

Zeitschrift: Botanica Helvetica
Herausgeber: Schweizerische Botanische Gesellschaft
Band: 105 (1995)
Heft: 1

Artikel: La Vraconnaz, une tourbière en mouvement :dynamique de la végétation dans une tourbière soumise à un glissement de terrain
Autor: Feldmeyer-Christe, Elizabeth
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-71754>

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: 26.01.2026

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

La Vraconnaz, une tourbière en mouvement. Dynamique de la végétation dans une tourbière soumise à un glissement de terrain

Elizabeth Feldmeyer-Christe

Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage (FNP), CH-8903 Birmensdorf, Suisse

Manuscrit accepté le 28 avril 1995

Abstract

Feldmeyer-Christe E. 1995. La Vraconnaz, a moving mire. Changes in the vegetation pattern after a bog burst. Bot. Helv. 105: 55–73.

In the mire of la Vraconnaz, located at a mean altitude of 1090 m there was a bog burst in September 1987 after an extraordinary spell of heavy rainfall. The vegetation that was affected by the slide includes various groups of bog plants as well as groups of acidic and alkaline fen plants. Over 6 years the development of this vegetation was monitored on 100 permanent plots. Floristic composition and indicator values were analysed and compared in 1988 and again between 1991 and 1993. Indications of a change in the vegetation pattern are only discernible in the groups of acidic fen vegetation. It may be due to drier conditions, eutrophication and the closing of the herb cover. The stability of the other groups can partly be explained by historical factors. The recolonisation of the bare peat surface progresses slowly and with random settlements at first. Although the slide had been a great disturbance, the observation period was too short to allow the definition of any plant succession patterns.

Key words: Raised bog, sloping fen, bog burst, vegetation monitoring, Switzerland.

Introduction

En 1987, un glissement de terrain modifia en une nuit le paysage d'une tourbière de la chaîne du Jura. De tels événements ont déjà été fréquemment décrits en Ecosse ou en Irlande (Klinge 1892, Früh 1897, Sollas et al. 1897, Loebell 1953, Bower 1960, Bowes 1960, Colhoun et al. 1965, Vidal 1966, Tomlinson 1981, Tomlinson et Gardiner 1981, Alexander et al. 1986, Carling 1986, Tallis 1987), où ils sont dans la plupart des cas la résultante d'interventions humaines ayant entraîné un déséquilibre de la structure de la tourbière, soit par l'exploitation et l'extraction de la tourbe, soit par la pâture intensive et son action érosive. Ce déséquilibre peut aussi être atteint par le dépôt de matériaux étrangers (Hungry et Evans 1985) sur le sol tourbeux.

La rareté d'un tel phénomène en Europe centrale et particulièrement en Suisse donna le coup d'envoi à un vaste programme de recherche multidisciplinaire sur le site en

géophysique, végétation, analyses polliniques, entomologie, pédologie et cartographie (Bezat 1991, Feldmeyer-Christe 1990, Feldmeyer-Christe et al. 1994, Matthey et al. 1989, Miglietti 1988, Mulhauser 1990, Mulhauser 1991).

Le glissement de terrain de la tourbière de la Vraconnaz a donné l'opportunité d'étudier les réactions de la végétation d'un haut-marais à la suite d'un important stress. La présente étude s'attache à la dynamique de la végétation durant les six années qui ont suivi le glissement de terrain. Au vu du changement soudain des conditions hydrologiques et pédologiques, on pouvait s'attendre à observer des changements majeurs de la végétation, reflétant en accéléré ce qui se passe à un rythme plus lent dans une tourbière dont l'hydrologie a été modifiée par des influences humaines (exploitation de la tourbe, drainage).

Présentation du milieu

La tourbière de la Vraconnaz se trouve dans la chaîne calcaire du Jura (canton de Vaud), à une altitude moyenne de 1090 m (coordonnées 525–527/187–189). Située dans une large dépression sur une faible pente orientée nord-ouest sud-est, le haut-marais couvre une surface d'environ 30 ha, auxquels s'ajoutent 25 ha de bas-marais. Comme la plupart des tourbières du Jura, celle de la Vraconnaz a été exploitée pour en extraire la tourbe dès le 18^{ème} siècle et jusqu'à la fin de la deuxième guerre mondiale.

La Ligue suisse de la protection de la nature (LSPN), propriétaire depuis 1937 de 38 ha de tourbière, s'est toujours opposée à l'utilisation du site comme place de tirs pour l'armée. Cependant, un malentendu entre le secrétaire de la LSPN et le DMF aboutit en 1966 à une autorisation de tirs d'aviation de 2 jours (Econat 1986). Les trous d'impact (fig. 1) ne furent pas rebouchés de crainte d'aggraver les dégâts. Ils sont actuellement totalement recolonisés par la végétation.

Géologie, hydrologie et climat

La tourbière repose sur un large anticlinal de la chaîne calcaire jurassienne. Le soubassement est vraisemblablement constitué de roches marneuses imperméables du Crétacé alors que les affleurements au nord et à l'ouest sont composés de calcaire du Séquanien qui forment le centre du pli. Dans la partie est, les sols de l'anticlinal consistent en argiles calcaires du Callovien (d'après Trümpy 1980).

L'apport hydrique se fait par les précipitations et par quelques résurgences, très visibles au printemps. Du fait de sa situation dans un bassin fermé, les seuls exutoires pour le trop-plein d'eau du marais sont une série de dolines autour du marais, principalement dans la partie est.

Les données climatiques proviennent de la station de Sainte-Croix–L'Auberson, distante de 2 km au sud du haut-marais. La moyenne annuelle des précipitations se situe entre 1320 et 1480. La température annuelle moyenne oscille entre 4 et 5 °C. Des gelées peuvent survenir presque tous les mois de l'année.

Végétation avant le glissement

La tourbière de la Vraconnaz est une tourbière de pente. La partie nord-est, non exploitée et non touchée par le glissement de terrain, présente des groupements bien constitués du Sphagnion magellanici où se rencontrent plusieurs espèces rares comme *Scheuchzeria palustris*, *Carex limosa*, *Lophozia laxa*, *Carex chordorrhiza* et *Sphagnum cuspidatum*. La partie nord-ouest montre des groupements végétaux de bas-marais alca-

