la Serre, remarquable dans la morphologie glaciaire, descend comme une haute digue depuis Andrate (853 m) jusque vers les moraines frontales de Caviglia (350 m) sur plus de 20 kilomètres.

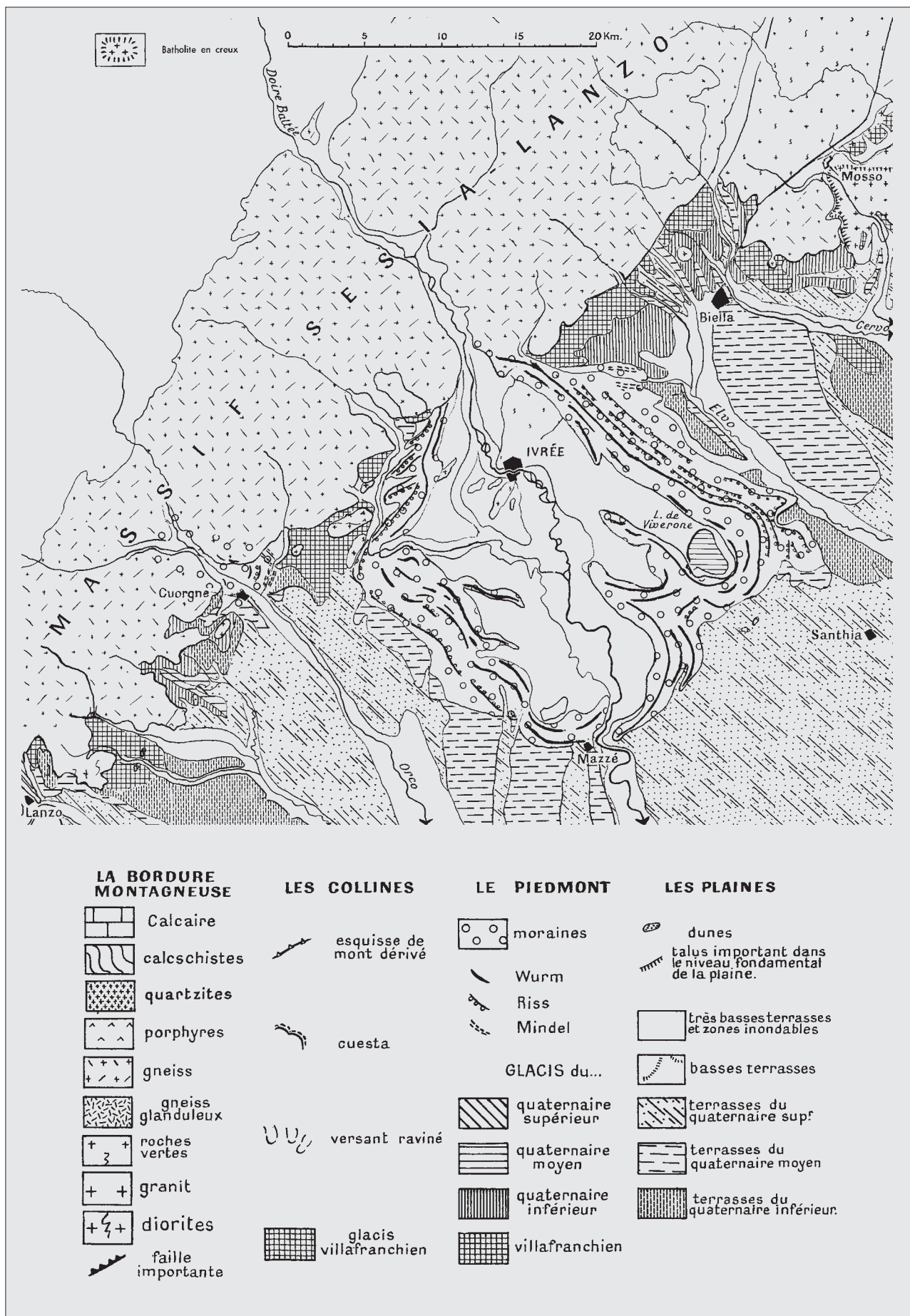
Les lacs de Viverone et de Candia apparaissent comme les derniers vestiges du grand lac qui a jadis occupé tout le bassin interne de l'amphithéâtre.

