

|                     |  |
|---------------------|--|
| <b>Zeitschrift:</b> | Eclogae Geologicae Helvetiae   |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerische Geologische Gesellschaft  |
| <b>Band:</b>        | 90 (1997)  |
| <b>Heft:</b>        | 3  |
| <b>Artikel:</b>     | Datation par les dendrochronologie du glissement des Parchets (Les Diablerets, Préalpes vaudoises) |
| <b>Autor:</b>       | Schoeneich, Philippe / Tercier, Jean / Hruni, Jean-Pierre  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-168190">https://doi.org/10.5169/seals-168190</a>            |

### 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:** 28.01.2026

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

# Datation par dendrochronologie du glissement des Parchets (Les Diablerets, Préalpes vaudoises)

PHILIPPE SCHOENEICH<sup>1</sup>, JEAN TERCIER<sup>2</sup>, JEAN-PIERRE HURNI<sup>2</sup> & CHRISTIAN ORCEL<sup>2</sup>

*Key-words:* Landslide, dating, dendrochronology, C14, catastrophic events, Prealps

## RESUME

Le glissement des Parchets affecte des flyschs et des schistes argileux, et s'est mis en place par coulées boueuses successives. L'analyse dendrochronologique de 50 troncs d'arbres mis au jour lors de chantiers de construction de chalets et dans des coupes naturelles a permis:

- de démontrer la nature catastrophique des mouvements;
- d'identifier et de délimiter au moins cinq événements successifs;
- de dater le premier événement de l'an 97 après J.C.;
- de dater les trois événements suivants de resp. de 410–500, 500–595 et 940–1000 après J.C.;
- de dater le dernier événement de l'an 1235 après J.C.

Ces résultats permettent de préciser la genèse et la dynamique du mouvement, mais obligent aussi à reconsidérer le risque et les mesures de prévention.

## ABSTRACT

The Les Parchets landslide is formed of rauwakes and argilaceous schists and was built up by successive mudflows. Dendrochronological analysis of 50 trunks, which have been extracted in excavations and natural outcrops, allowed us:

- to demonstrate the catastrophic nature of the movements;
- to identify at least five successive events;
- to date the first event from the year 97 AD;
- to date the following events from 410–500, 500–595 and 940–1000 AD respectively;
- to date the last event from the year 1235 AD.

The origin and the dynamics of the landslide can thus be precised. According to these results, the risk and the preventive measures must be reconsidered.

## Introduction

Le village des Diablerets, dans les Alpes vaudoises (fig. 1), et en particulier ses zones constructibles actuelles, se situe sur un versant instable complexe: l'ensemble du versant présente la morphologie d'un mouvement profond, sur lequel un glissement translationnel emporte la couverture quaternaire et partiellement la roche sous-jacente. La partie E du glissement est formée par un glissement-coulée actif, le glissement des Parchets. Ce dernier s'individualise nettement du reste de la zone instable par son matériel schisteux noir caractéristique, son activité sensiblement plus forte et, comme nous le verrons plus bas, par son âge plus récent.

Ce glissement est connu depuis longtemps et figure sur toutes les cartes géologiques (Lugeon 1941, Lombard et al. 1974, Badoux et al. 1990) et les cartes d'instabilités (Gabus 1976, Ceti 1988). L'ensemble du versant a fait l'objet, sous l'appellation «glissement des Diablerets», d'une étude préli-

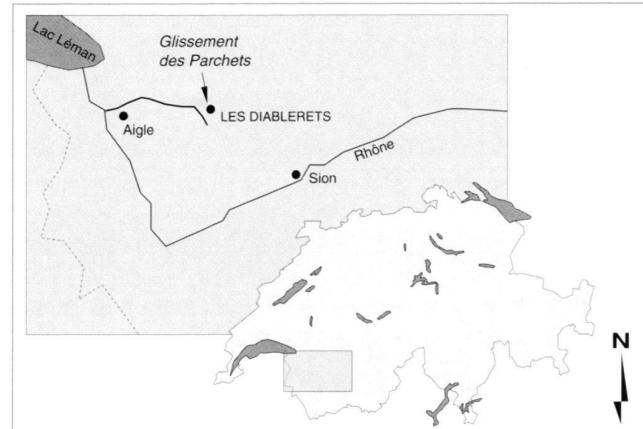


Fig. 1. Carte de situation du site étudié.

Fig. 1. Situation map of the study site.

<sup>1</sup> Institut de Géographie, Université de Lausanne, BFSH 2, CH-1015 Lausanne

<sup>2</sup> Laboratoire Romand de Dendrochronologie, rue St-Michel 4, CH-1510 Moudon

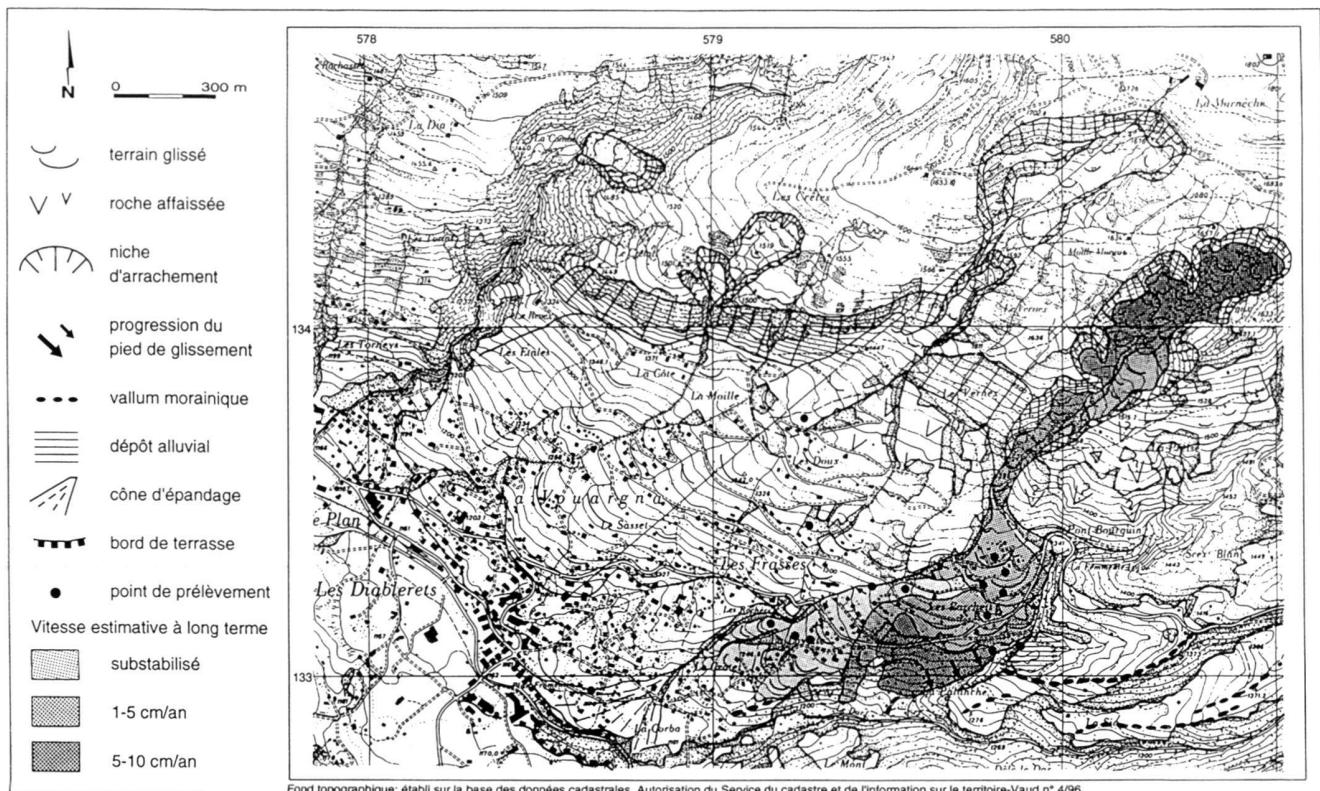


Fig. 2. Carte d'instabilités du versant des Diablerets. Le glissement des Parchets forme le bord gauche de la zone instable, et apparaît comme une immense coulée, déviée par une moraine latérale tardiglaciaire. Limites de glissement selon levés personnels, zones de vitesse selon CETI (1988). Les vitesses estimatives n'ont été figurées que pour le seul glissement des Parchets. Pour la numérotation des points de prélèvement, voir la fig. 9.

*Fig. 2. Instability map of the Diablerets area. The Parchets landslide forms the left border of the zone and appears like a huge flow, deviated by a lateglacial lateral moraine. Landslide limits after own survey, velocity zones after CETI (1988). The estimated velocities have been represented only on the Parchets landslide. For numbering of sampling sites, see fig. 9.*

minaire (Ceti 1988), comprenant une carte d'instabilité détaillée au 1:5'000 sur le modèle Duti (Noverraz 1985). Le glissement translationnel qui couvre le centre et l'ouest de la zone, et que nous appellerons «glissement du Belvédère», a été étudié en détail par Ceti & Lauraux (1990). Ces études ont montré que le glissement des Parchets ne constitue qu'une partie d'un ensemble instable couvrant presque tout le versant (fig. 2).

La construction de nombreux chalets a permis la découverte de plusieurs dizaines de troncs d'arbres parfaitement conservés. Nous discutons ci-après les résultats de l'analyse de ces troncs.

### Le glissement des Parchets

Le glissement des Parchets est un mouvement de terrain de type «glissement-coulée» rapide (flow-slide) formé de deux parties bien distinctes:

- une niche d'arrachement étroite et allongée, bien marquée, formant une cuvette semblable à un bassin de réception torrentiel;
- une masse glissée déposée presque totalement en dehors de la niche, formant un grand cône convexe à topographie irrégulière, bosselée.

Les deux parties sont séparées par un étroit chenal d'écoulement. Le tout présente une morphologie semblable à un torrent, et suggère un écoulement sous forme d'épaisses coulées de boue, avec une forte composante de fluage de la masse.