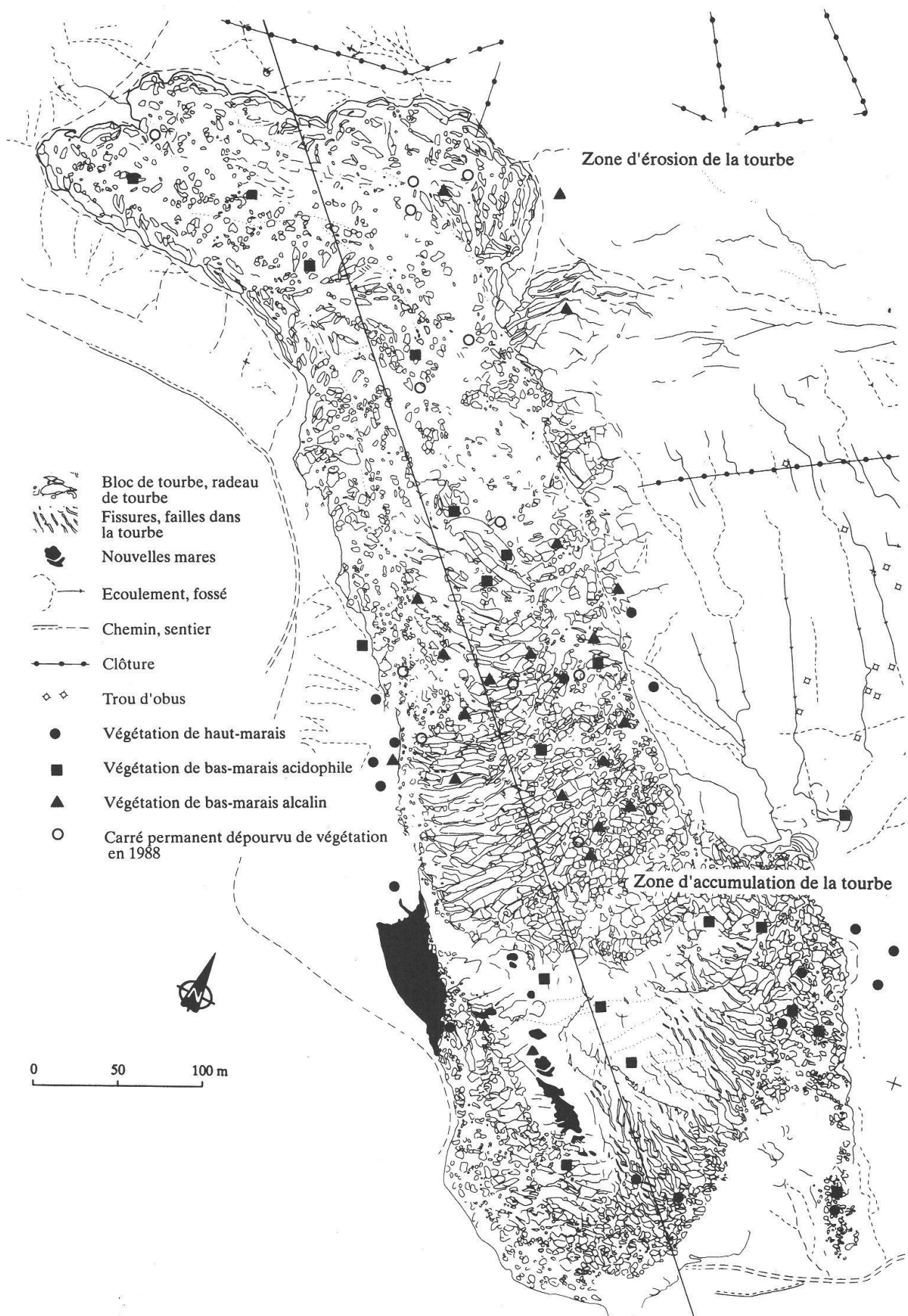


Fig. 1. Carte de la tourbière de la Vraconnaz montrant la zone bouleversée par le glissement de terrain avec l'emplacement d'une partie des carrés permanents. (Carte de Thee 1988; modifiée de Feldmeyer et Mulhauser 1994).

lins dominés par le trichophore (*Trichophorum caespitosum*) et parcourus de nombreuses failles et crevasses, suites des anciennes exploitations (Lesquereux 1844). Un important front d'extraction de plus de 100 mètres de long subsistait dans cette zone, au pied duquel s'étaient reconstitués des radeaux flottants. On y trouvait avant le glissement des espèces rares comme *Carex chordorrhiza*, *C. limosa* et *C. diandra* au milieu de tapis de sphaignes (Econat 1986). Le reste de la tourbière a été plus ou moins intensivement soumis à une exploitation artisanale de la tourbe, puis à la pâture. Il en est résulté un mélange de végétation comportant différents complexes de régénération où se côtoyaient des groupements du Sphagnion magellanici et des fragments de Rhynchosporion, de la lande à *Calluna* et des bas-marais acidophiles du Caricion nigrae. Cette diversité avait encore été renforcée par les nombreux ruissellements et leurs apports d'eau minéralisée provenant des résurgences de la partie nord de la tourbière.

La tourbière est ceinturée de pâturages du Cynosurion, de prairies du Polygono-Tri-setion et de hêtraies à sapin (Abieti-Fagetum). Entre l'étude de Chastain en 1952 et celle du bureau Econat de 1986, aucun changement majeur n'a été signalé.

Le glissement de terrain

C'est un événement climatique exceptionnel qui fut à l'origine du glissement de terrain de septembre 1987. Après trois semaines de sécheresse, de fortes pluies se déversèrent le 25 et le 26 septembre. En une seule nuit, il tomba 180 mm d'eau, ce qui constitue un record absolu depuis le début des mesures climatiques dans la région il y a 80 ans (Röthlisberger et al. 1991). On peut imaginer que cet extraordinaire et subit apport d'eau engorgea complètement tout le réseau du système karstique pourtant bien développé des alentours de la tourbière. L'eau, ne pouvant être absorbée par la terre et par la tourbe, gonfla les sources souterraines dans la partie supérieure de la tourbière, ce qui provoqua le décollement du corps tourbeux et sa séparation du sous-sol marneux à la ligne de faiblesse de la tourbière, là où les couches de tourbe coupées perpendiculairement par l'exploitation n'étaient plus soutenues latéralement et présentaient déjà de profondes crevasses à la suite de leur affaissement. La partie de tourbière située en amont de la déchirure, n'étant plus soutenue vers l'aval, dut ensuite glisser à son tour sur la faible pente (comprise entre 3 et 4%).

En une seule nuit, 150 000 m³ de tourbe glissèrent le long de la faible pente sur une distance de 300 mètres. Une surface de marais de 15 ha fut affectée par le glissement. Des arbres, principalement des épicéas, dérivèrent vers l'aval sur des radeaux tourbeux tout en conservant leur position verticale. La couche de tourbe à l'endroit du déchirement et en haut du glissement se trouva érodée par places jusqu'au sous-sol minéral. Les deux grandes dolines au sud de la tourbière furent entièrement remplies par la masse tourbeuse alors qu'un petit bois de pins à crochets (*Pinus montana*) dans la même région était complètement broyé. Comme l'eau résiduelle ne pouvait plus s'échapper par les dolines, elle s'accumula pour former de nouveaux étangs dans les parties sud-est et sud-ouest de la tourbière.

Une carte photogramétrique de la situation à l'échelle 1:1000 a été dressée sur la base de photos aériennes infra-rouge fausses couleurs prises immédiatement après le glissement (Feldmeyer et Mulhauser 1994). La reproduction simplifiée qui en est donnée sur la figure 1 permet de visualiser l'effet spectaculaire du glissement.