La succession des dépôts meubles est la suivante, des plus anciens aux plus récents :

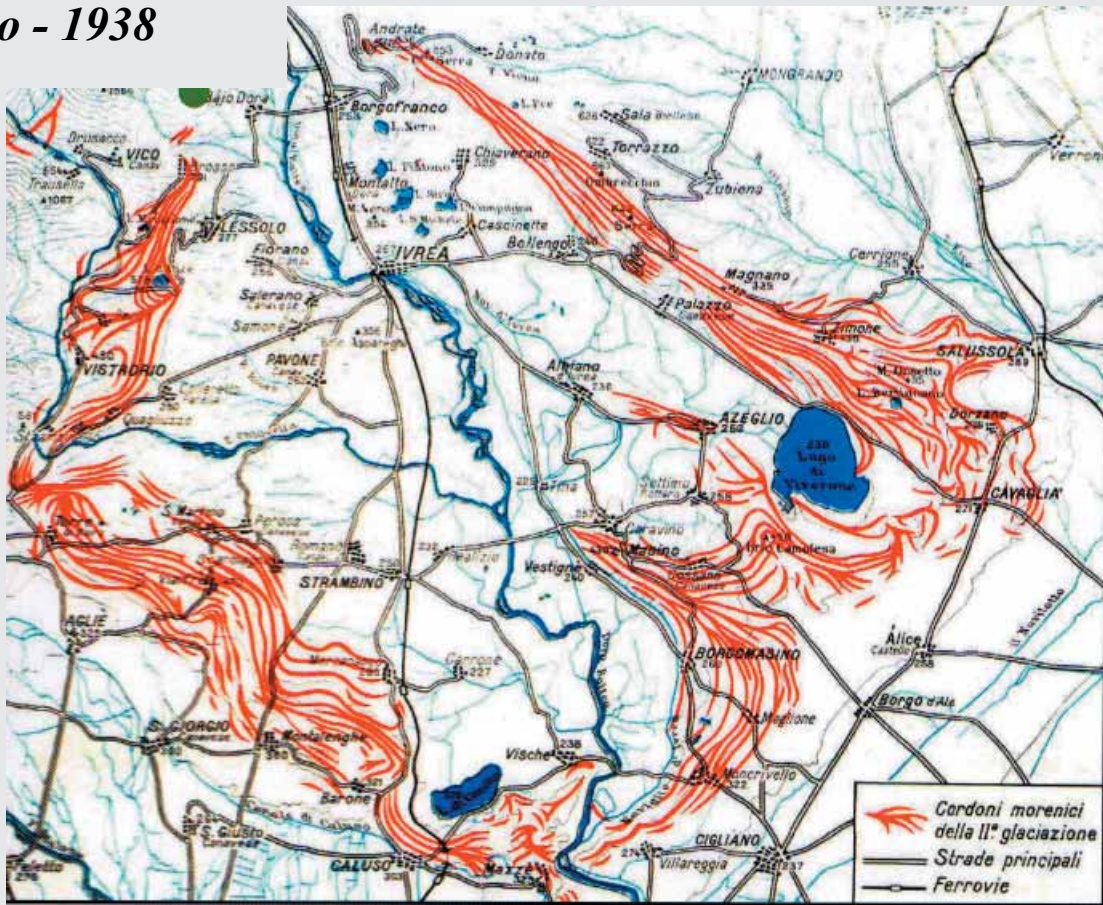
- des argiles bleues, des sables (Pliocène supérieur) passant à des dépôts caillouteux villafranchiens sont reconnus sous les moraines de San Martino Canavese, à proximité aval de l'amphithéâtre ou disposés en glacis sur le versant montagneux. Il s'agit des restes d'un ancien cône plio-Villafranchien de

la Doire Balté qui s'est avancé largement vers le Sud. Il a été par la suite en grande partie défoncé par les avancées glaciaires,