Le glissement est situé entièrement dans l'Ultrahelvétique. La niche d'arrachement se développe dans un ensemble de flysch et de schistes argileux. Lugeon (1941) et Lombard et al. (1974) attribuaient ces roches à l'Aalénien de la nappe d'Arveyres, alors que Badoux et al. (1990) en réattribuent une bonne partie au flysch éocène du Meilleret (fig. 3). L'asymétrie de la niche d'arrachement montre clairement que les masses

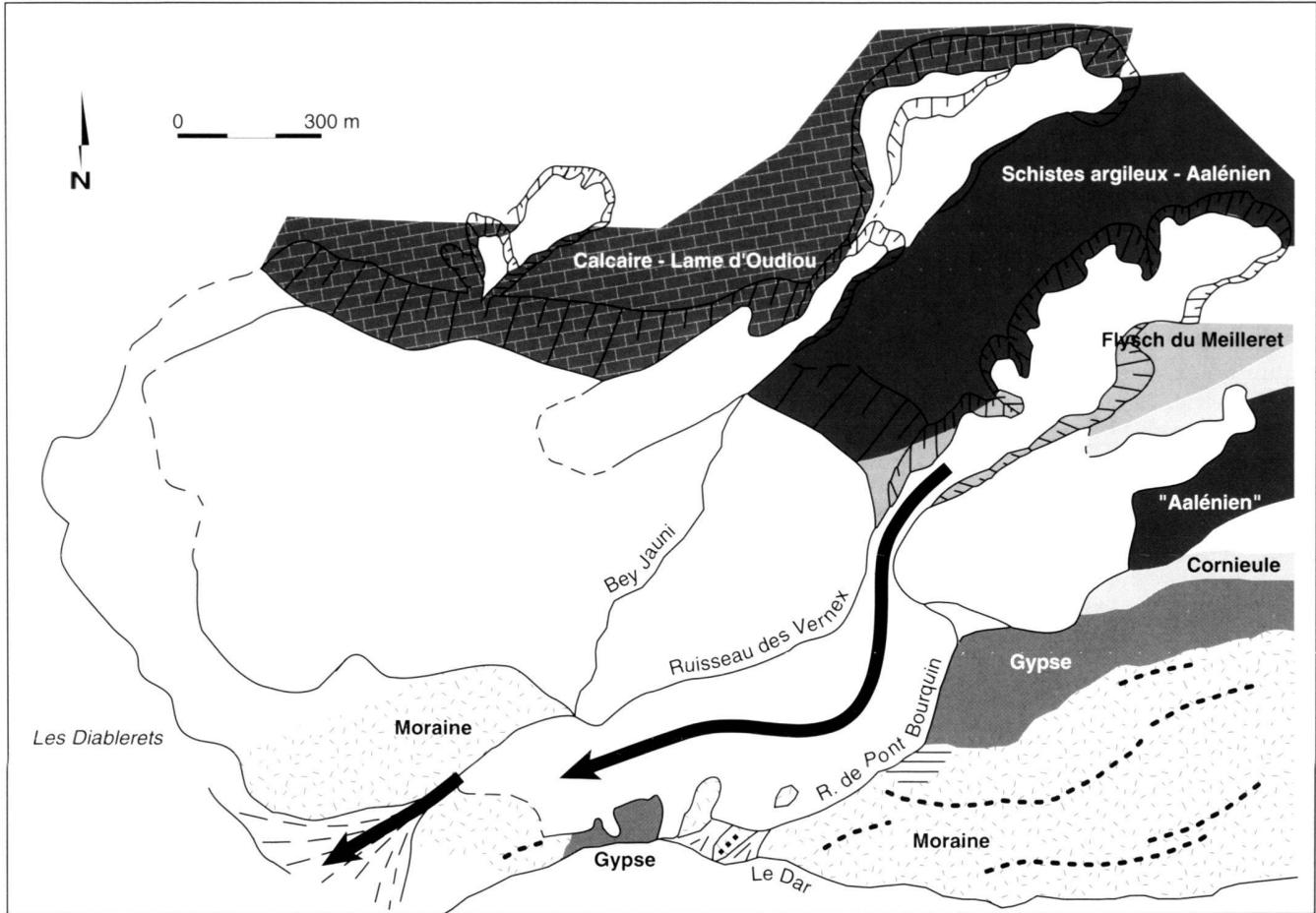


Fig. 3. Croquis géologique du glissement des Parchets (d'après Lombard et al. 1974 et Badoux et al. 1991, Quaternaire d'après levés personnels). Les coulées, issues principalement de la zone de schistes argileux de l'Aalenien, sont venues buter contre une barre de gypse surmontée d'une moraine latérale, et ont été déviées vers l'W. Par la suite, le ruisseau de Pont Bourquin se serait frayé un passage à travers la moraine latérale.

Fig. 3. Geological sketchmap of the Parchets landslide (after Lombard et al. 1974 and Badoux et al. 1991, Quaternary after own survey). The mudflows, originating mainly in the Aalenien-schist zone, have been deviated towards the W by a gypsum bar and a great lateral moraine. Later, the Pont Bourquin creek eroded a new passage through the moraine.

glissées prennent leur origine sur son flanc droit, dans l'Aalénien, où des niches circulaires se juxtaposent l'une à l'autre. Dans la partie supérieure, on observe d'étroites coulées très actives.

La masse glissée est formée presque exclusivement de débris de schistes argileux noirs broyés, dont les structures schisteuses sont cependant encore parfaitement reconnaissables. Cette masse contient de nombreux troncs d'arbres, souvent couchés dans le sens de la pente, parfois enchevêtrés, ce qui tendrait à confirmer un mécanisme de mise en place par coulées de boue.

Dans sa carte détaillée, Noverraz (Ceti 1988) distingue plusieurs unités sur le glissement (fig. 2). La masse principale du bourrelet, la zone des Parchets proprement dite, est sujette ac-

tuuellement à des mouvements sensibles qui provoquent la déformation des routes et des ruptures périodiques des conduites. Il n'existe aucune mesure de vitesses, mais la révision du plan cadastral (Chauvy 1974) a montré que dans ce secteur la route du col du Pillon et les limites de parcelles s'étaient déplacées assez uniformément de 6 à 8 m par rapport au plan cadastral initial datant de 1864, ce qui donne un mouvement moyen de l'ordre de 6–8 cm/an. Juste en contrebas, entre la route cantonale menant au col du Pillon et le fond de la vallée, une partie boisée est affectée actuellement de mouvements plus rapides qui emportent et renversent les arbres. Dans tout ce secteur, le pied du glissement a tendance à remblayer le ruisseau de Pont Bourquin: les arbres sont couchés au front du glissement jusqu'à barrer l'écoulement du ruisseau, provo-

quant l'accumulation des alluvions et le rehaussement du lit. Le ruisseau est ainsi repoussé contre la moraine de la Palanche dont il érode le flanc.

La zone de la Loyette (extrémité aval du glissement) par contre ne présente pas de signe d'activité, ce qui est confirmé par l'absence de déplacement des limites de parcelles (Chauvy 1974) et par la nouvelle mensuration d'un point de triangulation de 4<sup>ème</sup> ordre (pt coté 1246.5, Huguenin 1987). Cette zone s'appuie à son pied contre une barre de gypse, située elle-même dans le prolongement d'une imposante moraine latérale tardiglaciaire du glacier du Dar. Seules deux étroites langues débordent par dessus le gypse pour couler vers le Dar. Une partie de la barre de gypse est en voie d'affaissement. Un peu à l'amont, un affleurement morainique émerge de la masse glissée. A l'aval de la barre gypseuse on retrouve la suite de la moraine latérale, qui forme ici une accumulation épaisse d'une cinquantaine de mètres (forage destructif, coord. 579.000/132.960). En fait, il semble bien que le glissement soit venu buter contre cette moraine et la barre de gypse et qu'il ait été dévié vers l'W, remplitant l'espace situé en arrière de l'obstacle (fig. 3). Le ruisseau de Pont Bourquin se serait taillé un nouveau cours à travers la moraine. L'emplacement de son cours initial n'est pas connu.

La limite droite du glissement est formée par le ruisseau des Vernex, puis par le Bey Jauni. Sur presque tout son cours, sa berge gauche est formée par la masse glissée à schistes noirs du glissement des Parchets, alors que la berge droite est taillée soit dans la masse glissée plus claire et moins schisteuse du glissement translationnel du Belvédère, soit plus bas dans les gravières sableux de la terrasse morainique des Rochers. La poussée du glissement dans le ruisseau est beaucoup moins forte que dans le ruisseau de Pont Bourquin, quoique sensible par endroits.

Le cône de déjection du Bey Jauni est constitué de matériel très fin, fortement argileux, noir, dont la parenté avec la masse glissée est évidente, et il contient également des troncs d'arbres. Ce cône forme une terrasse au talus très net, dominant de 3–4 m le lit de la Grande-Eau. Il semble qu'il se soit formé par des écoulements boueux fluides accompagnant les coulées de boue plus épaisses qui ont formé le glissement.

Aucun sondage n'ayant été réalisé à ce jour sur ce glissement, son épaisseur est inconnue. Elle est estimée à 30–40 m par le CETI (1988), mais au vu des résultats présentés ci-dessous, il se pourrait que la masse du glissement des Parchets proprement dit (soit la masse résultant de coulées de boue) soit beaucoup moins épaisse.

### Situation des troncs d'arbres

Le glissement des Parchets étant situé en zone à bâtir, de nombreux chalets ont été construits ces dernières années. Dans presque tous les chantiers, les fouilles ont découvert des troncs d'arbres enfouis, parfois en grande quantité. Il s'agit de troncs de sapin et d'épicéa de gros diamètre, longs souvent de plusieurs mètres, couchés pour la plupart dans le sens de la pente

et parfois enchevêtrés. Ils sont totalement enrobés dans la masse argileuse et de ce fait parfaitement conservés.

Entre 1985 et 1995, nous avons pu ainsi échantillonner une cinquantaine de troncs dans 9 chantiers différents (points noirs sur fig. 2):

Chantier LD 1 (coord. 579.115/133.150): construction de chalet. Un tronc d'*Abies alba*, diamètre 70 cm, longueur env. 3 m (éch. LD.1.a). Position exacte pas observée, mais couché dans le sens de la pente selon les dires des ouvriers. Prélèvement en décembre 1987.

Chantier LD 2 (coord. 579.240/133.100): construction de chalet. Grosse souche d'*Abies alba*, diamètre 90 cm (éch. LD.2.b). Prélèvement en décembre 1987, environ deux ans après la mise au jour par le chantier, la souche étant posée en bordure de forêt, encore parfaitement conservée.

Chantier LD 3 (coord. 579.270/133.110): construction de chalet. Fouille en talus dans des argiles noires. Tronc d'*Abies alba* long de 4–5 m, diamètre 40 cm (éch. LD.3.a), couché horizontalement dans le sens de la pente, profondeur 3–4 m, entièrement enrobé dans les argiles. Prélèvement le 20.7.91.

Chantier LD 4 (coord. 579.850/133.320): construction de chalet. Fouille profonde de 4 m environ, dans des argiles noires. Plusieurs troncs, couchés obliquement dans le sens de la pente, et donnant l'impression d'avoir été renversés sur place par l'avance de la masse glissée. Sous les troncs le matériel était semblable: les troncs sont donc soit pris dans la masse glissée, soit couchés sur un plan de glissement secondaire. Trois échantillons: LD.4.c, *Picea abies*, diamètre 30 cm et LD.4.d, *Abies alba*, diamètre 55 cm, prélevés en décembre 1987, LD.4.e, *Picea abies*, diamètre 35 cm, prélevé en 1985. (fig. 4 a)

Chantier LD 5 (coord. 579.780/133.270): construction d'un garage enterré. Fouille en talus. Un tronc de petit diamètre et un morceau de bois à env. 3 m de profondeur, sous une masse argileuse noire (éch. LD.5.a et LD.5.b, tous deux *Abies alba*). Prélèvement le 15.7.89.

Chantier LD 6 (coord. 579.840/133.250): construction de deux chalets avec garage. Deux troncs: LD.6.a, *Abies alba*, prélevé le 15.7.89, LD.6.b, *Picea abies*, prélevé le 22.7.89.

Chantier LD 7 (coord. 579.550/133.250): construction de chalet. Fouille dans du matériel schisteux broyé noir. 4 gros troncs de plusieurs mètres de longueur, récupérés à côté de la fouille, et dont la position exacte n'est donc pas connue, mais entièrement enrobés d'argile noire (éch. LD.7.a, LD.7.b, *Picea abies*, LD.7.c et LD.7.d, *Abies alba*). Prélèvement le 31.10.89.

Chantier LD 8 (coord. 579.790/133.180): construction de 4 chalets avec garages semi-enterrés. Fouilles en talus dans une masse argilo-schisteuse noire. Une première observation a permis de voir plusieurs troncs, dont un de gros diamètre, couchés dans le sens de la pente. Par la suite, le machiniste a extrait encore une douzaine de troncs dont la position exacte n'est pas connue. Au total 16 échantillons: LD.8.a-n, essentiellement *Abies alba*. Prélèvement de juillet à septembre 1990.

Chantier LD 12 (coord. 579.810/133.340): Fouille pour chalet et garage, prof. 1–3 m. Nombreux troncs couchés, enchevêtrés dans tous les sens. Deux troncs prélevés en place le 14.8.95 (éch. LD.12.a, *Abies alba*, et LD.12.b, *Abies alba*, diamètre 40 cm), quatre troncs et fragments de tronc récupérés sur la décharge de matériaux le 19.8.95 (éch. LD.12.c-f, *Abies alba*, *Picea abies* et *Alnus sp.*, diamètre 11–40 cm).

Plusieurs troncs ont pu être prélevés par ailleurs dans des coupes naturelles: les uns mis à nu par l'érosion dans un ravin au front de la masse glissée, les autres dans une terrasse sablo-graveleuse située en rive gauche du ruisseau de Pont Bourquin, et dont nous attribuons l'origine à un barrage du ruisseau par le glissement:

Site LD 9 (coord. 579.810/133.070): ravin d'érosion dû à un petit ruisseau coulant sur la masse glissée, quelques mètres au-dessus du front du glissement. Deux troncs dégagés, dans le lit du ruisseau, mais manifestement fossiles et provenant du glissement (éch. LD.9.a, *Abies alba*, et LD.9.b, *Picea abies*), trois troncs enchevêtrés en place, émergeant du lit du ruisseau (éch. LD.9.c, LD.9.d)

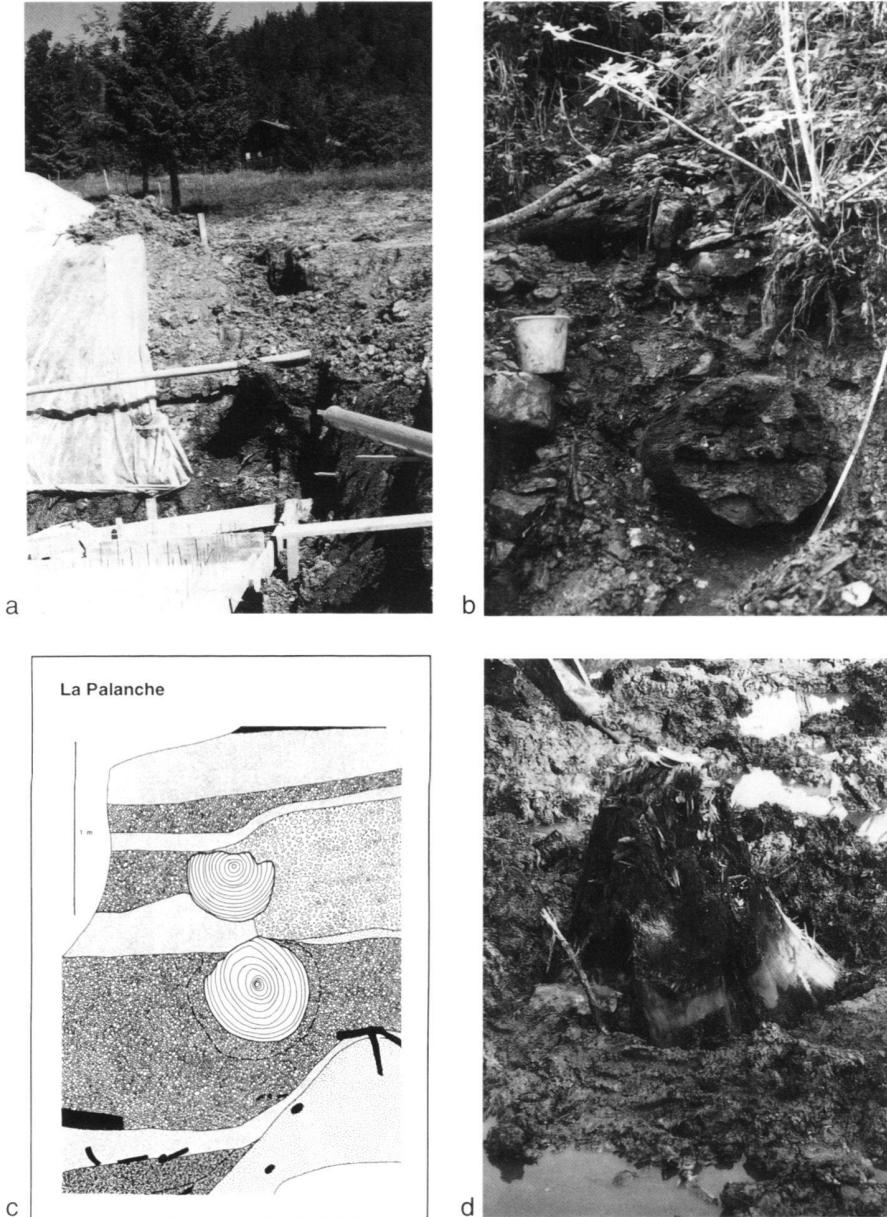


Fig. 4. Quelques exemples de gisements de troncs fossiles:

- a- site LD 4: troncs couchés obliquement dans le sens de la pente
- b- site LD 9: enchevêtrement de troncs couchés dans tous les sens
- c- site LD 10: troncs couchés dans un dépôt fluviatile dû à un barrage du ruisseau
- d- site LD 11: souche couverte par une coulée boueuse dans le cône fluviatile

Fig. 4. Examples of situation of fossil trees:

- a- site LD 4: trees lying obliquely, oriented downslope
- b- site LD 9: «mess» of trees lying in all directions
- c- site LD 10: trees lying in a fluvial deposit, due to a dam by the landslide
- d- site LD 11: in situ trunk, covered by a mudflow on the fluvial cone

et LD.9.e, *Abies alba*), enfin un tronc émergeant dans une petite niche d'érosion affectant le bord du glissement un peu à l'amont (éch. LD.9.f, *Abies alba*). Prélèvement le 28.9.90. (fig. 4 b).

Coupe de la Palanche, LD 10 (coord. 579.900/133.100): en rive gauche du ruisseau de Pont Bourquin, coupe de 5 m de haut dans une accumulation fluviatile formant terrasse. La position de la terrasse laisse supposer qu'elle est due à un barrage du ruisseau lors d'une crise du glissement. Les dépôts sont formés de sables ou de gravillons fins, contenant essentiellement du matériel schisteux noir semblable à celui qui forme le glissement, et très différent des alluvions actuelles. Deux gros troncs, couchés en travers par rapport à l'axe du ruisseau, semblent avoir participé au barrage. Echantillon LD.10.d, *Abies alba*, prélevé en 1987, rééchantillonné le 28.9.90. (fig. 4 c).

Une autre coupe naturelle a été échantillonnée dans la berge du ruisseau des Vernex, sur le bord droit du glissement:

Site LD 13 (coord. 579.450/133.260): niche d'érosion dans la berge du ruisseau. A la base, 10–20 cm de sable noir, recouvert par la masse glissée noire à débris de schistes. Un gros tronc émerge à la base de la masse glissée (éch. LD 13.a, *Picea abies*, diamètre 70 cm), un petit tronc parallèle au premier (éch. LD 13.b, *Abies alba*), tous deux couchés obliquement au cours du ruisseau, dans le sens d'écoulement du glissement, pris à leur base dans les sables, et situés probablement à la base de la masse glissée. Un tronc de petit diamètre, 50 cm plus haut, et orienté perpendiculairement aux premiers (éch. LD 13.c, *Picea abies*, diamètre 26 cm), un gros tronc couché dans le ruisseau, dégagé, mais provenant probablement aussi du glissement (éch. LD 13.d, *Picea abies*, diamètre 70 cm). Prélèvement le 19.8.95.

Le cône du Bey Jauni contient également des troncs d'arbres. Au sommet du cône (coord. 578.810/132.970) une fouille

réalisée en 1969 pour l'installation d'une fosse à purin avait mis au jour plusieurs gros troncs fossiles à 3–4 m de profondeur, entièrement pris dans une masse argileuse noire (renseignement oral, confirmé par le propriétaire). En juillet 1995, un nouveau chantier, situé en aval, en bordure du cône, a permis de prélever plusieurs troncs fossiles et d'observer les terrains recouverts:

Chantier LD 11 (coord. 578.640/132.950): fouille pour chalet, en bordure du cône, profondeur env. 1,5 m. Masse argileuse noire à débris de roche schisteuse, s'aminçant en biseau vers le bord du cône, et recouvrant un sol fossile limono-graveleux à pseudo-gley, développé sur des débris de pente. Couche riche en matière organique et en petits débris de bois au contact des 2 couches, témoin probable d'un sol marécageux. Deux grosses souches en place, recouvertes par la masse argileuse (éch. LD 11.a. *Abies alba*, diamètre 70 cm, et LD 11.c. *Picea abies*, diamètre 70 cm), un tronc de 4 m de long couché dans le sens d'écoulement du cône (éch. LD 11.b. *Abies alba*, diamètre 50 cm). Une autre souche, enracinée dans la masse argileuse et plusieurs troncs de moindre diamètre n'ont pas été échantillonnés. Prélèvement le 31.7.95. (fig. 4 d).

Chaque fois que c'était possible, nous avons pris une section complète du tronc. Vu la faible profondeur des fouilles, la plupart des échantillons proviennent d'une profondeur de 2 à 4 mètres.

### Analyse dendrochronologique

Les analyses dendrochronologiques ont été effectuées au Laboratoire Romand de Dendrochronologie, à Moudon.

#### Aspect dendrologique

Le corpus est composé de 32 sapins blancs (*Abies alba*) et de 17 épiceas (*Picea abies*) représentant respectivement 64 % et 34 % de ce corpus, ainsi que d'un aulne (*Alnus sp.*). 43 bois possèdent la moelle (86 %) et 29 bois possèdent l'écorce (58 %); le nombre de cernes de croissance mesurés sur chaque bois est donc très proche de l'âge réel des arbres (cf. tab. 1).

Ces âges sont compris entre 20 et 417 ans; l'âge moyen des sapins est de 150 ans et de 114 ans pour les épiceas. Deux sapins atteignent resp. 417 et 357 ans et un épicea 315 ans: ces âges sont exceptionnels. Jusqu'alors dans notre banque de données, le plus âgé des 3514 sapins analysés comptait 314 cernes: la plupart de ces bois ont été prélevés dans le cadre de l'analyse de bâtiments où nous sélectionnons pourtant toujours les spécimens fournissant les plus longues séquences possibles.

Ainsi, au Tessin, dans le val Malvaglia, à 1360 m d'altitude, où nous avons daté 41 constructions du hameau de Dagro, dont le bois le plus ancien date de l'an 1251, la moyenne d'âge des 385 mélèzes (*Larix decidua*) analysés est de 89 ans et celle des 167 épiceas de 71 ans. Le site de Dagro est très représentatif, il est un des seuls villages de montagne ayant fait l'objet d'une étude dendrochronologique globale (Donati 1988).

La comparaison de ces deux sites de même altitude est significative. A Dagro, le corpus est représentatif d'une forêt locale régulièrement exploitée par l'homme et dont les arbres ont un âge moyen inférieur à 90 ans; aux Diablerets, le corpus

est représentatif d'une forêt naturelle, non exploitée par l'homme, possédant des individus très âgés, puisque sur 50 bois mis au jour, 5 ont plus de 250 ans. A noter que les sapins sont quasiment absents aujourd'hui à cette altitude, ce qui serait dû, selon le garde-forestier (comm. pers.) non à des causes naturelles mais à un déboisement sélectif au cours des derniers siècles.

#### Séquences dendrochronologiques

Sur les cinquante échantillons prélevés, 48 ont été analysés. La largeur des cernes de croissance de chacun des échantillons a été mesurée au 1/100e de millimètre. Dans un premier temps, les séquences individuelles ont été comparées entre elles. Ce travail a permis de définir cinq groupes de troncs comprenant entre 2 et 15 arbres, et d'établir pour chacun d'eux une séquence moyenne (tab. 2).

Les deux séquences moyennes de sapin n° 8002VDGL et 8003VDGL sont exceptionnellement longues (429 et 331 ans), elles sont bien étayées par le regroupement de 11 échantillons pour l'une et 15 pour l'autre. Ces regroupements fournissent un premier lot d'informations concernant la contemporanéité des arbres et situent chronologiquement leur mort. Neuf épiceas et sept sapins n'ont pas pu être synchronisés entre eux, ni intégrés à l'une des cinq séquences moyennes obtenues.

#### Datation dendrochronologique

Dans un deuxième temps, nous avons tenté de dater dans l'absolu les séquences moyennes issues de ces regroupements sur la base des référentiels dendrochronologiques. Les possibilités de datation qu'offre actuellement la banque de données pour le sapin et l'épicéa sont indiquées dans le tableau 3. Pour les périodes antérieures, il existe des séquences datées dans l'absolu qui ne sont pas encore rattachées à ces chronologies continues. Les dates dendrochronologiques absolues sont notées en années calendaires positives ou négatives, les dates dendrochronologiques flottantes selon la notation conventionnelle cal AD (Anno Domini = après J.-C.) ou cal BC (Before Christ = avant J.-C.).

La comparaison des séquences des Diablerets avec ces chronologies a montré que seuls les arbres du site LD 12 se situaient dans la période couverte par les séquences datées entre les années 846 et 1994. La mort du bois LD.12.b a pu être datée avec certitude de l'automne-hiver 1235–36, alors que le bois LD.12.c peut être daté à titre d'hypothèse de l'automne-hiver 1213–14. Les séquences des autres sites ne présentaient aucun synchronisme avec les références continues. Les recherches effectuées sur l'ensemble de notre banque de données (3514 séquences de sapin et 9267 séquences d'épicéa), nous indiquaient par contre que certains de ces bois pouvaient dater de la période romaine.

Ce sont les séquences obtenues par l'analyse de bois provenant d'un site archéologique à Nyon (Vaud) qui nous ont donné la clef pour dater certaines séquences des Diablerets.

Tabl. 1. Provenance et caractéristiques des 50 bois extraits sur les différents sites du glissement des Parchets.

Tabl. 1. Caracteristics of the 50 trees extracted in different sites on the Parchets landslide.

| Sites | N° du bois | Evénement | N° LRD  | Espèce | Nb de cernes | Moelle | Ecorce | Mort de l'arbre   | <sup>14</sup> C |
|-------|------------|-----------|---------|--------|--------------|--------|--------|-------------------|-----------------|
| LD.1  | LD.1.a     | A         | 2VDGL   | sapin  | 417          | ×      | ×      | saison incertaine |                 |
| LD.2  | LD.2.b     | A         | 1VDGL   | sapin  | 357          | ×      | ×      | printemps         | ARC 272         |
| LD.3  | LD 3.a     | A         | 8VDGL   | sapin  | 191          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
| LD.4  | LD.4.c     | C         | 3VDGL   | épicéa | 76           | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.4.d     | D         | 4VDGL   | sapin  | 138          | ×      | –      | indéterminé       | ARC 1423        |
|       | LD.4.e     | C         | 5VDGL   | épicéa | 79           | ×      | –      | indéterminé       | ARC 271         |
| LD.5  | LD.5.a     | –         | 17VDGL  | sapin  | 102          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.5.b     | –         | 16VDGL  | sapin  | 20           | –      | –      | indéterminé       |                 |
| LD.6  | LD.6.a     | B1        | 15VDGL  | sapin  | 102          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.6.b     | –         | 12VDGL  | épicéa | 140          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
| LD.7  | LD.7.a     | –         | 50VDGL  | épicéa | 97           | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.7.b     | B1        | 51VDGL  | sapin  | 101          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.7.c     | –         | 52VDGL  | épicéa | 95           | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.7.d     | B1        | 53VDGL  | sapin  | 187          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
| LD.8  | LD.8.a     | B1        | 32VDGL  | sapin  | 28           | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.8.d     | B1        | 34VDGL  | épicéa | 96           | ×      | ×      | saison incertaine |                 |
|       | LD.8.e     | –         | 35VDGL  | épicéa | 34           | –      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.8.f     | B1        | 36VDGL  | sapin  | 45           | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.8.g     | –         | 37VDGL  | sapin  | 101          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.8.h     | A         | 30VDGL  | sapin  | 138          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.8.i     | –         | 38VDGL  | épicéa | 66           | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.8.j     | B1        | 39VDGL  | sapin  | 87           | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.8.k     | B1        | 46VDGL  | sapin  | 54           | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.8.n1    | B1        | 40VDGL  | sapin  | 164          | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.8.n2    | B1        | 41VDGL  | sapin  | 143          | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.8.n3    | B1        | 42VDGL  | sapin  | 75           | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.8.n5    | –         | 44VDGL  | épicéa | 161          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.8.n6    | –         | 45VDGL  | épicéa | 112          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.8.m     | B1        | 47VDGL  | sapin  | 143          | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.8.1     | B1        | 31VDGL  | sapin  | 260          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
| LD.9  | LD.9.a     | A         | 21VDGL  | sapin  | 133          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.9.b     | –         | 22VDGL  | épicéa | 121          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.9.c     | A         | 20VDGL  | sapin  | 297          | ×      | ×      | printemps         |                 |
|       | LD.9.d     | A         | 23VDGL  | sapin  | 150          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.9.e     | A         | 24VDGL  | sapin  | 173          | ×      | ×      | saison incertaine |                 |
|       | LD.9.f     | A         | 25VDGL  | sapin  | 86           | ×      | ×      | saison incertaine |                 |
| LD.10 | LD.10.d    | B2        | 6VDGL   | sapin  | 198          | ×      | –      | indéterminé       | ARC 270         |
| LD.11 | LD.11.a    | A         | 111VDGL | sapin  | 214          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.11.b    | A         | 112VDGL | sapin  | 134          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.11.c    | –         | 113VDGL | épicéa | 107          | –      | –      | indéterminé       |                 |
| LD.12 | LD.12.a    | –         | 121VDGL | sapin  | 111          | –      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.12.b    | E         | 122VDGL | sapin  | 234          | ×      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.12.c    | E         | 123VDGL | épicéa | 83           | –      | ×      | automne/hiver     |                 |
|       | LD.12.d    | –         | 124VDGL | sapin  | 110          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.12.e    | ---       | 125VDGL | épicéa | 33           | ×      | ×      | indéterminé       |                 |
|       | LD.12.f    | ---       | 126VDGL | aulne  | 58           | –      | –      | indéterminé       |                 |
| LD.13 | LD.13.a    | B2        | 131VDGL | épicéa | 203          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.13.b    | B2        | 132VDGL | sapin  | 121          | ×      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.13.c    | –         | 133VDGL | épicéa | 128          | –      | –      | indéterminé       |                 |
|       | LD.13.d    | B2        | 134VDGL | épicéa | 315          | ×      | –      | indéterminé       | ARC 1420        |

Tabl. 2. Groupes de troncs et séquences moyennes.

Tabl. 2. Groups of trees and mean sequences.

| Essence végétale | N° de la séquence moyenne | Longueur des séquences | Nombre d'échantillons | N° des échantillons LRD  |
|------------------|---------------------------|------------------------|-----------------------|--|
| Sapin blanc      | 8002VDGL                  | 429 ans                | 11                    | LD.1.a, LD.2.b, LD.3.a, LD.8.h,<br>LD.9.a+c+d+e+f, et LD.11.a+b        |
|                  | 8003VDGL                  | 331 ans                | 15                    | LD.6.a, LD.7.b+d, LD.8.a+d*f+j+k<br>+n1+n2+n3+m+l et LD.13.b (*Épicéa) |
|                  | 7000VDGL                  | 85 ans                 | 2                     | LD.4.c+  |
|                  | 7001VDGL                  | 161 ans                | 2                     | LD.8.n5+n6   |
| Épicéa           | 7002VDGL                  | 315 ans                | 2                     | LD.13.a+d  |

Tabl. 3. Périodes couvertes par les chronologies continues de sapin et d'épicéa.

Tabl. 3. Periods covered by the chronological reference curves of fir and spruce.

|             |                |          |                |
|-------------|----------------|----------|----------------|
| Sapin blanc | nord des Alpes | 1149 ans | de 846 à 1994  |
|             | Arc alpin      | 1126 ans | de 869 à 1994  |
| Épicéa      | nord des Alpes | 976 ans  | de 1019 à 1994 |
|             | Arc alpin      | 982 ans  | de 1013 à 1994 |

La mise au jour d'une canalisation de l'époque romaine à l'Avenue Juste-Olivier a fourni des bois contemporains de chêne, de hêtre (*Fagus silvatica*) et de sapin. La séquence de hêtre a été le lien entre la séquence de sapin et celle de chêne, ce qui nous a permis de réaliser une datation relative inter-essence. La séquence de chêne de Nyon pouvant être datée dans l'absolu sur les référentiels établis pour cette essence et remontant jusqu'en -4089, les séquences des deux autres essences ont été de ce fait datées dans l'absolu.

La séquence moyenne de sapin de Nyon (147 ans situés entre les années -123 et 24) présente un excellent synchronisme avec la séquence moyenne de sapin des Diablerets n° 8002VDGL, ce qui nous a permis de dater dans l'absolu cette séquence de 429 ans entre les années -332 et 97.

#### Datation $^{14}\text{C}$

Cinq datations  $^{14}\text{C}$  ont été effectuées par le laboratoire Archéolabs, sur des fragments de 10 à 30 cernes précisément positionnés dans les séquences.

Le premier aspect de l'apport de la datation  $^{14}\text{C}$  à la dendrochronologie est la proposition d'une fourchette de datation aidant à résoudre les cas difficiles (date  $^{14}\text{C}$  calibrée). Cette datation complémentaire permet au dendrochronologue de continuer la recherche dans une fourchette chronologique réduite. Par ce biais, les datations dendrochronologiques obtenues sur des périodes pour lesquelles les référentiels sont très peu étayés sont souvent confirmées. C'est ainsi que la datation absolue de la séquence n° 8002 VDGL a été confirmée.

La datation  $^{14}\text{C}$  permet aussi de situer chronologiquement des séquences flottantes non rattachées aux chronologies con-

tinues. C'est ainsi que des datations effectuées sur des bois intégrés dans les groupes n° 8003 VDGL et 7000 VDGL confirment l'indépendance chronologique et la succession des trois séquences datées ainsi que leur âge antérieur aux courbes de référence continues. La datation de la séquence d'épicéa n° 7002 VDGL confirme une corrélation dendrochronologique incertaine avec la séquence de sapin n° 8003 VDGL, les deux datations  $^{14}\text{C}$  donnant le même résultat à 7 ans près, compte tenu de leur position dans la séquence dendrochronologique. La datation du bois LD.4.d montre d'une part que cette séquence se situe vers l'extrémité de la référence continue du sapin, d'autre part que le site LD 4 contient des arbres appartenant à au moins deux périodes différentes.

Le tableau 4 et la figure 5 présentent les données dendrochronologiques en relation avec les analyses  $^{14}\text{C}$ . La synthèse de ces résultats permet de définir 2 groupes principaux de troncs correspondant à deux épisodes de glissement successifs, que nous désignons plus loin comme événements A et B, ainsi que 3 groupes composés de un à deux troncs chacun, et correspondant à trois épisodes plus petits, désignés comme événements C, D et E.

#### Événement A

L'événement A regroupe les sites LD 1, LD 2, LD 3, LD 9, un tronc du site LD 8, ainsi que le site LD 11 sur le cône du Bey Jauni. Les résultats dendrochronologiques et  $^{14}\text{C}$  (ARC 272) ainsi que les données dendrologiques, indiquent que la mort des arbres lors de cet événement se situe principalement entre le printemps 94 et l'automne/hiver 98/99. Le tableau 5 et la figure 6 situent et illustrent la date de la mort de chacun des arbres du groupe n° 8002 VDGL.

La mort de l'arbre LD.9.e en l'an 13 et celle de l'arbre LD.9.f en l'an 52 indiquent que des événements antérieurs à l'événement A ont déjà marqué le site.

Sur la séquence dendrochronologique du bois LD.9.e on observe un brusque ralentissement du rythme de croissance précédant de 4 ans l'arrêt de croissance. La mort de l'arbre intervient donc après une phase de déstabilisation du terrain.

En l'an 85, la mort de l'arbre LD.1.a précède celle de l'arbre LD.11.b en automne/hiver 87/88 et celle de 5 arbres, entre le printemps 94 et l'automne/hiver 98/99 (LD.2.b, LD.9.d,

Tabl. 4. Synthèse des datations dendrochronologiques et  $^{14}\text{C}$ .

Tabl. 4. Syntheses of the dendrochronological and the radiocarbon datings

| Événement | Dendrochronologie |                |           |                         | Datation par le radiocarbone |                 |                          |                               |
|-----------|-------------------|----------------|-----------|-------------------------|------------------------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|
|           | Essence végétale  | N° de séquence | Nb années | Situation chronologique | Echantillon soumis à analyse | N° de référence | Age $^{14}\text{C}$ brut | Date $^{14}\text{C}$ calibrée |
| A         | Sapin blanc       | 8002 VDGL      | 429       | -332 à 98               | LD.2.b - cernes 121 à 141    | ARC 272         | $2090 \pm 70 \text{ BP}$ | 360 cal BC - 70 cal AD        |
| B         | Sapin blanc       | 8003 VDGL      | 331       | non déterminée          | LD.10.d - cernes 76 à 99     | ARC 270         | $1760 \pm 50 \text{ BP}$ | 145 cal AD - 405 cal AD       |
|           | Epicéa            | 7002 VDGL      | 315       | non déterminée          | LD.13.d - cernes 201 à 214   | ARC 1420        | $1767 \pm 40 \text{ BP}$ | 145 cal AD - 395 cal AD       |
| C         | Epicéa            | 7000 VDGL      | 85        | non déterminée          | LD.4.e - cernes 37 à 48      | ARC 271         | $1630 \pm 50 \text{ BP}$ | 265 cal AD - 555 cal AD       |
| D         | Sapin blanc       | LD.4.d         | 138       | non déterminée          | LD.4.d - cernes 61 à 75      | ARC 1423        | $1112 \pm 40 \text{ BP}$ | 870 cal AD - 1015 cal AD      |
| E         | Sapin blanc       | LD.12.b        | 234       | 1002 à 1235             |                              |                 |                          |                               |
|           | Epicéa            | LD.12.c        | 83        | 1131 à 1213             |                              |                 |                          |                               |

Age  $^{14}\text{C}$  brut: en années Before Present (année de référence 1950 en utilisant la période de Libby 5568 ans) avec un degré de confiance de 68.3 % de probabilité (soit 1 Sigma)

Date  $^{14}\text{C}$  calibrée: en années avant ou après Jésus-Christ (Before Christ ou Anno Domini) en utilisant la courbe de calibration de Stuiver et Pearson (Radiocarbon n° 35, 1993) avec un degré de confiance de 95.4 % de probabilité (soit 2 Sigma)

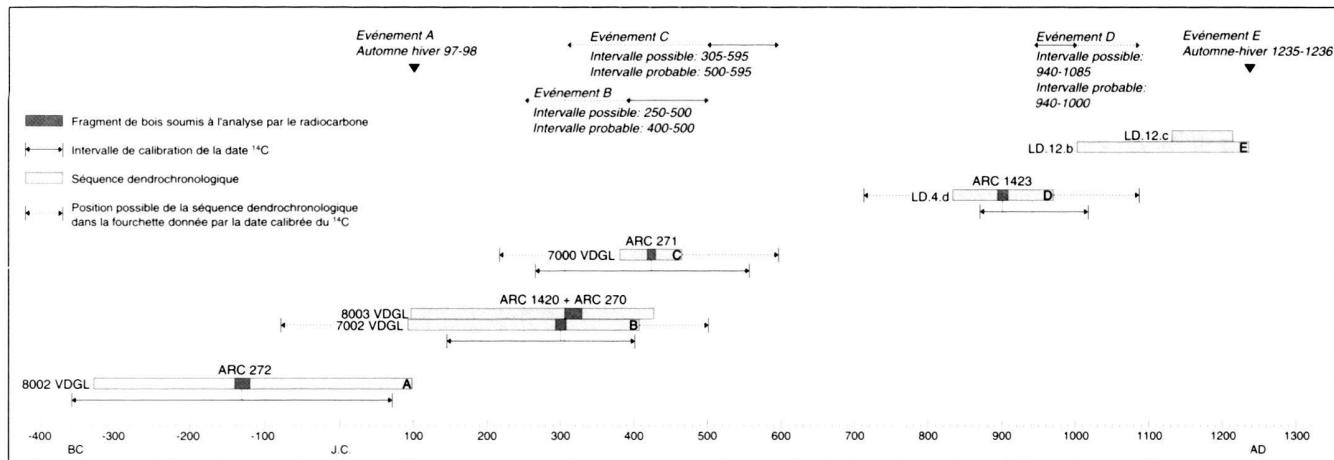


Fig. 5. Position chronologique des séquences dendrochronologiques et des cinq événements identifiés.

Fig. 5. Chronological position of the dendrochronological sequences and of the five identified events.

LD.9.b, LD.3.a, LD.11.a). Cette fourchette marque la phase principale de cet événement dont le paroxysme se situe probablement en 97/98.

#### Événement B 1

L'événement B 1 regroupe les sites LD 6, LD 7 et la plupart des troncs du site LD 8. Treize sapins et un épicéa (intégrés dans la séquence moyenne n° 8003VDGL) permettent le descriptif de cet événement. Selon le résultat de l'analyse  $^{14}\text{C}$  (ARC 270) effectuée sur les cernes 76 à 99 du bois LD.10.d, ce

fragment se situe entre les années 145 à 405 cal AD. Cette fourchette indique une possibilité de chevauchement entre le début de cette séquence moyenne et la fin de la séquence moyenne N° 8002VDGL (fig. 5). Toutefois, l'absence de synchronisme des courbes nous laisse présumer que la date à retenir, dans le cadre de la fourchette proposée par l'analyse  $^{14}\text{C}$ , devrait être la plus récente possible. La mort des arbres se situerait donc aux environs de l'an 400–500.

La datation relative de la mort des arbres et les perturbations que présentent les rythmes de croissance donnent des indications sur la dynamique de cet événement. La zone tramée

Tabl. 5. Datation absolue de la mort des arbres de l'événement A.

Tabl. 5. Absolute death-years of the trees of event A.

| N° du bois | Date de la mort de l'arbre              |
|------------|---|
| LD.8.h     | -9 pas antérieure à saison indéterminée |
| LD.9.e     | 13 saison indéterminée                  |
| LD.9.f     | 52 saison indéterminée                  |
| LD.9.a     | 84 pas antérieure à saison indéterminée |
| LD.1.a     | 85 saison indéterminée                  |
| LD.11.b    | 87/88 automne/hiver                     |
| LD.2.b     | 94 printemps                            |
| LD.9.d     | 96/97 automne/hiver                     |
| LD.9.c     | 97 printemps                            |
| LD.3.a     | 97/98 automne/hiver                     |
| LD.11.a    | 98/99 automne/hiver                     |

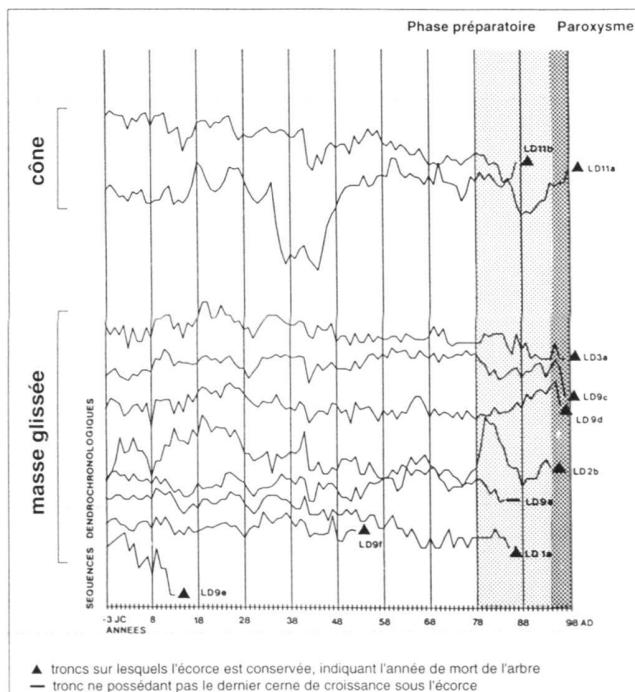


Fig. 6. Event A, dendrochronological sequences of 10 synchronous trees (group n° 8002 VDGL).

de la fig. 7 indique une période de déstabilisation qui se traduit par une diminution du rythme de croissance de la plupart des bois. Durant cette période, 3 phases peuvent être décrites:

- 1<sup>re</sup> phase: mort d'un arbre en automne/hiver, et chute du rythme de croissance sur deux arbres.
- 2<sup>e</sup> phase: événement ayant entraîné la mort de sept arbres.
- ▲ 3<sup>e</sup> phase: quatre arbres déstabilisés lors de la 2<sup>e</sup> phase ont végété entre 1 et 7 ans avant de mourir.

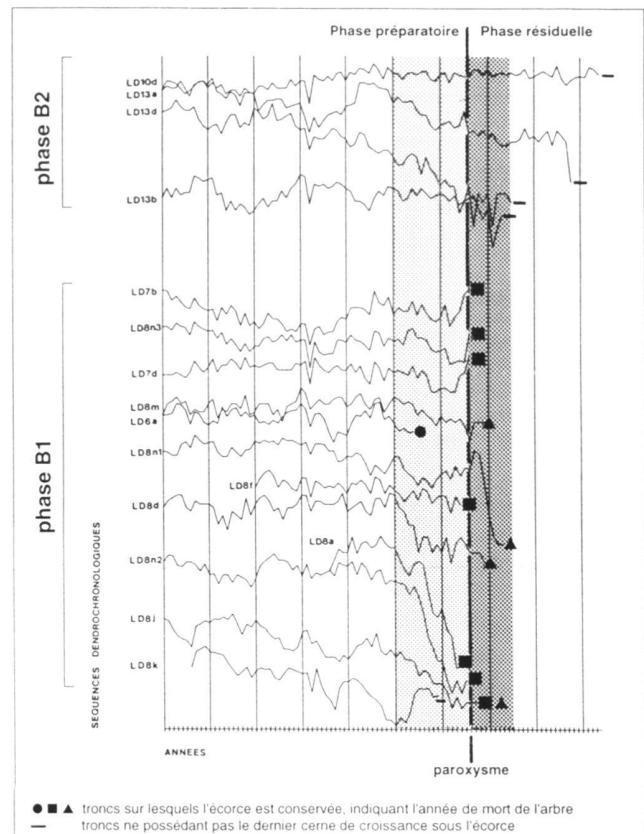


Fig. 7. Event B, dendrochronological sequences of 16 synchronous trees (groups n° 8003 VDGL and 7002 VDGL).

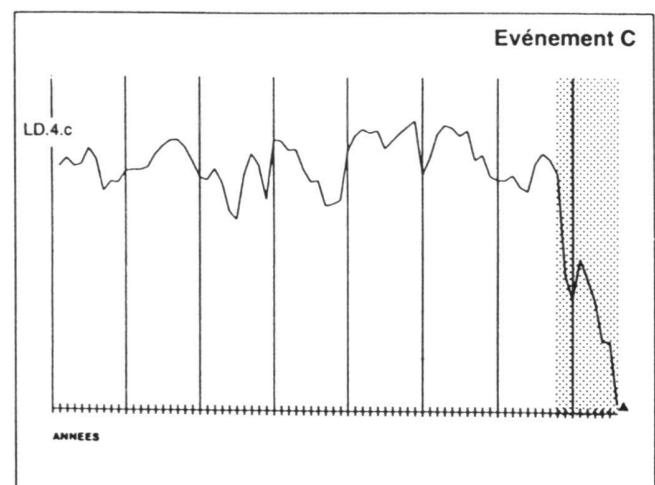


Fig. 8. Event C, dendrochronological sequence of tree n° LD.4.c.

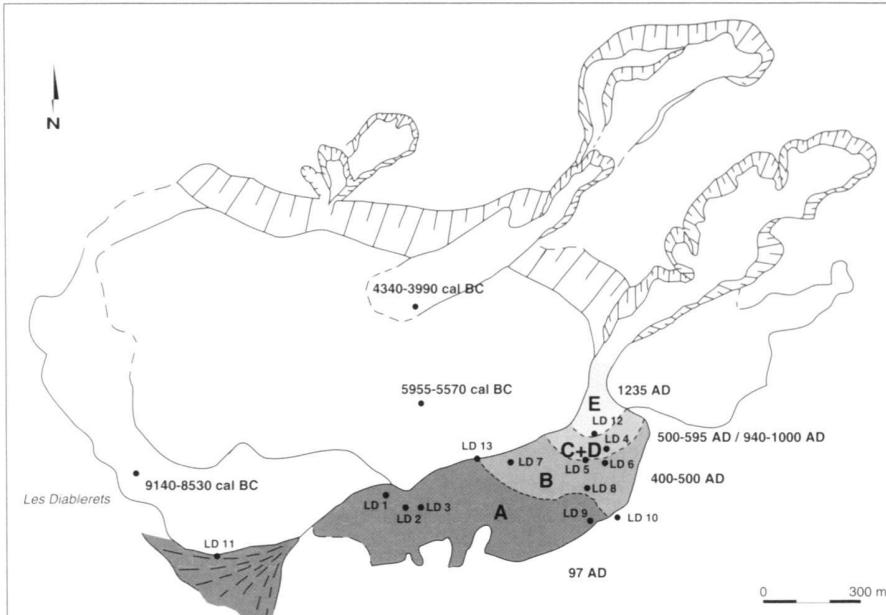


Fig. 9. Extension des événements A, B et C. Le point de prélèvement LD 8 comporte des troncs attribuables aux événements A et B, le point de prélèvement LD 4 comporte les événements C et D, le point de prélèvement LD 5 n'a pas pu être attribué à l'un des événements définis. Les datations  $^{14}\text{C}$  montrent que les autres zones de glissement du versant sont plus anciennes.

*Fig. 9. Extension of events A, B and C. Sampling point LD 8 contains trees belonging to both events A and B, sampling point LD 4 contains the events C and D, sampling point LD 5 could be attributed to neither of the five events. Radiocarbon datings show that the other landslide units of the slope are older.*

### Événement B 2

Trois troncs ont été mis au jour sur le site LD 13: deux épicéas (LD 13 a et LD 13 1d) constituant la séquence moyenne n° 7002VDGL, et un sapin blanc (LD 13 b) dont la séquence est intégrée au groupe n° 8003VDGL. La contemporanéité de ces deux séquences moyennes, probable sur la base de la dendrochronologie, a pu être confirmée par le  $^{14}\text{C}$  (cf. plus haut).

Ces troncs sont donc contemporains de l'événement B1, mais s'en distinguent par une date de mort plus tardive. Ces troncs ne possédant pas le dernier cerne de croissance sous l'écorce, l'année de leur mort ne peut pas être précisée. Cependant, ces arbres sont morts au minimum entre 5 et 21 ans après la phase paroxysmique de l'événement B1 (fig. 7). Le site LD 13 serait donc représentatif d'un événement B2, postérieur de quelques décennies à l'événement B1. On pourrait lui associer le site LD 10, sur l'autre bord du glissement, dont le seul tronc analysé est également intégré à la séquence moyenne n° 8003VDGL, et est mort au moins 30 ans après le paroxysme de l'événement B1.

### Événement C

Cet événement est représenté sur le seul site LD 4, par les deux épicéas LD.4.c et LD.4.e (séquence moyenne n° 7000 VDGL). Un fragment du bois LD.4.e a été soumis à une analyse  $^{14}\text{C}$  (ARC 271). Celle-ci indique pour les cernes 37 à 48 une date située entre les années 265 à 555 cal AD. Cette fourchette indique une possibilité de synchronisme entre cette séquence moyenne et la séquence moyenne n° 7002VDGL (événement B); aucune synchronisation n'a cependant pu être

retenue, ce qui laisserait à nouveau supposer un âge réel situé vers l'extrémité récente de la fourchette donnée par le  $^{14}\text{C}$ . Compte tenu de la position de l'échantillon daté dans la séquence, la mort des arbres se situerait donc entre 500 et 595.

Le brusque ralentissement du rythme de croissance observable sur la séquence du bois LD.4.c (fig. 8) indique qu'une phase de déstabilisation est intervenue environ 9 ans avant la mort de l'arbre.

### Événement D

Cet événement est représenté par un seul tronc du site LD 4, le sapin LD.4.d. Une datation  $^{14}\text{C}$  (ARC 1423) indique pour les cernes 61 à 75 une date située entre 870 et 1015 cal AD. Cette fourchette indique que la séquence pourrait recouvrir en partie la référence continue, qui remonte jusqu'en 846 pour le sapin. Aucune position chronologique satisfaisante n'ayant pu être retenue, il faut probablement placer cette séquence vers l'extrême ancienne de la fourchette de datation.

### Événement E

Cet événement est représenté par le site LD 12, à l'extrême amont de la zone étudiée. On peut noter que le bois LD.12.b présente du bois de compensation, un cœur décentré, et un rythme de croissance passablement irrégulier, avec des ralentissements de croissance notamment dès l'an 1109 et 1139. Tous ces signes montrent que cet arbre a poussé sur une zone instable. Une chute constante du rythme de croissance débute en 1212 et se termine par la mort de l'arbre en automne/hiver 1235/36. Le bois LD.12.c a été daté à titre d'hypothèse de l'au-

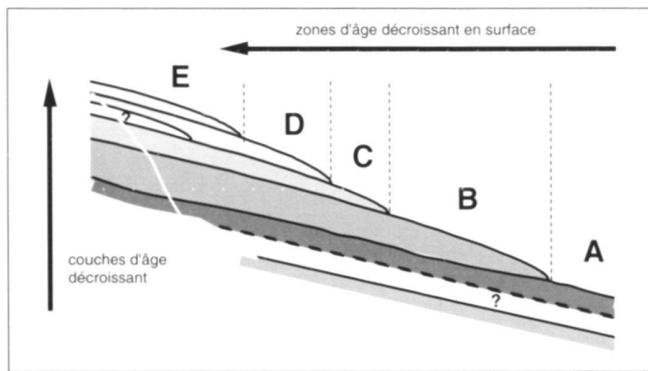


Fig. 10. Coupe schématique à travers les coulées du glissement des Parchets.

*Fig. 10. Schematic cross-section through the mud-flows of the Parchets landslide.*

tomne/hiver 1213/14. Les années 1212 à 1214 marqueraient donc le début de l'événement E, qui se terminerait, selon les données disponibles, une vingtaine d'années plus tard.

### Interprétation

Les datations dendrochronologiques peuvent être interprétées en termes de dynamique du mouvement de terrain, et ceci à plusieurs niveaux.

#### Nombre et extension des événements

La dendrochronologie et le  $^{14}\text{C}$  permettent de définir cinq événements successifs: 2 événements majeurs, puis au moins 3 événements de moindre importance. Le report cartographique de la datation des troncs permet de délimiter l'extension de chacun d'eux (fig. 9): on voit qu'ils forment des zones distinctes, l'événement A occupant la partie aval du lobe de glissement, l'événement B la partie médiane et les événements C, D et E le sommet du lobe, au débouché du goulet. Les cinq événements successifs ont donc eu une extension chaque fois plus réduite.

Il faut noter que les fouilles étant toutes superficielles (2–3 m max.), on n'a partout qu'un seul événement attesté, sauf sur le site LD 8 où l'on trouve un tronc attribuable à l'événement A parmi de nombreux troncs relevant de l'événement B, et sur le site LD 4, où l'on a des troncs attribuables aux événements C et D. Un site, LD 5, n'a pas pu être attribué chronologiquement: il se trouve dans la zone de transition entre l'événement B et les événements C, D et E. Il est probable qu'en creusant plus profondément, on trouverait sous les événements B et C les couches correspondant aux événements A, respectivement B. De même, on ne peut exclure l'existence sous l'événement A d'événements antérieurs, ainsi que l'existence d'événements de moindre extension intercalés entre les événements A et B, respectivement B et C, etc. La fig. 10 résume l'interprétation géométrique des résultats.

### Dynamique des événements

La mort simultanée de plusieurs arbres dans les événements A et B confirme le caractère rapide et catastrophique des mouvements. La morphologie d'ensemble du glissement, avec son étroit goulet et son lobe étalé, suggère qu'il s'est agi de coulées recouvrant le lobe, plutôt que d'une accélération brutale «*in situ*». Les quelques troncs observés en place étaient souvent couchés dans le sens de la pente, ce qui tendrait à montrer qu'ils ont été renversés sur place par l'arrivée de la coulée. Au vu des enchevêtements observés dans quelques sites, on ne peut toutefois exclure que certains troncs aient été arrachés dans la niche et amenés par la coulée.

L'événement C, avec seulement 2 troncs est moins net. Ces troncs étaient toutefois couchés dans le sens de la pente, et il semble bien que l'on puisse interpréter ce troisième événement de la même façon.

Les quatre événements A, B, C et E auraient commencé par une phase préparatoire de l'ordre d'une dizaine d'années (peut-être 20 ans pour E), avant une crise paroxysmale brutale et courte. Le report cartographique des dates de mort des arbres permet d'esquisser quelques hypothèses sur la vitesse du phénomène. Pour l'événement A, les dates sont à première vue mélangées, du fait probablement du transport de troncs arrachés plus haut. En fait, seules les deux souches en place du site LD 11 attestent avec certitude de la date d'arrivée des coulées au lieu de prélèvement. Si l'on considère toutefois les dates liées au paroxysme, on note une progression depuis le site LD 9 aux sites LD 3 puis LD 11. La coulée aurait donc mis environ 1 an pour se mettre en place. La mort de l'arbre LD.11.a encore une année plus tard ne signifie pas forcément que les coulées n'ont atteint le site LD 11 qu'en 98/99: cet arbre est en effet resté debout et il n'est pas exclu qu'il ait survécu un an au voyage de son pied. La datation du site LD 11 montre par contre que tout le cône du Bey Jauni et la terrasse de Plan Fromentin doivent être rattachés à l'événement A, et qu'une partie de la masse glissée s'est liquéfiée en une véritable coulée de boue.

Pour l'événement B, on note une progression des âges d'amont à l'aval:

- le seul tronc daté du site LD 6 est mort une dizaine d'années avant le paroxysme;
- sur les sites LD 8 et LD 7, la plupart des troncs sont datés du paroxysme;
- sur le site LD 8, quelques arbres végètent encore pendant 1 à 7 ans, ce qui pourrait indiquer qu'on est ici vers l'extrême aval de la zone atteinte lors du paroxysme;
- sur le site LD 13, quelque 100 m à l'aval du site LD 7, les arbres sont morts entre 5 et 20 ans au moins après le paroxysme: cet événement B2 pourrait indiquer la progression du lobe pendant la phase résiduelle. On se trouve effectivement ici à l'extrême aval attestée de l'événement B.

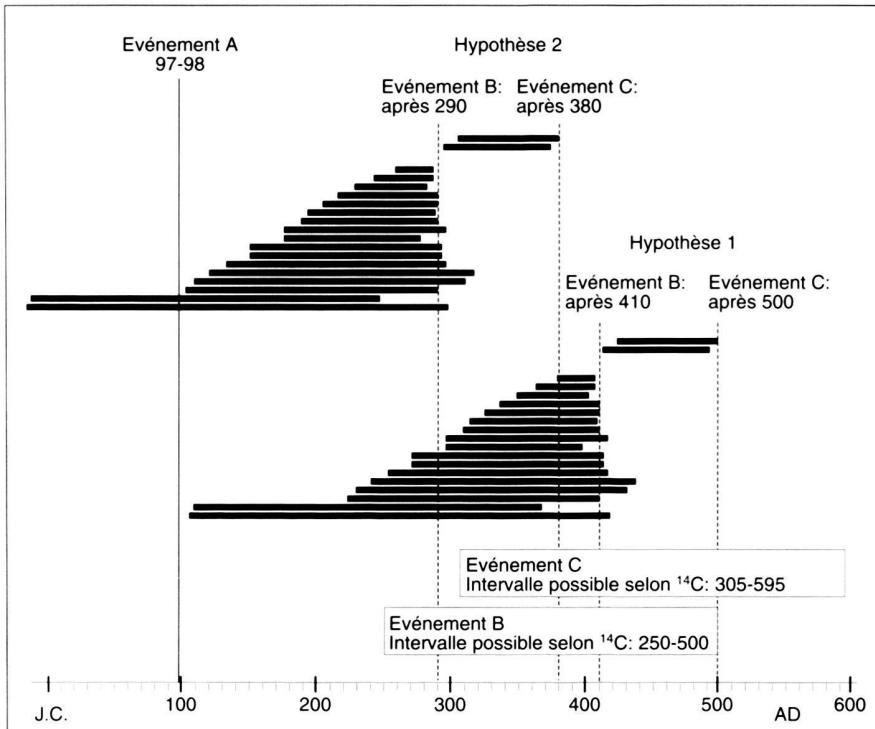


Fig. 11. Hypothèses d'âge minimal pour les événements B et C, basées sur la durée de croissance des arbres renversés.

Fig. 11. Minimal age hypotheses for the events B and C, based on the life length of the trees.

Selon cette hypothèse, B1 et B2 représenteraient deux phases d'un même événement plutôt que deux événements distincts. Sur l'autre site de l'événement B2, un arbre ne meurt que 30 ans (ou plus) après le paroxysme (site LD 10). Il s'agit en fait d'un tronc pris dans un dépôt fluviatile déposé derrière un barrage dû au glissement. La masse glissée en face du dépôt contient des arbres attribuables à l'événement A (site LD 9). Il semble bien qu'on puisse interpréter ce dépôt fluviatile de la façon suivante: l'événement B se serait répandu sur la masse glissée de l'événement A. Sous l'effet de la surcharge, la masse ancienne aurait connu une accélération et aurait provoqué progressivement le barrage du ruisseau.

Si l'existence de phases préparatoires est attestée pour quatre des cinq événements, il n'est pas contre pas possible de conclure sur la vitesse des phases paroxysmales. Un modèle pourrait être le glissement qui s'est produit non loin de là en février 1990, sur les flancs du Truchaud, et qui a formé un enchevêtrement de troncs et de boue semblable à ce qu'on trouve dans certains sites des Parchets (Schoeneich 1991 a). Ce glissement s'est produit en quelques heures. Il est possible toutefois que les coulées des Parchets aient été plus lentes, et se soient produites en quelques mois, voire quelques années.

#### *Saisonnalité des événements et dépendance météorologique*

Le glissement des Côtes du Truchaud s'est produit lors d'un événement de pluies exceptionnelles sur neige en février 1990.

Des glissements de terrain associés à des coulées de boue sont très fréquents lors de tels événements de pluie hivernale. Or la plupart des arbres renversés par les phases paroxysmales du glissement des Parchets sont morts en automne/hiver (c'est-à-dire pendant l'arrêt de croissance, ce qui signifie que sur le dernier cerne de croissance sous l'écorce la formation du bois d'été est achevée, mais que le bois de printemps de l'année suivante n'a pas encore commencé à se former). Cela pourrait indiquer que les coulées du glissement des Parchets sont également associées à des événements de pluies hivernales. En automne 1995, des signes d'activité importante étaient observables dans la niche d'arrachement du glissement des Parchets, ce qui pourrait être une conséquence des très fortes précipitations de l'hiver 1994-95.

#### *Intervalle séparant les événements*

Le sapin, avec un enracinement pivotant, est une essence résistant mal aux mouvements de terrain superficiels, contrairement à l'épicéa.

La présence dans l'événement A de troncs de sapin de 417, 357 et 297 ans, sans perturbations de croissance manifestes, semblerait indiquer que ces arbres ont poussé sur un terrain stable, ou affecté de mouvements très faibles seulement: l'événement A serait donc le premier et le seul à avoir atteint la zone de la Loyette (pour autant que l'on admette que les arbres ont été renversés sur place).

La même observation est valable dans une certaine mesure pour l'événement B, dans lequel on trouve en majorité des sapins également. Plusieurs arbres de ce groupe ont commencé leur croissance 140–190 ans avant le paroxysme de l'événement, deux ayant commencé nettement plus tôt, environ 310 ans avant. Si l'on admet que les arbres pris dans cet événement ont poussé dans la zone dévastée par l'événement A, on se trouve devant deux possibilités d'interprétations (fig. 11):

- soit tous les arbres sont postérieurs à l'événement A, auquel cas l'intervalle séparant les deux événements serait d'au moins 310 ans, et l'événement B se serait produit au plus tôt vers l'an 410;
- soit les arbres les plus vieux proviennent d'un endroit épargné par l'événement A, auquel cas l'intervalle entre les deux événements serait d'au moins 190 ans, et l'événement B se serait produit au plus tôt vers l'an 290.

Les deux solutions sont compatibles avec la fourchette de calibration de la datation  $^{14}\text{C}$ : compte tenu de la position de l'échantillon dans la séquence, l'événement B devrait se situer entre 250 et 500 cal AD. On a vu plus haut que l'absence de synchronisation dendrochronologique entre les séquences des événements A et B ferait pencher pour la première solution.

L'événement C est attesté seulement par deux épiceas, donnant une séquence de 85 ans. La durée de cette séquence correspondrait à nouveau à l'intervalle séparant les datations  $^{14}\text{C}$  des deux événements B et C, qui est d'environ 90 ans. L'intervalle séparant les datations  $^{14}\text{C}$  des événements C et D est de l'ordre de 400 ans alors que le sapin LD.4.d, avec 138 ans et sans signe de perturbation de croissance, est ici nettement plus jeune. La séquence dendrochronologique de l'événement E débute en 1002, soit environ au milieu de la fourchette de datation de l'événement D, ce qui confirmerait que ce dernier doit être placé vers l'extrémité ancienne de la fourchette, soit entre l'an 940 et 1000.

Il semble donc bien que l'on puisse interpréter les cinq séquences dendrochronologiques principales comme une succession, sans recouplement. Si l'on admet que les arbres d'un événement ont poussé dans l'espace dévasté par l'événement précédent, la longueur des séquences dendrochronologiques ne laisserait guère de temps pour des événements majeurs intermédiaires aux événements A, B et C, de même qu'entre D et E. Des événements intermédiaires seraient par contre possibles entre les événements C et D.

#### *Situation par rapport à l'ensemble du versant*

Plusieurs datations  $^{14}\text{C}$  ont pu être réalisées sur d'autres parties du versant des Diablerets (cf. fig. 9):

- dans le chantier de la BCV des Diablerets (coord. 578.400/133.230), des tourbes situées sous des sédiments lacustres ont été datées de  $9'880 \pm 100$  (UZ-2966/ETH-10210), et un bout de bois pris dans ces tourbes de  $9'750 \pm 90$   $^{14}\text{C}$  BP

(ARC 368). Ces sédiments se situent sur la base du versant, résultant d'un éventuel mouvement profond. La position horizontale des sédiments lacustres superposés aux tourbes indiquerait que cette partie du versant n'a pas connu de mouvements significatifs depuis cette date:

- un tronc de petit diamètre, couché à 4 m de profondeur sous une masse glissée argileuse gris clair dans la zone des Frasses (coord. 579.290/133.420) a donné un âge de  $6'850 \pm 70$   $^{14}\text{C}$  BP (ARC 757), et indiquerait les derniers mouvements importants dans cette zone. Les mesures de points de triangulation (Huguenin 1987) et les premières mesures inclinométriques (Noverraz, comm. pers.) confirment la quasi-absence de mouvements actuels dans cette zone;
- un morceau de bois, prélevé à 5.75 m de profondeur dans un sondage à la Moille (coord. 579.250/133.750) a donné un âge de  $5'295 \pm 80$   $^{14}\text{C}$  BP (ARC 758). Ce morceau de bois est pris dans des matériaux provenant d'un glissement de morphologie semblable à celui des Parchets, quoique de dimension nettement plus réduite.

Le glissement des Parchets est donc l'unité la plus jeune de ce complexe d'instabilités, et aujourd'hui encore la plus active. Il apparaît nettement comme superposé au glissement translationnel du Belvédère.

#### **L'interprétation en termes de danger**

##### *La nature du danger*

Au-delà de son intérêt scientifique, la compréhension de la dynamique du glissement permet également de préciser la nature du danger actuel et potentiel. En fait on peut distinguer 3 types de danger:

- les mouvements actuels: ce sont des mouvements résiduels affectant la masse déposée par les coulées de boue anciennes;
- le risque éventuel d'accélérations, qui pourraient se produire sur la masse glissée actuelle;
- le risque de nouvelles coulées, venant de la niche d'arrachement.

Si les 2 premiers étaient connus et signalés déjà dans le rapport Ceti (1988), la connaissance du troisième découle directement des résultats dendrochronologiques.

#### *Conséquences sur l'aménagement*

Le glissement des Parchets est connu depuis longtemps, probablement depuis bien avant l'avènement de la géologie, puisqu'il ne porte aucun bâtiment ancien. Malgré les signes manifestes d'activité, il a été inclus dans le périmètre de zones à bâti. Selon les recommandations des études géologiques et géotechniques (Ceti 1988), les permis de construire sont assortis de l'obligation de prendre des mesures constructives propres à limiter les dégâts dûs aux déformations: fondation

sur radier en béton, limitation du volume des constructions, conduites à raccords souples, etc.

Si ces mesures suffisent à limiter les effets des mouvements résiduels actuels, il est évident qu'elles seraient inefficaces face à des coulées rapides, et que plusieurs dizaines de chalets seraient directement menacés. Il faut donc reconstruire le risque à l'échelle du glissement entier: les mesures individuelles de protection doivent être complétées au minimum par une surveillance de la niche d'arrachement.

## Conclusions

La masse glissée des Parchets s'est mise en place par le biais de coulées boueuses catastrophiques successives. Ces événements paroxysmaux commencent par une phase préparatoire de quelques années, suivie de la coulée proprement dite, qui peut se produire en quelques jours à quelques mois, et se terminent par une phase résiduelle. Ces événements pourraient être liés à des pluies exceptionnelles ou à de fortes pluies hivernales. Les coulées étaient séparées par des périodes de plusieurs siècles, suffisamment calmes pour permettre la croissance d'une forêt sur une partie au moins du glissement.

### *L'intérêt d'une telle étude*

Le glissement des Parchets est un bon exemple où la datation a fourni un complément d'information utile à l'étude morphologique et géotechnique classique. L'analyse dendrochronologique a permis de mieux comprendre le mécanisme du mouvement et ainsi de préciser la nature réelle du danger.

Le coût des datations  $^{14}\text{C}$  et dendrochronologiques est d'environ 15'000.–, auquel il faudrait ajouter les temps de relevé et de prélèvement des échantillons, qui totalisent une cinquantaine d'heures de travail. Malgré le grand nombre d'échantillons datés, le coût total est donc modeste comparé par exemple à celui d'une campagne de forages carottés profonds.

Si le glissement des Parchets représente certes un cas idéal d'application des datations, les glissements recelant ou recouvrant des sols fossiles ou des troncs d'arbres ne sont pas rares (cf. Raetzo & Lateltin 1996). Les techniques de datation mériteraient donc d'être ajoutées à la panoplie classique d'étude des mouvements de terrain (voir aussi à ce sujet Schoeneich 1991 b).

## Méthode

Sur le plan méthodologique, il est important de relever que:

- un tel résultat n'a pu être obtenu que grâce au fait que tous les troncs disponibles ont été systématiquement prélevés et datés. La datation d'un tronc isolé n'aurait donné aucune information sur la dynamique du mouvement;
- seule la dendrochronologie est en mesure de fournir un résultat aussi précis. La seule datation  $^{14}\text{C}$  n'aurait fourni que des résultats approximatifs difficilement interprétables.

Les interventions dendrochronologiques sont en général effectuées en étroite collaboration avec les spécialistes chargés de l'étude du contexte dans lequel sont insérés les bois étudiés, l'historien de l'art dans le cadre de la statuaire, le préhistorien dans le cadre des sites lacustres, l'archéologue et l'historien dans le cadre de l'analyse des bâtiments, etc.. Cette donnée est extrêmement importante, car l'exploitation d'une analyse dendrochronologique et la mise en valeur des résultats obtenus n'est véritablement réalisable de façon optimale que si cette collaboration existe. En effet, le dendrochronologue ne maîtrise pas à lui seul la globalité des problèmes posés par chacune des disciplines dans le cadre desquelles il intervient et il doit consacrer la majeure partie de son temps à sa propre activité.

Le cas de la présente recherche est un excellent exemple pour illustrer ce propos. L'analyse serait incomplète si la position des bois n'était pas précisément inventoriée et si elle ne tenait pas compte de la nature des terrains dans lesquels sont enfouis les troncs, de leur position par rapport au glissement etc. Le rôle du géomorphologue ou du géologue est donc fondamental pour tout ce qui précède l'analyse, ainsi que pour l'intégration des résultats.

### *Implications paléoclimatiques et paléoécologiques*

Les événements paroxysmaux du glissement des Parchets pourraient bien correspondre à des épisodes ou à des périodes de pluies exceptionnelles. L'étude des terrasses de la Grande-Eau révèle, à la même époque, une augmentation de la torrentialité du régime, une progradation d'un cône latéral et une forte progression du glissement de Préserman: de nombreux indices concordants indiquent donc un changement dans le régime des précipitations entre 0 et 500 AD (Schoeneich et al. 1996). Les glissements de terrain sont des indicateurs paléoclimatiques au même titre que les dépôts lacustres, fluviatiles ou glaciaires, et méritent d'être pleinement intégrés dans les études quaternaires.

L'analyse des bois a aussi fourni des informations d'ordre paléoécologique. Nous avons analysé des sapins et des épicéas ayant vécu dans une forêt naturelle non exploitée par l'homme: ils permettent des comparaisons avec des arbres provenant d'autres sites.

### *Une séquence de référence pour l'âge du Fer et la période romaine*

L'exploitation dendrochronologique de ces bois a permis de constituer, pour le sapin blanc, le premier référentiel d'importance daté dans l'absolu, pour l'âge du Fer et l'époque romaine (de -332 à 150). Ce référentiel constitue le point d'appui pour la datation de bois de conifère provenant des sites protohistoriques et historiques. Nous pouvons mentionner les datations absolues déjà obtenues en Suisse romande sur des sites archéologiques à Avenches, Nyon et Yverdon-les-Bains (Vaud), à Massongex (Valais), Carouge (Genève), ainsi qu'en France sur des sites à Lyon, Besançon et Strasbourg.

Les glissements de terrain font partie des rares sites où des bois anciens de conifères sont conservés. L'archivage systématique des bois découverts dans un tel contexte est donc très important. Si leur étude dendrochronologique est essentielle pour la connaissance des glissements, ces bois représentent en soi des archives uniques pour d'autres disciplines telles que l'archéologie, la botanique, la climatologie et les recherches en physique des isotopes ( $^{18}\text{O}$ ,  $^{13}\text{C}$ , etc.). Ils permettront dans un proche avenir, par l'analyse morphologique des cernes datés, de reconstituer le climat de ces périodes anciennes (Orcel et al. 1993).

## Remerciements

Nos remerciements vont aux entreprises Borghi et Mendicino, aux Diablerets, pour le signalement et la mise en lieu sûr de nombreux troncs, ainsi qu'à MM. Paul Schoeneich, Philippe Pichard, Jean-Claude Roch, Yves Pfund, Marcel Mermod et Philippe Isabel pour leur aide au prélèvement des échantillons. Nous remercions MM. Christophe Bonnard, Aurèle Parriaux et un lecteur anonyme pour la relecture attentive du manuscrit.

Les datations ont été financées par le Fonds du 450ème de l'Université de Lausanne. L'étude a bénéficié en outre de l'aide du Fonds national suisse de la recherche scientifique (requête n° 21-27874.89).

## BIBLIOGRAPHIE

- CETI 1988: Le Glissement des Diablerets. Etude générale préliminaire. Rapport non-publié. CETI-EFL, Lausanne.
- CETI & Lauraux 1990: Développement du domaine du Belvédère aux Diablerets, commune d'Ormont-Dessus. Etude générale du glissement des Diablerets. Rapport géologique non publié. Etude demandée par la SI Les Diablerets-Belvédère.
- BADOUX, H., GABUS, J.H. & MERCANTON, C.H., 1991: 1285 Les Diablerets. Atlas géologique de la Suisse, 1:25'000, feuille n° 88.
- DONATI, P., 1988: Dendrochronologie et analyse monumentale, la Villa di Dagro (Tessin), une recherche en cours d'évolution. In : L'habitat, perspectives et recherches ethnographiques et archéologiques. Bull. du Centre genevois d'Anthropologie, 1/1988, Peeters Press – Louvain, 83-105.
- GABUS, J.H., 1976: Cartes d'instabilités. – Service de l'aménagement du territoire, Etat de Vaud.
- HUGUENIN, 1987: Contrôle de triangulation du quatrième ordre aux Diablerets. Rapport non-publié. EPFL, Géodésie et Mensuration.
- LOMBARD, A. et al., 1974 : 1265 Les Mosses. Atlas géologique de la Suisse, 1:25'000, feuille n° 64.
- LUGEON, M., 1941: Les Diablerets. Atlas géologique de la Suisse, 1:25'000, feuille n° 19.
- NOVERRAZ, F., 1985: Etudes régionales. Cartes d'instabilités. DUTI-Détection et Utilisation des Terrains Instables. EPFL, Lausanne.
- ORCEL, C., ORCEL, A., HURNI, J.P. & TERCIER, J., 1991: Analyse dendrochronologique de bois provenant de glissements de terrain aux Diablerets – Commune d'Ormont-Dessus (VD). Rapport non publié. Laboratoire romand de dendrochronologie, Moudon. Rapport n° LRD91/R3067.
- ORCEL, C., ORCEL, A. & TERCIER, J., 1996: Glissement de terrain aux Diablerets, CH-Ormont-Dessus (VD). Rapport d'expertise dendrochronologique. Rapport non-publié. Laboratoire romand de dendrochronologie, Moudon. Rapports n° LRD96/R3067A et LRD96/R3067A1.
- ORCEL, A., ORCEL, C., FAVRE, A., MOHNHAUPT, M. & HURNI, J.-P. 1993: Dendroclimatic model constructed with oakwoods of the Swiss «Piémont jurassien». In: Tree rings and environment. Lund 1991, Lunqua Report 34, 247-253.
- RAETZO, H., LATELTIN, O., 1996: Rutschung Falli Hölli, ein ausserordentliches Ereignis ? Interpraevention 1996, Garmisch-Partenkirchen 3, 129-140.
- SCHOENEICH, P., 1991a: Effets des intempéries des 14 et 15 février 1990 aux Ormonts (Alpes vaudoises). – Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 80/3, 279-297.
- 1991b: La datation des glissements de terrain. In : Landslides, ISL 1992, v. 1 (Ed. by BELL D.H.). Balkema, Rotterdam, 205-212.
- SCHOENEICH, P., TERCIER, J., HURNI, J.-P., ORCEL, C. & ORCEL, A., 1996: Les crises catastrophiques du glissement des Parchets (Préalpes vaudoises, Suisse): indices d'une augmentation des précipitations extrêmes entre 2'000 et 1'500 14C BP. Quaternaire 7/2-3, 97-109.

Manuscrit reçu le 13 novembre 1996

Révision acceptée le 3 juin 1997