Méthodes

Installation d'un réseau de carrés permanents

Un réseau de 100 carrés permanents a été établi en juin 1988. La répartition non uniforme du réseau s'explique par l'inaccessibilité de certaines zones en 1988 du fait de leur sol encore non stabilisé et gorgé d'eau (fig. 1). Dans la partie supérieure du glissement, qui correspond à la zone d'érosion de la tourbe, on trouvait en 1988 soit des lambeaux de végétation sur des îlots de tourbe de quelques m² de surface et de 1 à 2 m de haut, soit des zones érodées dépourvues de végétation au niveau du sous-sol minéral. Dans la partie inférieure du glissement correspondant à la zone d'accumulation de la tourbe, on trouvait des îlots de végétation disjoints par le glissement puis comprimés les uns contre les autres, séparés par des failles remplies d'eau et par des bourrelets de tourbe nue remontée à la surface à la suite de la compression.

La surface de la majorité des carrés permanents est de 1 m². Dans les parties médianes et inférieures du glissement, où subsistent encore de grandes zones de bas-marais assez homogènes, elle est de 4 m². Les deux carrés permanents établis dans la forêt de pins (*Pinus montana*) au nord-est ont une surface de 25 m². Chaque carré, orienté nord-sud, est marqué par deux piquets de bois à ses angles nord-est et sud-ouest. En 1988, un marquage au sol de tous les carrés a permis leur repérage sur photos aériennes et leur report sur la carte du site au 1:1000 (voir fig. 1). En 1994, la position exacte de chaque carré a été mesurée au théodolite sur la base de repères extérieurs à la tourbière (avec une précision de ± 5 cm).

La végétation de tous les carrés permanents a été relevée une première fois en 1988 selon la méthode classique de Braun-Blanquet (1964). Chaque carré permanent a ensuite fait l'objet d'un relevé bisannuel ou triennal, à l'exception des carrés dépourvus de végétation en 1988 qui ont été relevés chaque année. Les deux relevés forestiers ne seront répétés qu'après une dizaine d'années.

La nomenclature des Ptéridophytes et des Spermaphytes est celle de *Flora der Schweiz* (Hess, Landolt et Hirzel 1967–1972), pour les Muscinées à l'exclusion des sphaignes celle de Smith (1980), pour les sphaignes celle de Isovita (1966) et pour les Hépatiques celle de Smith (1990).

Traitement des données

Les données sont stockées dans Flora Datenbank. Leur traitement informatique s'est fait à l'aide du programme Mulva-5 (Wildi 1991, Wildi et Krüsi 1993). Les données des 100 carrés permanents ont été normalisées et transformées (moyenne quadratique, calcul de la matrice de ressemblance) et soumises à une première analyse en coordonnées principales qui a permis d'éliminer les fugitifs (outliers), c'est-à-dire les relevés présentant une très faible affinité avec l'ensemble des données et correspondant ici à des relevés paucispécifiques ne comportant que deux ou trois espèces. Une deuxième analyse a permis de séparer les relevés restants en trois groupes principaux (fig. 2), qui ont fait ensuite l'objet d'analyses séparées et pour lesquels ont été établis les tableaux de végétation. L'analyse de la ressemblance moyenne pour l'ensemble des relevés et à l'intérieur de chaque groupe en 1988 et en 1991–93 a été calculée par la méthode des centroïdes. Les variations du spectre écologique des différents groupements ont été étudiées par des analyses de variance en utilisant les valeurs indicatrices de Landolt (1977) et les valeurs indicatrices ajustées de Küchler (en préparation).

Résultats

Etat de la végétation en 1988

La partie ouest de la tourbière de la Vraconnaz, touchée par le glissement de terrain de septembre 1987, présentait avant celui-ci une végétation mixte de haut et de bas-marais résultant de l'exploitation de la tourbe, du drainage et de la pâture (Econat 1986). Par la méthode d'analyse factorielle, on peut mesurer le degré de parenté des différents relevés, deux relevés étant d'autant plus proches sur la carte factorielle que leur compo-

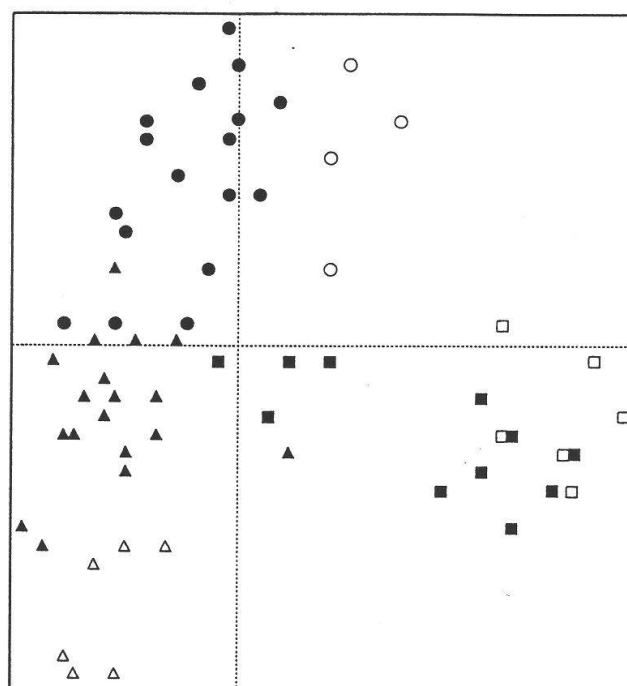


Fig. 2. Analyse en coordonnées principales (axes 1–2) des relevés phytosociologiques effectués sur les placettes permanentes en 1988. Chaque symbole représente un relevé: cercle plein = bas-marais acide, cercle vide = bas-marais acide appauvri, triangle plein = bas-marais alcalin, triangle vide = bas-marais alcalin appauvri, carré vide = haut-marais, carré plein = haut-marais asséché.

sition spécifique est plus semblable. Sur la carte d'analyse factorielle des relevés de 1988 (fig. 2), ceux-ci se répartissent grossièrement en trois grands groupes correspondant à des groupements végétaux de haut-marais, de bas-marais acidophile et de bas-marais alcalin (le tableau de végétation global n'est pas présenté ici). Chacun de ces groupes a été traité de manière indépendante afin d'étudier la spécificité de leur sensibilité de réaction.

Dynamique de la végétation entre 1988 et 1991–93

L'analyse de la ressemblance moyenne des relevés de haut et de bas-marais par la méthode du calcul des centroïdes ne montre pas de changements significatifs entre 1988 et 1991–93. La variabilité à l'intérieur du groupe des relevés de 1988 est très grande (avec seulement 18,3% de ressemblance) ce qui traduit bien la diversité de la végétation, mais cette variabilité reste la même (18,2%) pour 1991–93. Si on calcule maintenant la ressemblance entre le groupe de relevés de 1988 et le groupe de relevés de 1991–93, on trouve une valeur de 86%, ce qui traduit une grande stabilité de la végétation. A titre informatif, la ressemblance moyenne de 2 relevés de la même végétation effectués par 2 personnes différentes se situe entre 75 et 80% (Feldmeyer-Christe 1994).

Les modifications du cortège floristique au cours des années peuvent aussi être appréhendées au travers des variations du spectre écologique. Les analyses de variance des différentes valeurs indicatrices montrent une différence significative pour 3 de ces valeurs lorsqu'on prend en compte l'ensemble des relevés de haut et de bas-marais. La teneur en nutriments (N) a augmenté, indiquant une eutrophisation, alors que la valeur d'humidité (F) et la valeur de lumière (L) diminuaient, ce qui traduit un assèchement et une fermeture de la couverture végétale.

a) *Les groupements végétaux de haut-marais*

Les groupements de haut-marais minérotrophe (alliance du *Sphagnion magellanicum*) se trouvaient dans la partie inférieure du glissement et ont été pour la plus grande partie recouverts par la masse tourbeuse en mouvement et engloutis au fond des dolines. Il en reste quelques lambeaux sur le bord sud-est du glissement, où ont été placés des carrés permanents. Les autres carrés permanents de végétation de haut-marais sont situés de part et d'autre du glissement, à l'extérieur de celui-ci (fig. 1). La végétation de haut-marais minérotrophe présente deux faciès (voir tab. 1). Le premier, plus humide, est caractérisé par *Sphagnum magellanicum* et *S. angustifolium* alors que la strate muscinale du second faciès, plus sec, est dominée par *S. nemoreum*. Le caractère nettement minérotrophe se révèle par la présence de nombreuses espèces de bas-marais acide (classe des *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*) et de quelques espèces de pâturage gras (classe des *Molinio-Arrhenatheretea*).

L'examen du tableau de végétation (tab. 1) montre que la composition spécifique ne présente pas de différences notables entre 1988 et 1991–93. De même, l'analyse de variance des différentes valeurs indicatrices ne montre aucun changement pour la valeur de réaction (R) et la teneur en nutriments (N) (fig. 3). Il n'y a pas de différence significative non plus pour les valeurs de lumière (L) et d'humidité (F) (fig. 4).

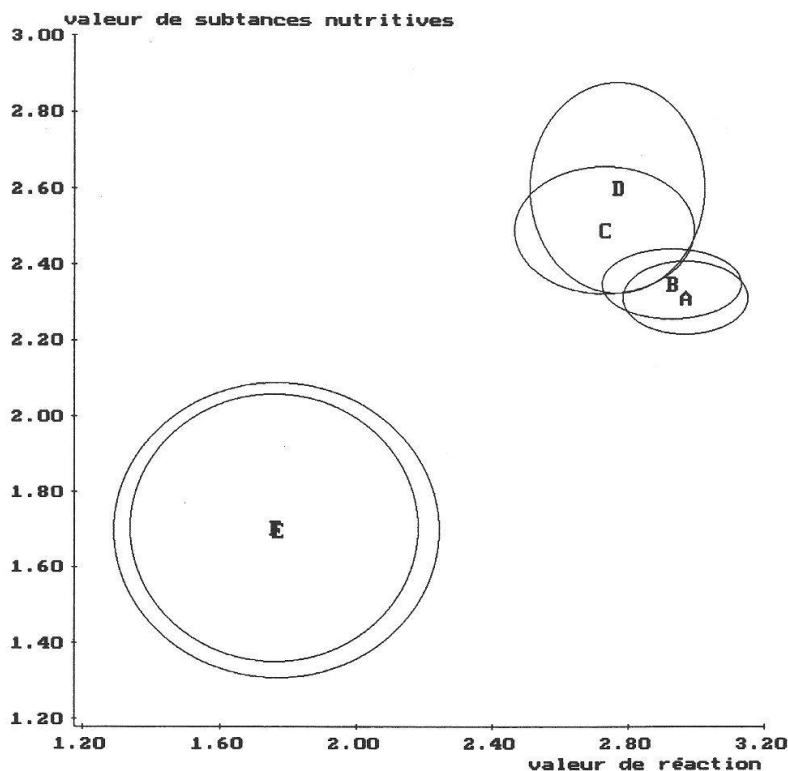


Fig. 3. Variations de 2 facteurs écologiques (valeur de substances nutritives et valeur de réaction) au cours du temps pour la végétation de bas-marais alcalin (A=1988, B=1991–93), de bas-marais acide (C=1988, D=1991–93) et de haut-marais (E=1988, F=1991–93). Le centre du cercle correspond à la valeur moyenne et le diamètre du cercle à la déviation standard.

TABLEAU NO. 1: Sphagnion magellanicum en 1988 (groupe n° 1) et en 1991-93 (groupe n° 2).

RELEVÉ GROUP NO.	11111111111111111111	22222222222222222222
RELEVÉ NO.	111 1 1111 12345567806791234	22232213332212223 98746090325483211
Oxycocco-Sphagnetes		
Calluna vulgaris	1112+1 222+ +32	122211 132+ 441
Sphagnum magellanicum	5 15 13 51 2	3 r5 3 +3r 4
Sphagnum nemoreum	5454552	2 5354431
Polytrichum alpestre	32 2+ 232 2 23	31 111 2212+ 12
Trichophorum caespitosum	+3 22 121 + + 3	12 +2 22 + 1 2
Vaccinium uliginosum	12 1 24 5	2 r r 1 34 5 r
Aulacomnium palustre	13 11 ++2 1	2 12 2+221
Vaccinium vitis-idaea	+ 22+ 1	+ +3 1
Drosera rotundifolia	+1+ +	1r r+
Sphagnum angustifolium	+ 41 5	+ 4
Eriophorum vaginatum	+ 2 21	+ 2 12
Oxycoccus quadripetalus	1 1 1	2 2
Sphagnum rubellum	1 +	1
Sphagnum fuscum	5 2	5 3
Scheuchzerio-Caricetea nigrae		
Carex fusca	12 1+ + 2 2 ++2	++ 1 + 22 +11 1+2
Eriophorum angustifolium	+ 11 + 1+ ++11	r +1 1+ + 2
Carex stellulata	11 2 1+ 1	2 1 11 +
Calliergon stramineum	11 ++ ++ ++ +	1 +
Viola palustris	21 ++ 1 +	11 1 1 +r
Sphagnum warnstorffii	2 5 11	5 5212
Carex rostrata	++++	+
Sphagnum fallax	2	2
Menyanthes trifoliata	1	1
Carex lasiocarpa	3	1
Sphagnum palustre	+	1
Sphagnum subsecundum	5	1
Molinio-Arrhenatheretea		
Molinia coerulea	22 1r11 + +	2+ + +1 +
Succisa pratensis	++ +	r+ r
Carex panicea	2 +	2 1 +r
Festuca rubra	2	+ + + +
Polygonum bistorta	2	+
Rhytidiadelphus squarrosus	+	r
Autres		
Potentilla erecta	22 +1 11++1 1 2+	21 +1 21 +1+1 11+
Anthoxanthum odoratum	11 + + +	1 + r+ + 2 +1
Pleurozium schreberi	222	222
Luzula multiflora	+ +	+r r+ r1
Dicranum bonjeanii	2+	
Briza media	++	1r
Agrostis canina	+	1r +
Leontodon hispidus	2	1
Ranunculus friesianus	+	r
Nardus stricta		+ + 1

Accidentelles: *Sieglingia decumbens* (1:1), *Galium uliginosum* (2:+), *Euphrasia rostkoviana* (2:1), *Orchis maculata* (2:1), *Carex pulicaris* (2:+), *Eriophorum latifolium* (2:1), *Holcus lanatus* (2:+), *Selaginella selaginoides* (2:1), *Mylia anomala* (2:+), *Carex canescens* (5:+9), *Equisetum palustre* (5:1), *Carex pauciflora* (8:1), *Epilobium palustre* (11:1), *Sanguisorba officinalis* (12:1), *Sphagnum papillosum* (14:3), *Comarum palustre* (15:1), *Calliergon cuspidatum* (17:1), *Agrostis stolonifera* (17:1), *Sphagnum girgensohnii* (21:1), *Rhizomnium punctatum* (24:r), *Hieracium auriculatum* (28:r), *Carex davalliana* (28:r), *Aulacomnium palustre* (31:+9).

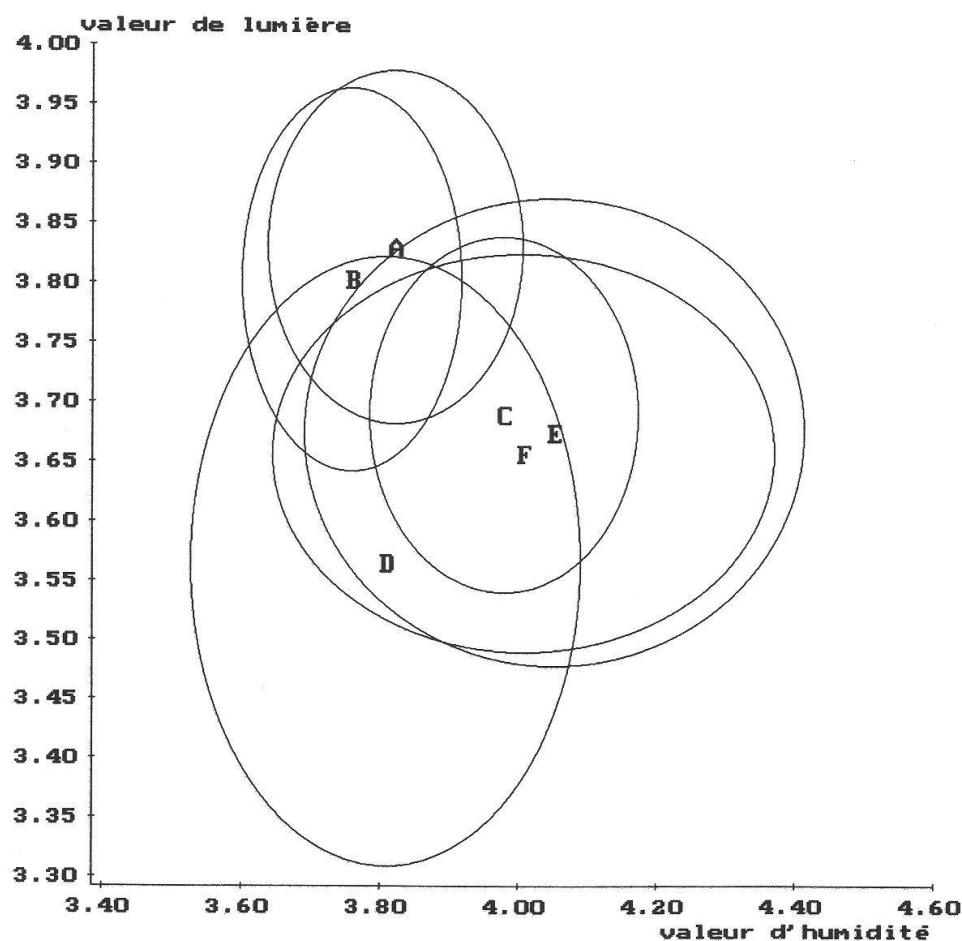


Fig. 4. Variations de 2 facteurs écologiques (valeur de lumière et valeur d'humidité) au cours du temps pour la végétation de bas-marais alcalin (A=1988, B=1991-93), de bas-marais acide (C=1988, D=1991-93) et de haut-marais (E=1988, F=1991-93). Le centre du cercle correspond à la valeur moyenne et le diamètre du cercle à la déviation standard.

b) *Les groupements végétaux de bas-marais alcalins*

Ces groupements basiclines oliogotrophes (alliance du Caricion davallianae) présentent une grande richesse spécifique avec 22 espèces en moyenne par relevé. Ils occupaient avant le glissement la partie nord-ouest de la tourbière, sur un sol de tourbe fortement minéralisée parcouru de nombreuses failles à effet drainant. La coulée de tourbe a déplacé cette végétation vers l'aval sur 200 à 300 mètres sous forme de radeaux disloqués. Dans la partie supérieure du glissement subsistent des îlots isolés de quelques m² de surface dont les parois verticales surplombent un sol érodé jusqu'à la marne. Dans la partie inférieure du glissement, les îlots se sont télescopés et compressés les uns contre les autres, mais leur réajustement imparfait laisse voir de nombreuses failles, dénivellations de terrain et bourrelets de tourbe nue rejaillie sous l'effet de la pression.

Il s'agit de groupements végétaux caractérisés par le trichophore (*Trichophorum caespitosum*) et la molinie (*Molinia coerulea*) et présentant un important cortège d'espèces des Tofieldietalia (tab. 2). Les 6 derniers relevés du tableau de végétation correspondent à un faciès à forte dominance de molinie, très appauvri et dépourvu de strate muscinale.

L'examen du tableau de végétation comparatif (tab. 2) montre une raréfaction des espèces de bas-marais alcalin (*Eriophorum latifolium*, *Carex davalliana*, *Parnassia palustris*, *Primula farinosa*, *Pinguicula vulgaris*, *Fissidens adianthoides* et *Drepanocladus vernicosus*). Pour les espèces de bas-marais acidophiles, le déclin, voire la disparition de certaines d'entre elles (*Carex fusca*, *Menyanthes trifoliata*, *Carex stellulata*, *Carex rostrata*) est compensé par l'augmentation d'autres espèces du même groupe (*Viola palustris*, *Carex panicea*, *Eriophorum angustifolium*). Le même type de variations floristiques s'observe parmi les espèces de prairies et de pâturage des Molinio-Arrhenatheretea, où on constate que le déclin d'espèces comme *Valeriana dioeca*, *Prunella vulgaris*, *Euphrasia rostkoviana* ou *Orchis latifolia* est compensé par l'augmentation de *Crepis paludosa*, *Vicia cracca*, *Festuca rubra* et *Climacium dendroïdes*.

La richesse spécifique ne s'est pas modifiée. On comptait en moyenne 22,8 (± 5) espèces par relevé en 1988 et 21,2 ($\pm 4,5$) en 1991–93. Pour le groupement appauvri à molinie, le nombre d'espèces passe de 10 ($\pm 2,9$) en 1988 à 9,6 ($\pm 4,2$) en 1991–93.

L'analyse de variance des différents facteurs écologique selon Landolt (1977) ne montre pas de changement alors que l'analyse basée sur les valeurs ajustées de Küchler et tenant compte en plus des bryophytes indique une augmentation significative (intervalle de confiance de 99%) de la valeur de nutriments du sol (fig. 3). L'analyse de variance des autres facteurs écologiques corrobore la stabilité des groupements de bas-marais alcalin en ne montrant aucune variation significative pour la valeur de réaction (fig. 3), non plus que pour les valeurs d'humidité et de lumière (fig. 4).

c) *Les groupements végétaux de bas-marais acidophiles*

Le développement des bas-marais acidophiles de la Vraconnaz s'est fait au détriment des groupements végétaux de haut-marais sur des surfaces tourbées et drainées. Avant le glissement et pour la partie de la tourbière qui nous intéresse, on trouvait une zone de bas-marais acidophile au nord-ouest, zone qui a été presque totalement emportée par le glissement. Une autre zone au sud-ouest correspond grossièrement à la ligne de déchirure et est restée quasi entièrement en marge du glissement. Comme décrit plus haut pour le bas-marais alcalin, la végétation de bas-marais acidophile de la partie supérieure de la tourbière a été déplacée sur près de 300 mètres par le glissement (fig. 1). La végétation de bas-marais acidophile à *Carex fusca* se présente sous deux formes (tab. 3, relevés du

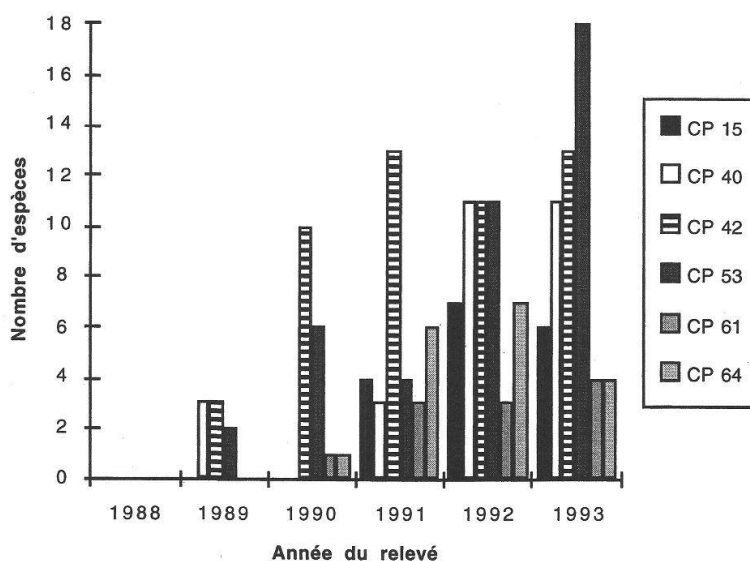


Fig. 5a. Evolution du nombre d'espèces sur 6 carrés permanents (CP) dépourvus de végétation en 1988. Notez qu'il n'y a pas eu de relevé en 1990 sur la placette n° 40.

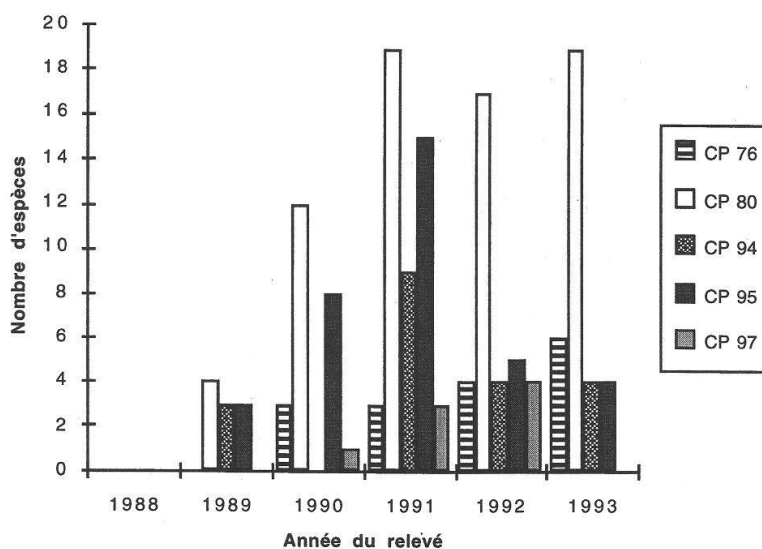


Fig. 5b. Evolution du nombre d'espèces sur 5 carrés permanents (CP) dépourvus de végétation en 1988. Notez qu'il n'y a pas eu de relevé en 1990 sur la placette n° 94 et en 1993 sur la placette n° 97.

groupe 1). D'une part un groupement relativement riche en espèces, 17 en moyenne, comportant, en plus d'espèces acidoclines comme *Carex stellulata* et *Viola palustris*, des espèces basiclines comme *Swertia perennis* ou *Carex davalliana* ainsi qu'un cortège d'espèces de pré et de pâturage des Molino-Arrhenatheretea. Les 4 derniers relevés du tableau de végétation se rapportent à un faciès appauvri plus sec à *Nardus stricta* et *Sphagnum girgensohnii*.

Le tableau de végétation comparatif montre le déclin de la majorité des espèces de bas-marais acide et basique à l'exception de bryophytes comme *Sphagnum warnstorffii* et

TABLEAU NO. 2: Groupement à Trichophore et Molinie en 1988 (groupe n° 1) et en 1991-93 (groupe n° 2).

RELEVE GROUP NO.	11111111111111111111	22222222222222222222
RELEVE NO.	1111111222 1122 234578923456789034160112	3344343434224432334324 818776644398213725905560
Molinia coerulea	331221 122132 21+2544324	3212+3132+12322212535224
Trichophorum caespitosum	3 + 423 3 323 12 332	3112 223 31222 23 + 34+
Caricion davallianae, Tofieldietalia		
Swertia perennis	+1+1 1++11 +12+ 112+1 1	1 11+11+r 1 1++ r1 +1
Carex davalliana	2 41233 2 2 + +2+	r 1 2 111 111
Carex hostiana	1 + 112+ 11 22 31 11	1 +11r 21 2+
Eriophorum latifolium	11 11+1+ +2	r r + r+
Carex pulicaris	1 2 211122 1	2 1 + r2 2 + 2 + 2
Parnassia palustris	+2 1 + + 1	r rr +
Sphagnum warnstorffii	335 3 531	225 5 542
Homalothecium nitens	21 1 + 1	1 2 22++1
Calliergon cuspidatum	2 + + ++++ 21	+ r +12r+2+
Campylium stellatum	12222 + 22 2r	+1 +21+2+ r12 +
Fissidens adianthoides	1 + 1	+ 1
Drepanocladus vernicosus	21	
Primula farinosa	+ 2 +	+
Pinguicula vulgaris	++ +	
Scheuchzerio-Caricetea nigrae		
Carex fusca	+2++21+ 222111+ 2+	+ r12 1 1 21
Carex panicea	121 222111+2111+21 +	1 1 21+ 22+21222++1 1+1
Menyanthes trifoliata	+2 23 2 +r + +	+r r +
Viola palustris	+ + ++ +1	+2 r + 11 + +
Carex stellulata	+12+ 22 2+1+ ++	+ 1 +r 1 1+
Carex rostrata	3 + + ++ + 1 +1 +	2 r 1+ 12+ +
Carex flava	1 2+ + + +	
Galium uliginosum	2 12 2+1 11 +	+ +1 1+ + 1+
Equisetum palustre	+ + +	r+ r
Drepanocladus revolvens	2 1 2	1 1
Eriophorum angustifolium	+ ++	r r 1+
Calliergon stramineum	1r	+ +
Carex lasiocarpa	2	2
Oxycocco-Sphagneteta		
Aulacomnium palustre	1 3 2+ 212	2 3 21 113
Vaccinium uliginosum	+1 2	+2 3
Oxycoccus quadripetalus	++1 +	r 1 1
Molinio-Arrhenatheretea		
Succisa pratensis	2 + 1 12 + 1 2122+1	2 r+1 1r22+1 11+ 111+
Leontodon hispidus	++1 1 122 ++ + 2	2 2 ++r 1 2
Valeriana dioeca	11 +1+11+11 + +	+ + + + 1
Cirsium palustre	+ 21+ 2 1	+ r2r 1
Sanguisorba officinalis	+1 + +	r3 + +
Prunella vulgaris	++ ++ 1 ++	
Euphrasia rostkoviana	+ 2 +	
Salix repens	+ 1 2	+ 2 r
Orchis latifolia	1+ +	1
Festuca rubra		+ +11 1
Crepis paludosa	1 +	1 r 1r + r+
Vicia cracca	+ +	r ++ + ++r
Rhytidiadelphus squarrosus	+ +	+r +
Climacium dendroides	1 2	+ 121 1+
Gymnadenia conopea		+ r r r
Genista tinctoria		+ 1 1

Accidentelles: *Linum catharticum* (1:1), *Frangula alnus* (1:+), *Vaccinium vitis-idaea* (3:+), *Rhinantus alectorolophus* (3:+), *Leontodon crispus* (5:1), *Juncus alpinus* (5:2), *Cratoneuron commutatum* (8:1), *Alchemilla vulgaris* (13:+), *Dicranum scoparium* (14:+), *Thuidium recognitum* (14:+), *Pedicularis palustris* (14:+), *Carex canescens* (15:2), *Scleropodium purum* (17:2), *Rhinantus minor* (18:+), *Cephaloziella subdentata* (20:+), *Ptilium crista-castrensis* (20:+), *Sphagnum angustifolium* (20:r), *Majanthemum bifolium* (20:+), *Thuidium philiberti* (25:1), *Silene flos-cuculi* (28:+), *Carex pilulifera* (29:r), *Campylium calcareum* (30:+), *Vaccinium myrtillus* (31:1), *Sphagnum subsecundum* (32:1), *Festuca* sp. (34:r), *Festuca ovina* (36:+), *Polygala amarella* (37:r), *Hieracium murorum* (38:r), *Ceratodon purpureus* (39:r), *Dryopteris filix-mas* (39:r), *Dryopteris spinulosa* (39:r), *Hieracium auriculatum* (41:2), *Myosotis caespitosa* (41:r), *Crepis mollis* (43:r), *Melampyrum pratense* (43:r), *Eriophorum vaginatum* (44:r), *Comarum palustre* (48:r), *Agrostis tenuis* (48:r).

Les analyses de variance des valeurs indicatrices, autant selon Landolt que selon Küchler, montrent une augmentation très significative (intervalle de confiance de 99,9%)

Agrostis canina	+		+		+	++3+ +
Dactylis glomerata	+				+	
Picris hieracioides	+1					
Silene flos-cuculi	+		+			1+
Brachythecium rutabulum	2				1	
Plagiomnium affine	31+ 1 +				1 ++	
Crepis paludosa	1				1	
Leontodon hispidus	+	+				
Rhinanthus minor	12		2			
Genista tinctoria	+				11 2	
Carex pallescens	+				r	
Holcus lanatus	++					
Thuidium philiberti	1				1	
Salix repens	2		+		+2	
Juncus articulatus	1+					
Sphagnum palustre			3			3
Orchis maculata		+			1	+
Hylocomium splendens		1 +				1
Agrostis tenuis		+	+		1	
Dicranum bonjeanii		1 2				1+ 1
Hypericum maculatum		+			3	1
Rumex acetosa		+			r	r
Orchis latifolia		r			r	+
Polytrichum alpestre			1			1
Crepis mollis					r 1	
Ranunculus acer					1+3	
Angelica silvestris					1r	
Salix cinerea					+	r
Calluna vulgaris					rr	

Accidentelles: *Cirriphyllum piliferum* (1:1), *Trifolium pratense* (3:1), *Poa pratensis* (3:1), *Polygala vulgaris* (5:1), *Carex hostiana* (7:1), *Drepanocladus revolvens* (9:r), *Lotus uliginosus* (9:1), *Parnassia palustris* (9:1), *Rhytidiadelphus squarrosus* (13:1), *Sieglingia decumbens* (15:1), *Euphrasia hirtella* (16:1), *Carex pulicaris* (18:1), *Polytrichum commune* (19:1), *Melampyrum pratense* (19:1), *Lotus corniculatus* (25:1), *Brachythecium* sp. (27:r), *Carex canescens* (31:1), *Veronica beccabunga* (33:1), *Brachythecium rivulare* (36:r), *Petasites albus* (36:1), *Epilobium angustifolium* (36:1), *Stellaria graminea* (40:r), *Pleurozium schreberi* (40:2), *Equisetum limosum* (42:1), *Agrostis stolonifera* (43:r).

de la valeur en nutriments du sol (fig. 3), ce qui correspond à une augmentation des plantes de sol un peu plus riche. La valeur de lumière (fig. 4) diminue significativement (intervalle de confiance de 99,9%), correspondant à une fermeture de la couverture herbacée par l'arrivée de mégaphorbes comme *Filipendula ulmaria* et *Cirsium palustre*. La valeur d'humidité (fig. 4) diminue aussi de façon significative (intervalle de confiance de 99,8%) avec la raréfaction d'espèces de sols très humides à inondés comme *Carex rostrata*, *Eriophorum angustifolium* ou *Menyanthes trifoliata* et l'arrivée d'espèces de sols plus secs.

d) La végétation de recolonisation

Plusieurs carrés permanents ont été installés en 1988 sur de la tourbe nue mise à jour par le glissement. Il a fallu attendre 3 ans pour que toutes les placettes permanentes montrent des signes de recolonisation végétale (fig. 5). Les premières espèces à se réinstal-

ler sur la tourbe nue humide, dès la deuxième année et de façon permanente, ont été *Carex rostrata*, *Eriophorum angustifolium* et *Carex stellulata*. D'autres espèces pionnières comme *Veronica beccabunga*, une espèce de cours d'eau nitrophile, *Stellaria aquatica*, *Epilobium palustre*, *Juncus alpinus*, *Agrostis stolonifera* et *Caltha palustris* n'ont été que des colonisatrices temporaires pendant une ou deux saisons. Au bout de 2 à 3 ans, on voit apparaître *Viola palustris*, *Potentilla erecta*, *Cirsium palustre*, *Pedicularis palustris*. Les premières bryophytes, à savoir *Campylium stellatum*, *Bryum pseudotriquetrum* et *Cratoneuron filicinum* ne réapparaissent qu'au bout de 3 ans (1991). Depuis 1993, on retrouve des espèces typiques de bas-marais acidoclines et basiclines comme *Carex fusca*, *Carex pulicaris*, *Parnassia palustris*, *Comarum palustre*, *Pinguicula vulgaris*, *Eriophorum latifolium*.

Dans le haut du glissement, là où se rencontrent des écoulements d'eau plus minéralisée en provenance des pâturages, on voit apparaître des espèces plus nitrophiles comme *Epilobium angustifolium*, *Petasites albus*, *Poa trivialis* et *Filipendula ulmaria*.

Une analyse en coordonnées principales (non présentée ici) de ces relevés avec ceux du reste de la tourbière pour analyser leur parenté floristique montre qu'ils forment un groupe compact se distançant nettement des groupements végétaux bien constitués de haut et de bas-marais. Ces groupements végétaux de recolonisation ne sont pas encore stabilisés et ont une forte dynamique qui se traduit par une très grande variabilité floristique d'une année à l'autre.

Une petite forêt de saules (*Salix caprea*) s'est développée dans le haut du glissement sur le sol marneux décapé, entre les îlots de tourbe résiduels où subsiste une végétation de bas-marais acidocline. Les arbres atteignent 2,5 à 3 mètres de haut. La strate herbacée est dominée par *Epilobium angustifolium*, *Festuca rubra*, *Caltha palustris*, *Juncus effusus*, *Petasites albus* et *Cirsium palustre*.

Discussion

Le glissement de terrain de septembre 1987 a constitué un événement très traumatisant pour la partie ouest de la tourbière de la Vraconnaz, qui laissait augurer d'importants changements dans la couverture végétale. Certains groupements végétaux ont disparu, probablement parce qu'ils étaient liés impérativement à des conditions hydrologiques stables et à des structures morphologiques précises qui n'ont pas résisté au glissement. Il s'agit des groupements de gazons flottants à sphaignes, *Carex limosa* et *C. chordorrhiza*, ainsi que des complexes de régénération à buttes de sphaignes signalés en 1986 au pied du front de taille et dont on n'a retrouvé aucune trace en 1988. A part cela, l'analyse de la végétation durant les 6 années qui ont suivi le glissement montre étonnamment peu de changements. Cette stabilité de la végétation, qui peut être en partie imputée à la brièveté de l'étude, peut également s'expliquer à la lumière de la dimension historique: la structure et l'équilibre hydrologique de la partie de tourbière touchée par le glissement étaient déjà perturbés par les anciennes exploitations de tourbe. De nombreuses crevasses et failles à effet drainant dans un sol de tourbe très minéralisée y avaient déjà été décrites au 19^{ème} siècle (Lesquereux 1844). Dans les groupements du Sphagnion magellanici encore présents, l'abondance dans les relevés de 1988 des vacciniées, de *Polytrichum alpestre*, d'*Aulacomnium palustre* et des espèces de bas-marais indique des stations déjà plutôt sèches et minérotrophes, pour lesquelles le glissement de terrain n'a pas représenté un total bouleversement.

De même, la végétation basicline à trichophore et molinie, disloquée et transportée sur plusieurs centaines de mètres par le glissement et pour laquelle le changement ne se traduit que par une légère eutrophisation, était déjà avant le glissement soumise à de grandes variations de la nappe phréatique ainsi qu'à un important assèchement superficiel sur un sol tourbeux entaillé de nombreuses failles, conséquences directes de l'exploitation ancienne de la tourbière. Le glissement n'a donc pas pu modifier un équilibre hydrologique qui n'existait déjà plus.

Les formations de bas-marais acide sont les seules qui présentent une réelle dynamique évolutive. Elles sont devenues significativement plus eutrophes et plus sèches avec une fermeture de la couverture herbacée. Il s'agissait de stations très humides dont le glissement a perturbé l'équilibre hydrologique. De nouveaux écoulements de surface apportent des eaux plus minéralisées. La fermeture de la couverture herbacée par les mégaphorbes peut s'expliquer à la fois par une meilleure aération du sol, entraînant une minéralisation accrue de la tourbe, et par l'abandon, consécutif au glissement, de la fauche et de la pâture.

En ce qui concerne les surfaces de tourbe nue en 1988, la recolonisation s'est faite dans un premier temps de manière aléatoire, sans qu'encore une véritable concurrence ne se soit installée entre les espèces. En 6 ans d'observation, nous n'avons pas encore dépassé cette première phase. Il en va de même pour le petit bois de saules nouvellement formé dans le haut du glissement, dont la dynamique évolutive ne fait que commencer. Le suivi de ces placettes permanentes dans le futur pourra donner d'utiles indications sur le rythme et sur les séquences de ces successions végétales.

Conclusion

Le glissement de terrain de la tourbière de la Vraconnaz a donné l'opportunité d'étudier les réactions de la végétation d'un haut-marais à la suite d'un important stress. L'événement, par sa brutalité et son intensité, reproduisait en quelque sorte en accéléré ce que les activités humaines, comme l'exploitation de la tourbe ou la pâture intensive, font en général plus progressivement. On pouvait donc s'attendre à des modifications importantes de la végétation. L'étude a révélé que la végétation peut réagir de manière très différente et montrer dans certains cas une grande force d'inertie, même en présence d'un tel bouleversement. Les groupements très humides et ceux dépendants de structures morphologiques précises (fossés de front de taille par exemple) ont été les plus affectés alors que les groupements de haut-marais et de bas-marais plus asséchés et plus minérotophes étaient beaucoup plus stables.

En ce qui concerne le monitoring, le rythme du suivi doit être adapté à la sensibilité du groupement considéré. Les placettes permanentes nues en 1988 et sur lesquelles le processus de recolonisation n'est pas terminé devront être relevées chaque année. Les placettes situées dans les groupements de bas-marais acides pourront l'être tous les 5 ans. L'intervalle entre les relevés pourra même être de 10 ans pour la végétation de haut-marais minerotrophe et de bas-marais alcalin. Tous les 10 ans, les relevés devront être effectués sur la totalité des placettes. Cela permettra d'obtenir une image globale de la végétation de toute la tourbière et la comparaison simultanée de données synchronisées permettra la prise en compte de toutes les tendances évolutives.

Je remercie le Professeur Pierre Hainard, de l'Institut de botanique systématique et de géobotanique de l'Université de Lausanne, qui a initié le programme de recherches et l'a soutenu financière-

ment, Jean-Louis Moret et Pierre Mingard, du Musée botanique de Lausanne, pour leur aide dans le marquage des carrés permanents, Irène Bisang (Institut für systematische Botanik der Universität Zürich), pour la détermination de mes échantillons critiques de bryophytes et Andreas Grünig (FNP, Birmensdorf) pour sa lecture critique du manuscrit.

Bibliographie

- Alexander R. W., Coxon P., Thorn R. H. 1986. A bog flow at Straduff Townland, Country Sligo, Proc. Royal Irish Acad. Vol. 86 B: 108–120.
- Bezat E. 1991. