

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Botanica Helvetica  |
| <b>Herausgeber:</b> | Schweizerische Botanische Gesellschaft  |
| <b>Band:</b>        | 97 (1987)   |
| <b>Heft:</b>        | 2   |
| <b>Artikel:</b>     | Dynamique de la végétation sur les marges glaciaires récentes de la réserve d'Aletsch (Alpes valaisannes, Suisse) : 15 ans d'observations dans les placettes-témoin (1971-1986) |
| <b>Autor:</b>       | Richard, J.-L.  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-67870">https://doi.org/10.5169/seals-67870</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:** 11.01.2026

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

# Dynamique de la végétation sur les marges glaciaires récentes de la réserve d'Aletsch (Alpes valaisannes, Suisse). 15 ans d'observations dans les placettes-témoin (1971–1986)

J.-L. Richard

Sous les buis 24, Ch-2068 Hauterive, Suisse

Manuscrit accepté le 12 juin 1987

## Abstract

Richard J.-L. 1987. Dynamics of the vegetation at the edges of the glacier in the Aletsch reserve (in the valaisian Alps, Switzerland). Fifteen years of observation. Bot. Helv. 97: 265–275.

The study of the lateral moraines of the large Aletsch glacier provides a striking shortcut to the history of the colonisation of juvenile soils, from the frozen desert to the forest. The transformation was rapid during the first twenty years; it slowed down once the willows, clovers, heaths and the first conifers had taken root; lastly it became almost imperceptible after fifty years. Between 1800 and 2000 m above sea-level, on the shaded left bank, a forest vegetation of *Pinus cembra* and *Larix* developed rapidly. On the sunny right bank, however, heath land or *Festuca varia* turf are to be found, and conifers grow only in the protected niches.

Rappelons que les placettes-témoin qui font l'objet de cette note sont situées sur les moraines récentes (postérieures à la culmination de 1850) du grand glacier d'Aletsch, à l'étage supra-subalpin<sup>1</sup>, au niveau de la réserve de la L.S.P.N., que le climat est plutôt continental, bien que plus humide que celui du Valais central au sud du Rhône, avec des précipitations annuelles de l'ordre de 1200 mm et une température moyenne annuelle de +1,1 °C (janvier: -6,5 °C, juillet: +10,1 °C) à la Riederfurka à 2040 m d'altitude. Il est à peine besoin de signaler que les placettes (nommées «stations» chez Paternoster 1983) les plus basses en altitude ont à affronter des conditions thermiques extrêmes dues à l'air froid et lourd qui s'écoule en permanence le long du glacier, ce qui explique l'interversion locale des étages de végétation: «étage subnival» au dessous de 1900 m et «étage suprasubalpin» au-dessus.

Ces moraines récentes, en voie de stabilisation sont composées d'un mélange hétérogène de blocs de toutes tailles, de graviers et de sables. Les limons et les argiles granulométriques ont en grande partie disparu, entraînés par les pluies et par les phénomènes de glissement.

<sup>1</sup> Pour les étages de végétation, j'ai adopté le point de vue de E. Landolt (1983).

nomènes d'engel-dégel diurnes-nocturnes. Au point de vue minéralogique il s'agit essentiellement de gneiss, avec cependant quelques dépôts de calcaire gris (provenant de la paroi du Rottal de la Jungfrau) disséminés très irrégulièrement sur la rive gauche.

Le devenir de la végétation dépend a) de la stabilisation du substrat, b) de l'eau disponible pour les plantes (eau qui est très rapidement drainée dans une matrice à porosité grossière), c) de l'éloignement de la zone à microclimat sub-nival du bord du glacier, d) des possibilités d'enrichissement en matière organique. Puisque depuis 130 ans le glacier ne cesse de décroître, pour chaque placette-témoin le temps qui s'écoule correspond à un réchauffement du climat. La végétation passe en 130 ans d'un «désert» à une jeune forêt de mélèzes et bouleaux avec des saules et des éricacées, tandis que le «sol» minéral brut à profil non différencié (pH 7,0–7,5) évolue pendant le même laps de temps vers un sol podzolique à peine ébauché (pH 4,0), avec un horizon organique noir de 1–2 cm d'épaisseur ( $A_{00}$ – $A_1$ ) et des traces d'horizon  $A_2$  décoloré.

C'est grâce à W. Lüdi (1945, 1950) que j'ai pu faire (Richard 1973) un premier bilan de la situation après 27 ans (1944–1971). Or je me suis aperçu que si 27 ans représentaient une «maille» acceptable pour les placettes les plus anciennes, ce laps de temps était beaucoup trop long pour les placettes en début d'évolution. Je me suis donc efforcé de faire, dès 1971, autant que possible chaque année, un relevé précis de la végétation dans des placettes moins étendues et plus homogènes.

Dans les grandes lignes on voit que dans les 20 premières années, le nombre spécifique des phanérogames passe de 0 à 40 (dont 12 ligneux!) pour une placette homogène<sup>2</sup>, alors que le taux de recouvrement de la végétation atteint 25%. Ensuite, tandis que la surface couverte ne cesse d'augmenter, le nombre d'espèces se stabilise, puis diminue au fur et à mesure de l'apparition des phénomènes de compétition. Ceux-ci vont de pair avec les transformations du substrat qui se stratifie imperceptiblement et s'acidifie par suite du lessivage (porosité grossière) et de l'accumulation de matière organique d'éricacées et de conifères dont les solutions dans l'eau de pluie sont très agressives. Les tableaux 2, 3, 4 dévoilent «l'horaire» de l'apparition et de la disparition des espèces entre 1971 (1974, 1978) et 1986<sup>3</sup>. Les lichens et les mousses, quant à eux, n'apparaissent visiblement qu'à partir de la 20<sup>e</sup> année, à condition que les phénomènes d'érosion se soient stabilisés. Ce sont bien sûr les bactéries et les algues qui sont les premiers habitants des sédiments glaciaires. Leur rôle de pionniers est très important, mais puisqu'ils sont invisibles à l'oeil nu ils ne seront pas pris en compte dans cette note. Moiroud et Gonnet (1977) ont été parmi les premiers à les mettre en évidence dans les Alpes françaises.