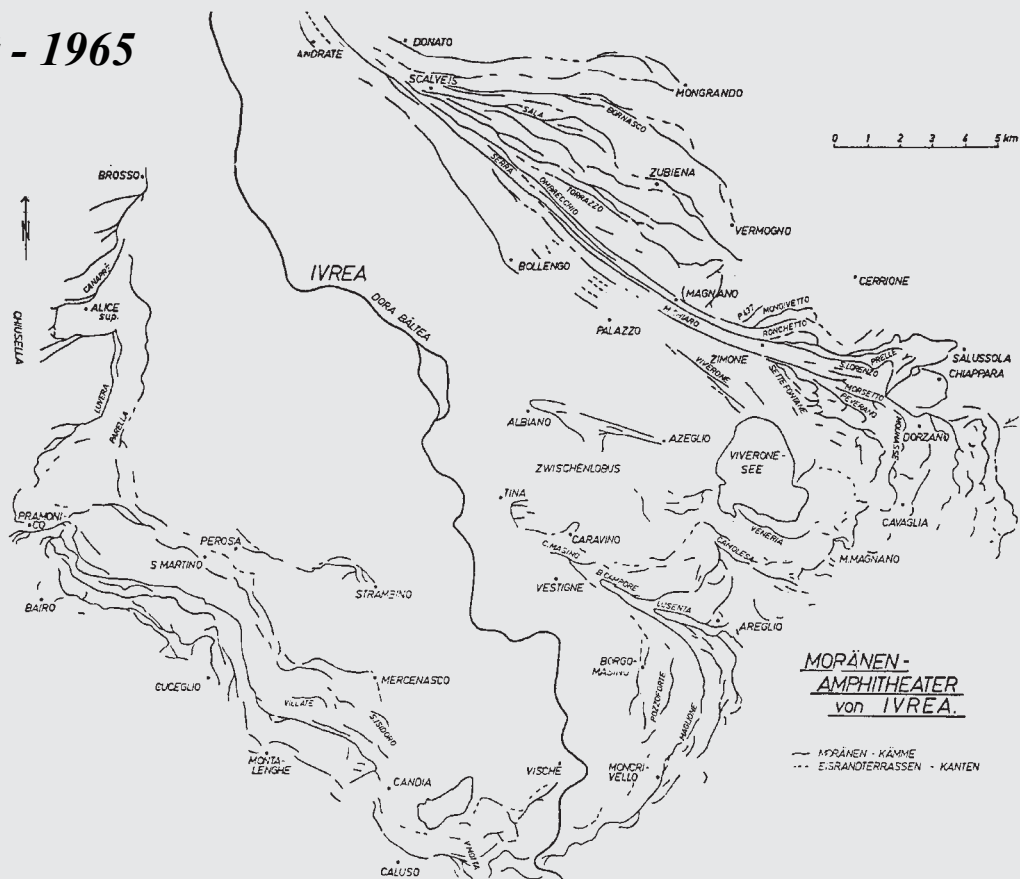
- trois générations de cordons morainiques sont différenciées par leurs faciès d'altération. De l'extérieur vers l'intérieur de l'amphithéâtre, sont décrites :
 - . des moraines « anciennes », au faciès proche de celui du ferretto. Elles sont conservées au Nord de la Viona, en rive gauche du glacier. Elles sont attribuées au Mindel.
 - . des moraines « plus fraîches », en rive droite de la Viona et sur le rebord de la zone du Canavese en rive droite du glacier. Elles sont attribuées au Riss.
 - . des moraines « récentes », à matrice grise constituent la Serre et les divers arcs morainiques qui s'emboîtent sur son versant interne. Il en est de même sur le versant méridional de la zone de Canavese. Elles dessinent, vers l'aval, un front morainique à nombreux arcs où des lacs et des zones humides sont circonscrites par les moraines. A ces moraines frontales se raccordent des cônes de transition fluvio-glaciaires dont les deux groupes de terrasses conservées se prolongent jusqu'au Pô.



Sacco - 1938



Zienert - 1965



Bibliographie de la quatrième demi-journée

- AROBBA D., CALDERONI G., CARAMIELLO R., CARRARO F., GIARDINO M. & QUAGLIOLIO P. (1997). - Palynological and radiometric evidence of a last glacial-interstadial from peat sediments in the Ivrea morainic amphitheatre (NW-Italy). - *Geol. Insubr.* 2/2 : 143-148.
- BIINO G. et COMPAGNONI R. (1989). - The Canavese Zone between the Serra d'Ivrea and the Dora Baltea River (Western Alps)". - *Eclogae geol. Helv.* 82/2 : 413-427
- CARRARO F. (1992). - *L'Anfiteatro Morenico di Ivrea*. In: Dal Piaz G. V. (ed.), *Le Alpi dal Monte Bianco al Lago Maggiore*. - Guide Geologiche Regionali, Soc. Geol. It., 3(a) : 188-190.
- CARRARO F., LANZA R., PEROTTO A. & ZANELLA E. (1991). - L'evoluzione morfologica del Biellese occidentale durante il Pliocene inferiore e medio, in relazione all'inizio della costruzione dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea. - *Boll. Museo Reg. Sc. Nat. Torino*, 9(1): 99-117.
- CARRARO F., MEDIOLI F. & PETRUCCI F. (1975). - Geomorphological Study of the Morainic Amphitheatre of Ivrea, Northwest Italy. - *Bull. R. Soc. New Zealand*, 13 : 89-93.
- DE RENZO G. (2004). - *L'Anfiteatro Morenico di Ivrea. Un geosito di valore internazionale*. In: *I geositi nel paesaggio della Provincia di Torino*, vol. secondo. Provincia di Torino, Lit. Geda, Torino.
- ENRIETTI M. (1996). - *Ricostruzione geologico-stratigrafica dell'evoluzione pilo-quadernaria del settore destro della Anfiteatro Morenico di Ivrea*. - Tesi di Laurea inedita, Univ. Studi di Torino, 174 p.
- FORNO M.G., GIANOTTI F. & GROSSO F. (2005). - *Il modellamento glaciale dei colli dioritici di Ivrea*. In: *Convegno Naz. A.I.Geo. "Montagne e Pianure"*, Padova, 15-17 febbraio 2005, riassunto.
- FORNO M.G., GIANOTTI F. & RACCA ? (2004).** -
- GIANOTTI F. (1993). - *Ricostruzione dell'evoluzione quadernaria del margine esterno del settore laterale sinistro dell'Anfiteatro Morenico d'Ivrea*. - Tesi di Laurea inedita, Università di Torino, 73 pp..
- GIANOTTI F. (1996). - *Bessa, paesaggio ed evoluzione geologica delle grandi aurifodine biellesi*. Quaderni di Natura Biellese, Eventi e Progetti Ed., Biella, 83 p.
- Sacco F. (1938). - Il glacialismo piemontese. - *L'universo*, Firenze 19(3) : 217-231.
- VENTURINI (1985). - Geology, geochemistry and geochronology of the inner central Sesia Zone (Western Alps, Italy). *Mémoires de Géologie (Lausanne)*, 25, 148 pp.
- VOSHAGE H., HOFMANN A.W., MAZZUCHELLI M., RIVALENTI G., SINIGOI S., RACZEK I., DEMARCHI G. (1990). - Isotopic evidence from the Ivrea Zone for a hybrid lower crust formed by magmatic underplating. *Nature*, 347 (6295): 731-736.
- ZIENERT A. (1965). - Das Moränen-Amphitheater von Ivrea (Dora Baltea). - *Heidelberger Geogr. Arb.*, 38 : 141-157.