Comme je l'ai mentionné plus haut, le climat sub-nival et l'instabilité du substrat en voie de tassemement retardent l'implantation des végétaux: sur la rive gauche, ombragée et plus froide, aucun phanérogame ne s'inatallest avant la 5<sup>e</sup> année qui suit le retrait de la glace, tandis que sur la rive droite, ensoleillée et plus chaude, après 2 ou 3 ans déjà on peut détecter les premiers colonisateurs, dont la variété est plus grande: en moyenne 14 espèces contre 9 dans les deux séries de 4 relevés faits à proximité immédiate du gla-

<sup>2</sup> L'aire minimale, c'est-à-dire la plus petite surface capable d'héberger la très grande majorité, sinon la totalité, des espèces possibles, se situe aux environs de 20 m<sup>2</sup> pour les parcelles situées sur les sols bruts (juvéniles) de la marge glaciaire; elle atteint 50 m<sup>2</sup> pour les parcelles âgées de plus de 100 à 130 ans; dans la vieille forêt d'arôles par contre elle dépasse 200 m<sup>2</sup>.

<sup>3</sup> Il n'a malheureusement pas été possible d'observer toutes les placettes chaque année pendant une durée de 15 ans, soit par manque de temps, soit en raison de la durée de vie (placette M établie en 1976) de la placette.

cier<sup>4</sup>. Le tableau 1 montre sans équivoque que les premiers colonisateurs appartiennent à l'*Oxyrietum dignae* Br.-Bl. 1926 (*Androsacion alpinae*, *Androsacetalia alpinae*, *Thlaspietea*) qui est une association de l'étage sub-nival et qui occupe ici une station abyssale.

On voit aussi que sur la rive droite, des espèces comme *Cardamine resedifolia*, *Agrostis rupestris*, *Silene rupestris*, *Poa nemoralis-glaucā*<sup>5</sup>, *Festuca rubra*, *Cerastium arvense* ssp. *strictum*, *Saxifraga aspera* apparaissent dans des stades plus précoces que sur la rive gauche. *Spergularia rubra* n'a pas encore été vu sur la rive gauche. Si l'on prend en compte les espèces légèrement xéro-thermophiles comme *Dianthus carthusianorum* ssp. *vaginatus*, *Laserpitium halleri*, *Arctostaphylos uva-ursi*, *Carex sempervirens*, *Sempervivum arachnoideum*, *Thymus polytrichus*, *Veronica fruticans*, *Festuca varia* ou *Carduus carlinae-folius* qui ne tardent pas à s'installer, on peut s'attendre à voir bientôt, comme climax, soit la pelouse à *Festuca varia* (*Festucetum variae* Br.-Bl. 1925) soit la lande à Raisin d'ours [*Junipero-Arctostaphyletum* (Br.-Bl. 19269 Hafter 1939)].

Au contraire, sur la rive gauche, on voit s'installer au bout de 10 à 15 ans déjà les premiers semis des arbres de la forêt d'Aroles et de Mélèzes (*Rhododendro-Vaccinietum cembretosum* Br.-Bl. 1927, synonyme de *Rhododendro-Cembretum* Bartoli 1966-em. Richard 1968): *Pinus cembra* et *Picea abies* surtout. Mais il faudra attendre au moins 20 ou 30 ans pour voir apparaître d'autres espèces de la lande ou de la forêt comme *Vaccinium myrtillus*, *V. gaultherioides*, *Empetrum hermaphroditum*, *Rhododendron ferrugineum*, *Pyrola minor*, *P. secunda*, ou des espèces inféodées aux combes à neige comme *Luzula alpino-pilosa*, *Salix helvetica*, *S. herbacea* et *S. reticulata*.

Parmi les 12 placettes-témoins de la rive gauche (fig. 1), j'ai choisi de présenter et d'interpréter le détail des relevés successifs de celles qui me semblaient les plus homogènes et les plus représentatives, soient M (8 ans), A (15 ans) et 4 sud (12 ans). Toutefois, afin de mieux assurer statistiquement les résultats, les valeurs indicatrices de l'écologie, selon Landolt (1977), ont été calculées et sont présentées, chaque fois où cela était possible, pour l'ensemble des paires de placettes, soient M<sup>6</sup>, A+B, 0 Sud + 0 Nord, 1 Sud + 1 Nord, 4 Sud + 4 Nord.

La placette M (tableau 2) a été établie en 1976, à 20 m du bord du glacier, sur une pente régulière de 80%, présentant alors des signes d'érosion et libérée de la glace en 1973. Il n'y avait à l'époque aucune trace visible de végétation, mais probablement déjà des microorganismes. Ce n'est qu'en 1978, soit 5 ans après la libération, qu'apparaissent les premières espèces de plantes supérieures, toutes en état de vitalité réduite, excepté *Sagina saginoides*, spécialiste des milieux froids et humides. Huit ans plus tard, en août 1986, les 7 espèces fleurissent et fructifient et le recouvrement est passé à

<sup>4</sup> Pour tenir compte du nombre d'individus parfois très faible, les indices d'abondance-dominance choisis sont les suivants et ils servent également à pondérer les moyennes des valeurs indicatrices de l'écologie:

1: très rare (1 à 2 pieds par placette), 2: rare, recouvrement insignifiant, 3: peu nombreux, recouvrement inférieur à 10%, 4: nombreux, recouvrement 10–25%, 5: nombreux, recouvrement 25–50%, 6: nombreux, recouvrement 50–75%, 7: nombreux, recouvrement supérieur à 75%. Indice suivi d'un exposant 0: vitalité réduite

La nomenclature des espèces botaniques est celle de Binz/Heitz: Schul- und Exkursionsflora für die Schweiz, 1986.

<sup>5</sup> Les populations de *Poa «nemoralis»* de la région ont des caractères morphologiques intermédiaires entre *P. nemoralis* L. et *P. glauca* Vahl (*P. caesia* Sm.).

<sup>6</sup> Une seule placette en raison de la destruction de la placette-jumelle en cours de période par un affaissement de terrain.

Tableau 1. Premiers colonisateurs des moraines latérales (âge des sols: 5 ans au plus. Distance du glacier: 25 m au plus)

| Relevé (m)   | 1    | 2    | 3    | 4    | 5           | 6    | 7           | 8    |
|--|------|------|------|------|-------------|------|-------------|------|
| Altitude (m)   | 1785 | 1800 | 1950 | 1985 | 1840        | 1900 | 1915        | 1920 |
| Exposition   | N    | N    | N    | N    | S           | S    | S           | S    |
| Surface (m <sup>2</sup> )                                | 20   | 200  | 30   | 10   | 20          | 30   | 40          | 30   |
| Recouvrement (%)   | 1    | 5    | 5    | 5    | 25          | 5    | 5           | 5    |
| Nombre d'espèces   | 6    | 11   | 10   | 10   | 14          | 12   | 15          | 14   |
|  |      |      |      |      | Rive gauche |      | Rive droite |      |
| Expèces importantes pour le diagnostic phytosociologique |      |      |      |      |             |      |             |      |
| Cl <i>Linaria alpina</i>                                 | 1    | 2    | 2    | 2    | 2           | —    | 2           | 2    |
| Cl <i>Epilobium fleischeri</i>                           | 1    | 2    | 2    | 1    | 2           | —    | 1           | —    |
| Ass <i>Cerastium pedunculatum</i>                        | —    | 2    | 2    | 2    | —           | 1    | 2           | 2    |
| Cl <i>Arabis alpina</i>                                  | 1    | 2    | 2    | 2    | —           | —    | 2           | —    |
| All <i>Saxifraga bryoides</i>                            | —    | —    | 1    | 1    | —           | —    | —           | 1    |
| All <i>Cardamine resedifolia</i>                         | —    | —    | —    | —    | —           | 2    | 2           | 1    |
| Ass <i>Oxyria digyna</i>                                 | —    | 2    | 2    | —    | —           | —    | —           | —    |
| Cl <i>Poa minor</i>                                      | —    | —    | 2    | 3    | —           | —    | —           | —    |
| Cl <i>Campanula cochleariifolia</i>                      | —    | 2°   | —    | —    | 2           | —    | —           | —    |
| All <i>Cerastium uniflorum</i>                           | —    | 1    | —    | —    | —           | —    | —           | —    |
| Cl <i>Hieracium staticifolium</i>                        | —    | —    | —    | —    | 3           | —    | —           | —    |
| Cl <i>Poa cenisia</i>                                    | —    | —    | —    | —    | 2           | —    | —           | —    |
| All <i>Sedum alpestre</i>                                | —    | —    | —    | —    | —           | 1    | —           | —    |
| All <i>Poa laxa</i>                                      | —    | —    | —    | —    | —           | —    | 1           | —    |
| Différentielles rive droite                              |      |      |      |      |             |      |             |      |
| <i>Agrostis rupestris</i>                                | —    | —    | —    | —    | 2           | 1    | 1           | 2    |
| <i>Silene rupestris</i>                                  | —    | —    | —    | —    | —           | 2    | 1           | 2    |
| <i>Poa memorialis-glaucha</i>                            | —    | —    | —    | —    | 2           | —    | 1           | 2    |
| <i>Spergularia rubra</i>                                 | —    | —    | —    | —    | —           | 3    | —           | 2    |
| <i>Festuca rubra</i>                                     | —    | —    | —    | —    | 3           | —    | —           | 2    |
| <i>Cerastium strictum</i>                                | —    | —    | —    | —    | 2           | —    | —           | 1    |
| <i>Saxifraga aspera</i>                                  | —    | —    | —    | —    | 2           | —    | —           | 1    |
| Compagnes  |      |      |      |      |             |      |             |      |
| <i>Sagina saginoides</i>                                 | 1    | 2    | 2    | 3    | —           | 3    | 3           | 3    |
| <i>Poa alpina</i>  | —    | 2    | 2    | 2    | —           | 1    | 1           | 1    |
| <i>Saxifraga aizoides</i>                                | 2    | 2    | 2    | —    | 2           | —    | 1           | —    |
| <i>Trifolium pallescens</i>                              | 1°   | —    | —    | —    | 4           | —    | —           | 2    |
| <i>Salix appendiculata</i> juv.                          | —    | 2°   | —    | —    | —           | —    | 1           | —    |
| <i>Tussilago farfara</i>                                 | —    | —    | —    | 2    | 2           | —    | —           | —    |
| <i>Luzula spicata</i>                                    | —    | —    | —    | 1°   | —           | 1    | —           | —    |
| <i>Betula pendula</i> juv.                               | —    | —    | —    | —    | —           | 1    | —           | —    |
| <i>Artemisia mutellina</i>                               | —    | —    | —    | —    | 3           | —    | —           | —    |
| <i>Trifolium nivale</i>                                  | —    | —    | —    | —    | —           | 1    | —           | —    |
| <i>Sempervivum arachnoideum</i>                          | —    | —    | —    | —    | —           | 1°   | —           | —    |
| <i>Agrostis stolonifera</i>                              | —    | —    | —    | —    | —           | —    | 1           | —    |
| <i>Hieracium pilosella</i>                               | —    | —    | —    | —    | —           | —    | 1           | —    |

Rive droite, en outre: *Thymus polytrichus*, *Veronica fruticans*, *Lotus alpinus*, *Hippocrepis comosa*, *Sempervivum montanum*, *Festuca varia*, *Hieracium intybaceum*, *Salix serpyllifolia*, *Carduus carlinae-folius*.

Rive gauche, en outre: *Pinus cembra* juv., *Picea abies* juv., *Larix decidua* juv., *Salix herbacea*, *Salix helvetica*, *Rhododendron ferrugineum*, *Empetrum hermaphroditum*, *Vaccinium gaultheriae-aides*, *Pyrola minor*, *Luzula alpino-pilosa*.

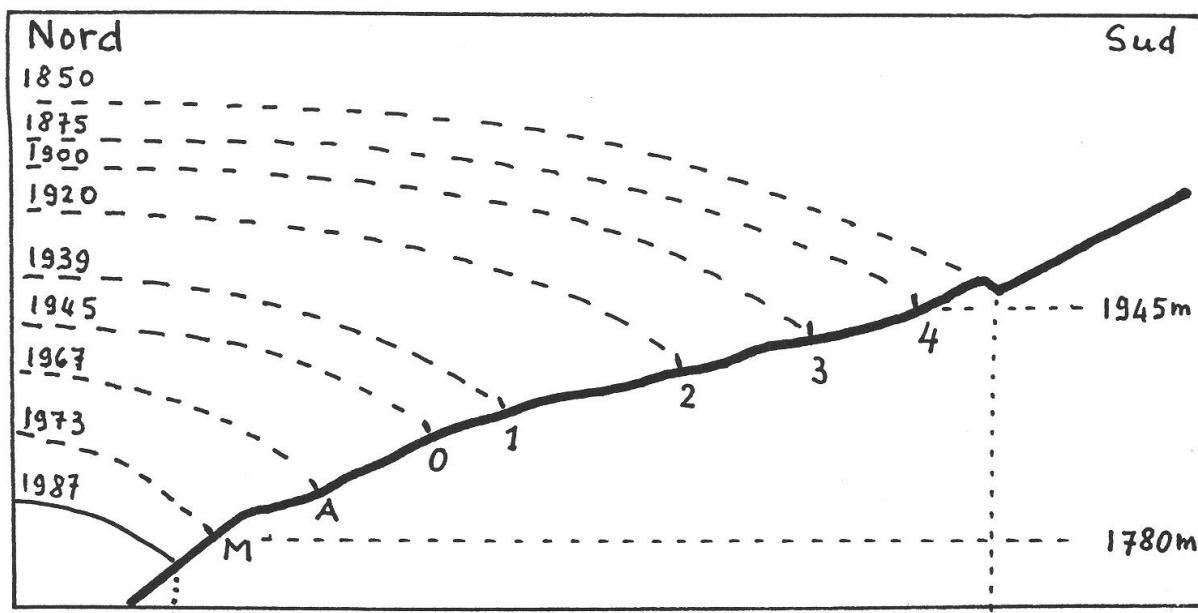


Fig. 1. Rive gauche. Stades successifs du retrait du glacier (1850–1987)

Tableau 2. Reserve d'aletsch. Moraine rive gauche

Placette M libérée en 1973±1

1780 m

|                                   | 1976 | 77 | 78  | 79 | 80 | 82 | 84  | 86            |
|-----------------------------------|------|----|-----|----|----|----|-----|---------------|
| <i>Saxifraga aizoides</i>         | —    | —  | 2°  | 2° | 3  | 4  | 4   | 4             |
| <i>Linaria alpina</i>             | —    | —  | 1°  | 1  | 1  | 2  | 2   | 2             |
| <i>Arabis alpina</i>              | —    | —  | 1°  | 1° | 1  | 2  | 2   | 2             |
| <i>Sagina saginoides</i>          | —    | —  | 1   | 1  | 1  | 1  | 2   | 3             |
| <i>Epilobium fleischeri</i>       | —    | —  | 1°  | 1° | 1  | 1  | 2   | 2             |
| <i>Trifolium pallescens</i>       | —    | —  | 1°  |    |    | —  | —   | —             |
| <i>Poa alpina</i>                 | —    | —  | —   | —  | —  | 1  | 1   | 2             |
| <i>Poa minor</i>                  |      |    |     |    |    |    | 1   | 2             |
| <i>Silene rupestris</i>           | —    | —  | —   | —  | —  | —  | 1   | —             |
| Nombre d'espèces                  | 0    | 0  | 6   | 5  | 5  | 6  | 8   | 7             |
| Rocouvrement %                    | 0    | 0  | 1   | 1  | 2  | 10 | 20  | 30            |
| Moyennes des valeurs écologiques: | F    |    | 3,5 |    |    |    | 2,8 | △ - 0,7 + sec |
|                                   | R    |    | 3,6 |    |    |    | 3,0 | - 0,6 + acide |
|                                   | H    |    | 2,0 |    |    |    | 2,5 | + 0,5 + humus |

30% (blocs exceptés), toutes les espèces accusant une augmentation du nombre d'individus et de la vitalité. A noter l'apparition d'une espèce calcicole dès 1984: *Poa minor*.

La placette A (tableau 3) a été établie en 1971 (en même temps que la placette-jumelle B), à 20 m également du bord du glacier, sur une pente régulière de 60%, libérée de la glace en 1966 ou 1967. Il est probable qu'une partie des 11 espèces dénombrées en 1971 était déjà présente en 1970. L'érosion était ici plus faible que dans la placette M, ce qui explique l'installation immédiate d'un plus grand nombre d'espèces et d'individus ainsi que d'une première espèce ligneuse: une plantule de 2 ans de *Salix ap-*

Tableau 3. Reserve d'Aletsch. Moraine rive gauche

*Placette A, libérée en 1967*

1800 m

|                                       | 1971 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 84 | 86 |
|---------------------------------------|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| <i>Poa alpina</i>                     | 2    | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 2  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  |
| <i>Oxyria digyna</i>                  | 2    | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 2  |
| <i>Cerastium pedunculatum</i>         | 2    | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | .  | .  | 2  | 2  | .  | .  |
| <i>Cerastium uniflorum</i>            | 1    | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 2  | 1  | 2  |
| <i>Sagina saginoides</i>              | 2    | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 3  |
| <i>Arabis alpina</i>                  | 2    | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3  | 2  | 2  |
| <i>Saxifraga aizoides</i>             | 2    | 4  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 5  | 4  |
| <i>Epilobium fleischeri</i>           | 2    | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 4  | 3  |
| <i>Linaria alpina</i>                 | 2    | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 4  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| <i>Campanula cochleariifolia</i>      | 2°   | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  |
| * <i>Salix appendiculata</i>          | 2°   | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| <i>Cerastium strictum</i>             | .    | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | .  | 3  | 3  | 2  |
| <i>Tussilago farfara</i>              | .    | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 2  | 2  |
| <i>Poa nemoralis-glaucia</i>          | .    | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  |
| <i>Saxifraga bryoides</i>             | .    | .  | 2  | 2  | .  | .  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 1  | 1  |
| <i>Agrostis rupestris</i>             | .    | .  | 2  | 2  | 2  | 3  | 3  | 3  | .  | 3  | 3  | 3  | 3  |
| <i>Hieracium staticifolium</i>        | .    | .  | 2  | 3  | 3  | 3  | 3  | 3  | 4  | 3  | 3  | 3  | 4  |
| <i>Minuartia verna</i>                | .    | .  | 2  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  |
| <i>Poa cenisia</i>                    | .    | .  | 2  | .  | 2  | 2  | 2  | 2  | 3  | .  | 3  | 3  | 3  |
| <i>Poa minor</i>                      | .    | .  | .  | 3  | 3  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  | 4  |
| <i>Epilobium angustifolium</i>        | .    | .  | .  | 1° | 1° | 1° | 1° | .  | 1° | .  | .  | 1° | .  |
| * <i>Salix helvetica</i>              | .    | .  | .  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| * <i>Salix hastata</i>                | .    | .  | .  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| * <i>Salix retusa + serpyllifolia</i> | .    | .  | .  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  | 2  |
| * <i>Betula pendula</i>               | .    | .  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  |
| <i>Saxifraga oppositifolia</i>        | .    | .  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  | .  | 2  | 1  | 1  | 2  |
| <i>Leontodon helveticus</i>           | .    | .  | .  | 1  | 1  | .  | .  | 1  | .  | 1  | .  | .  | .  |
| <i>Poa laxa</i>                       | .    | .  | .  | 2  | 2  | 2  | .  | 2  | 2  | .  | 1  | 1  | .  |
| <i>Saxifraga aizoon</i>               | .    | .  | .  | .  | .  | 1  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| * <i>Salix purpurea</i>               | .    | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  | 2  |
| <i>Hieracium pilosella</i>            | .    | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | .  | .  | 1  | 1  | .  | .  |
| <i>Trifolium pallescens</i>           | .    | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | .  | .  | 1  | 1  | 2  | 1  |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i>         | .    | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  | .  | .  | 1  |
| <i>Silene rupestris</i>               | .    | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | 1  | 2  | 2  | 1  | .  | .  |
| <i>Sempervivum arachnoideum</i>       | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <i>Pinus cembra</i>                   | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <i>Poa violacea</i>                   | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | .  | 1  | 1  | 1  |
| <i>Euphrasia alpina</i>               | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | .  | 1  | 2  | 3  |
| * <i>Picea abies</i>                  | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | 1  | 1  | 1  |
| <i>Anthoxanthum alpinum</i>           | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | .  | 1  | 2  |
| <i>Salix reticulata</i>               | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | 1  | 2  |
| <i>Senecio incanus</i>                | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  | 1  |
| * <i>Populus tremula</i>              | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 2  |
| <i>Sempervivum montanum</i>           | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  |
| <i>Luzula spicata</i>                 | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 2  |
| <i>Cirsium spinosissimum</i>          | .    | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1  |

ajouter ici la fin du tableau 3

Tableau 3. (Suite)

Placette A, libérée en 1967

1800 m

|                                   | 1971  | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 84 | 86            |
|-----------------------------------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---------------|
| <i>Achillea moschata</i>          | .     | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1             |
| <i>Erigeron alpinus</i>           | .     | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1             |
| * <i>Salix herbacea</i>           | .     | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1             |
| <i>Pinguicula leptoceras</i>      | .     | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | .  | 1             |
| Nombre d'espèces                  | 11    | 14 | 19 | 27 | 27 | 27 | 30 | 31 | 31 | 34 | 37 | 36 | 44            |
| *Espèces ligneuses                | 1     | 1  | 1  | 5  | 5  | 5  | 6  | 6  | 7  | 8  | 9  | 9  | 11            |
| Recouvrement %                    | 1     | 5  | 5  | 7  | 10 | 10 | 15 | 15 | 20 | 20 | 25 | 25 | △             |
| Moyennes des valeurs écologiques: | F 3,4 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2,9           |
|                                   | R 3,3 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 3,0           |
|                                   | H 2,2 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | 2,6           |
|                                   |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | - 0,5 + sec   |
|                                   |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | - 0,3 + acide |
|                                   |       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    | - 0,4 + humus |

*pendiculata*. Le nombre total d'espèces s'accroît ensuite régulièrement pour atteindre 44 en 1986. Parmi les ligneux, comme partout ailleurs, *S. appendiculata* s'implante le premier, suivi d'autres saules, du bouleau et du tremble 4 ans plus tard. L'arole et l'épicéa ne parviennent à dépasser le stade de la germination fugace qu'au bout d'une quinzaine d'années seulement. Pourquoi? Ils ont apparemment besoin de composés organiques aminés et de la symbiose mycorhizienne qui est impossible dans les sols minéraux bruts juvéniles trop pauvres en bactéries. Le mélèze, quant à lui, apparaît encore plus tard, contrairement à la théorie qui veut que cet arbre soit un colonisateur de sols bruts.

Ces milieux juvéniles, avant qu'ils ne soient «uniformisés» par l'accumulation de matière organique, l'acidification et la prédominance des éricacées, sont d'une richesse floristique remarquable; ils contrastent avec la pauvreté spécifique de toutes les associations inféodées aux sols en fin d'évolution de cette région où le gneiss est presque la seule roche-mère. Il n'est pas courant de rencontrer, dans le même milieu et dans une surface de 200 m<sup>2</sup> seulement, 6 espèces de saules et 6 espèces de paturins! Il faut noter aussi la «cohabitation» d'espèces dites calcifuges avec des espèces dites calicoles, comme par exemple: *Minuartia verna*, *Poa minor*, *P. cenisia* avec *Cerastium uniflorum*, *C. pedunculatum*, *Oxyria digyna*, *Saxifraga bryoides*, *Poa laxa* etc., cohabitation qui pose le problème de l'homogénéité des placettes: en effet on est bien obligé d'admettre qu'une moraine est par définition un milieu hétérogène au double point de vue de la granulométrie et de la composition chimique. Ici la majorité des constituants sont des roches cristallines acides du massif de l'Aar, mais on peut aussi y trouver de petits dépôts de calcaire, disséminés irrégulièrement, qui suffisent à libérer du Calcium dans le complexe absorbant. De plus, on ne sait pas si les espèces dites calicoles sont plutôt attirées par les caractéristiques physiques d'une roche calcaire ou bien si elles craignent la présence d'Aluminium et de Manganèse dans les sols acides (voir Moiroud 1975).

En résumé on s'aperçoit que le substrat complexe que peut être une moraine juvénile<sup>7</sup> est susceptible de permettre l'implantation, en micromosaïque, d'un grand

<sup>7</sup> Toutes les moraines ne sont pas hétérogènes au point de vue chimique! Il existe de nombreuses moraines composées uniquement de matériaux cristallins acides, de matériaux ultrabasiques ou de sédiments calcaires.

Tableau 4. Reserve d'Aletsch. Moraine rive gauche

Placette 4 (Sud). Libérée en 1875 ± 10  
1945 m

|                                       | 1974 | 84  | 86  |      |
|---------------------------------------|------|-----|-----|------|
| * <i>Larix decidua</i>                | 4    | 5   | 5   |      |
| * <i>Betula pendula</i>               | 2    | 2   | 2   |      |
| * <i>Rhododendron ferrugineum</i>     | 5    | 5   | 5   |      |
| * <i>Salix hastata</i>                | 3    | 4   | 4   |      |
| * <i>Salix purpurea</i>               | 2    | 2   | 2   |      |
| * <i>Salix helvetica</i>              | 2    | 3   | 2   |      |
| * <i>Salix appendiculata</i>          | 2    | .   | .   |      |
| * <i>Salix retusa + serpyllifolia</i> | 2    | 3   | 3   |      |
| * <i>Pinus cembra</i>                 | 2    | 2   | 2   |      |
| * <i>Vaccinium myrtillus</i>          | 4    | 4   | 4   |      |
| * <i>Vaccinium gaultherioides</i>     | 3    | 4   | 4   |      |
| <i>Deschampsia flexuosa</i>           | 2    | 3   | 3   |      |
| <i>Poa alpina</i>                     | 3    | 2   | 2   |      |
| <i>Anthoxanthum alpinum</i>           | 3    | 3   | 3   |      |
| <i>Epilobium fleischeri</i>           | 2    | 2   | 2   |      |
| <i>Pyrola minor</i>                   | 3    | 2   | 3   |      |
| <i>Lotus alpinus</i>                  | 3    | 2   | 4   |      |
| <i>Hieracium murorum</i>              | 2    | 3   | 3   |      |
| <i>Trifolium badium</i>               | 3    | 2   | 2   |      |
| <i>Trifolium pallescens</i>           | 2    | 3   | 3   |      |
| <i>Phyteuma betonicifolium</i>        | 2    | 2   | 2   |      |
| <i>Melampyrum sylvaticum</i>          | 2    | 2   | 2   |      |
| <i>Sempervivum montanum</i>           | 2    | 2   | 2   |      |
| <i>Euphrasia minima</i>               | 2    | 2   | 2   |      |
| <i>Euphrasia alpina</i>               | 2    | .   | .   |      |
| <i>Agrostis rupestris</i>             | 2    | 2   | 3   |      |
| <i>Hieracium staticifolium</i>        | 2    | 1   | 1   |      |
| <i>Antennaria dioeca</i>              | 2    | .   | 1   |      |
| <i>Leucanthemopsis alpina</i>         | 1    | .   | .   |      |
| <i>Luzula spicata</i>                 | 1    | .   | .   |      |
| <i>Campanula cochleariifolia</i>      | 2    | .   | .   |      |
| * <i>Calluna vulgaris</i>             | .    | 2   | 2   |      |
| * <i>Empetrum hermaphroditum</i>      | .    | 2   | 3   |      |
| * <i>Picea abies</i>                  | .    | 1   | .   |      |
| <i>Campanula scheuchzeri</i>          | .    | 1   | .   |      |
| Nombre d'espèces                      | 31   | 29  | 28  |      |
| *Espèces ligneuses                    | 11   | 13  | 12  |      |
| Recouvrement %                        | 60   | 80  | 80  | △    |
| Moyennes des valeurs                  | F    | 2,9 | 2,9 | ±0   |
| écologiques:                          | R    | 2,2 | 2,3 | +0,1 |
|                                       | H    | 3,4 | 3,4 | ±0   |

nombre d'organismes vivants à exigences écologiques variées, nombre qui ne va pas tarder à diminuer en raison: a) des phénomènes de compétition, b) de l'accumulation de matière organique acide isolant les plantes à enracinement traçant du substrat minéral, c) du lessivage des carbonates par l'eau de pluie.

La comparaison des moyennes des valeurs écologiques (Landolt 1977) de 1971 et 1986 confirme ce dont on pouvait se douter d'après les listes floristiques: en 15 ans le milieu est devenu plus sec, plus acide et plus riche en matière organique. Les valeurs pour l'azote ne varient pratiquement dans aucune placette; elles ne seront donc pas mentionnées. Notons aussi que les espèces ligneuses ont passé de 1 à 11, dont 9 feuillus (7 saules).

La placette 4 sud (tableau 4) a été établie (en même temps que la placette-jumelle 4 nord), dans sa superficie actuelle, en 1974, sur une pente de l'ordre de 50%, dans une zone déglacée depuis  $1875 \pm 10$ . C'est aujourd'hui une lande à éricacées en voie de boisement. En 1974 le mélèze le plus long mesurait 3 m et l'unique arole (qui s'est probablement installé avant le mélèze!) ne dépassait pas 25 cm. En 1986, 12 ans plus tard, le mélèze atteignait 6 m, tandis que l'arole ne mesurait que 30 cm! Cette différence de rythme de croissance est significative du tempérament des deux espèces et elle peut être généralisée. L'arole, essence de mi-ombre, finira bien par atteindre la même taille que le mélèze, mais à un âge beaucoup plus avancé.

Déglacée depuis 100 ans, cette placette, dont le sol montre les premiers signes de podzolisation, avec un pH de l'ordre de 4 en surface, n'évolue plus que très lentement. Dans cette phase le nombre des espèces commence à diminuer (il passe en 12 ans de 31 à 28) mais le recouvrement ne cesse d'augmenter. Deux espèces ligneuses sont apparues dans l'intervalle: *Calluna vulgaris* et *Empetrum hermaphroditum*, tandis que des pionniers comme *Salix appendiculata*, *Leucanthemopsis alpina*, *Luzula spicata* et *Campanula cochleariifolia* ont disparu. Les moyennes des valeurs écologiques n'ont pratiquement pas changé.

En résumé (tableau 5), l'évolution de la végétation, relativement rapide au cours des 20 premières années, se ralentit ensuite à partir du moment où les saules, les trèfles et les éricacées ont remplacé les colonisateurs de sols bruts. La dynamique devient presque imperceptible après 50 ans, avec l'emprise toujours croissante des colonies d'éricacées, puis enfin avec le développement des conifères (mélèze d'abord, arole ensuite). Sur la rive gauche, 5 ans après le retrait de la glace, la végétation pionnière subnivale évolue vers la forêt d'aroles et de mélèzes, après avoir passé par des stades à saules, puis à trèfles. Quelques espèces des gazons alpins acidophiles (*Caricion curvulae*), des combes à neige (*Salicion herbaceae*) et des roches moutonnées (*Sedo-Scleranthion*) jouent temporairement et localement un rôle secondaire. Sur la rive droite, en revanche, où la colonisation est plus précoce (2 ou 3 ans après le retrait de la glace) en raison de l'ensoleillement plus intense, après un stade pionnier presque identique, la végétation évolue soit vers le gazon à Fétuque bigarrée (*Festucetum variae*), soit vers la lande sèche à Raisin d'ours (*Junipero-Arctostaphyletum*). Le développement des arbres est freiné par la sécheresse.

Cette évolution de la végétation des marges glaciaires confirme des observations faites dans d'autres milieux (marais, forêts de plaine) sur la vitesse d'établissement d'une phytocénose. Les travaux de Viereck, sur la colonisation de la toundra d'Alaska (in Lemée 1978) ou ceux de Duvigneaud (1974) en hêtreaie l'ont bien montré: rapide au début, la croissance du système se stabilise peu à peu jusqu'au stade où il ne fait plus que se perpétuer (production nette = dégradation annuelle) au sein d'un équilibre dynamique.

Tableau 5. Evolution des placettes des moraines de la rive gauche récapitulation

| Moyennes des valeurs écologiques: F = humidité<br>R = pH<br>H = humus |                   | 1978 | 1986 | △ 8 ans            |
|---|-------------------|------|------|--------------------|
| <i>M</i> 1780 m   | Nombre d'espèces  | 6    | 7    | + 1                |
| Libérée: 1973 ± 1   | Recouvrement %    | 1    | 30   | + 29!              |
| 13 ans en 1986  | F                 | 3,5  | 2,8  | - 0,7 plus sec     |
|   | R                 | 3,6  | 3,0  | - 0,6 plus acide   |
|   | H                 | 2,0  | 2,5  | + 0,5 plus d'humus |
| <i>A + B</i> 1805 m   |                   | 1971 | 1986 | △ 15 ans           |
| (moyenne)   | Nombre d'espèces  | 13   | 44   | + 31!              |
| Libérées: 1967 ± 1  | Espèces ligneuses | 2    | 12   | + 10!              |
| 19 ans en 1986  | Recouvrement %    | 3    | 25   | + 22!              |
|   | F                 | 3,4  | 2,9  | - 0,5 plus sec     |
|   | R                 | 3,3  | 2,9  | - 0,4 plus acide   |
|   | H                 | 2,2  | 2,7  | + 0,5 plus d'humus |
| <i>OS + ON</i> 1850 m   |                   | 1974 | 1986 | △ 12 ans           |
| (moyenne)   | Nombre d'espèces  | 22   | 25   | + 3                |
| Libérées: 1945 ± 1  | Espèces ligneuses | 6    | 10   | + 4                |
| 41 ans en 1986  | Recouvrement %    | 12   | 30   | + 18!              |
|   | F                 | 2,7  | 2,9  | + 0,2 plus humide  |
|   | R                 | 2,5  | 2,5  |                    |
|   | H                 | 2,9  | 2,9  |                    |
| <i>IS + IN</i> 1860 m   |                   | 1974 | 1984 | △ 10 ans           |
| (moyenne)   | Nombre d'espèces  | 22   | 23   | + 1                |
| Libérées: 1939 ± 1  | Espèces ligneuses | 11   | 13   | + 2                |
| 47 ans en 1986  | Recouvrement %    | 17   | 30   | + 13!              |
|   | F                 | 2,9  | 2,9  |                    |
|   | R                 | 2,5  | 2,4  | - 0,1 plus acide   |
|   | H                 | 3,0  | 3,1  | + 0,1 plus d'humus |
| <i>4S + 4N</i> 1945 m   |                   | 1974 | 1986 | △ 12 ans           |
| (moyenne)   | Nombre d'espèces  | 31   | 28   | - 3                |
| Libérées: 1875 ± 10   | Espèces ligneuses | 12   | 13   | + 1                |
| 111 ans en 1986   | Recouvrement %    | 65   | 80   | + 15!              |
|   | F                 | 2,9  | 2,9  |                    |
|   | R                 | 2,3  | 2,3  |                    |
|   | H                 | 3,5  | 3,5  |                    |

## Résumé

Les moraines latérales du grand glacier d'Aletsch offrent un raccourci saisissant de l'histoire de la colonisation des sols juvéniles, à partir du désert glacé jusqu'à la forêt. La transformation est rapide au cours des 20 premières années; elle se ralentit à partir du moment où les saules, les trèfles, les éricacées et les premiers conifères se sont installés; elle devient enfin presque imperceptible après 50 ans. Entre 1800 et 2000 m d'altitude, sur la rive gauche, ombragée, la végétation s'achemine directement vers la forêt

d'aroles et de mélèzes. Sur la rive droite, ensoleillée, elle évolue vers la lande à éricaées ou vers le gazon à Fétuque bigarrée, tandis que les conifères ne s'installent que dans des niches privilégiées.

## Zusammenfassung

Die Seitenmoränen des großen Aletschgletschers widerspiegeln eine eindrucksvolle Verkürzung der Ansiedelungsgeschichte von der Eiswüste bis zum Wald. Die Umwandlung geht schnell vor sich während der 20 ersten Jahre, sie verlangsamt sich sobald sich Weiden-, Klee- sowie Ericaceen-Arten ansiedeln; nach 50 Jahren wird sie kaum mehr nachweisbar. Zwischen 1800 und 2000 m ü. M. auf dem Schattenhang geht die Vegetation direkt in den Arven-Lärchenwald über. Auf dem Sonnenhang dagegen entwickelt sie sich zur Ericaceen-Heide oder zum Buntschwingelrasen, während sich die Bäume nur an geschützten Standorten entfalten.

## Bibliographie

- Duvigneaux P. 1974. La synthèse écologique. Doin. Paris.
- Holzhauser H. 1983. Die Geschichte des großen Aletschgletschers während der letzten 2500 Jahre. Bull. Murithienne 101: 113–134.
- Landolt E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröffentl. Geobot. Institut ETH-Zürich.
- Landolt E. 1983. Probleme der Höhenstufen in den Alpen. Bot. Helv. 93: 255–268.
- Lemée G. 1978. Précis d'écologie végétale. Masson. Paris.
- Lüdi W. 1945. Besiedlung und Vegetationsentwicklung auf den jungen Seitenmoränen des großen Aletschgletschers. Ber. Geobot. Forschungsinstitut Rübel 1944.
- Lüdi W. 1950. Die Pflanzenwelt des Aletsch-Reservates bei Brig. Bull. Murithienne 67.
- Moiroud A. 1970. Etude microbiologique des limons de deux glaciers alpins. I. Activité à basse température. Rev. Ecol. Biol. Sol 7: 457–464.
- Moiroud A. 1975. Etude microbiologique des limons glaciaires. II. Influence de la végétation. Rev. Ecol. Biol. Sol 12: 169–180.
- Moiroud A. et Gonnet J. F. 1977. Jardins de glaciers. Ed. Allier. Grenoble.
- Paterno M. 1983. Dynamique de la colonisation des moraines latérales historiques du grand glacier d'Aletsch par des groupements végétaux pionniers. Pédogénèse initiale. Bull. Murithienne 101: 65–78.
- Richard J.-L. 1968. Les groupements végétaux de la réserve d'Aletsch. Mat. Levé Géobot. Suisse 51.
- Richard J.-L. 1973. Dynamique de la végétation au bord du grand glacier d'Aletsch. Bull. Soc. Bot. Suisse 83: 159–174.
- Richard J.-L. 1978. La végétation des moraines latérales du grand glacier d'Aletsch. Doc. phytosociolog. III: 363–364.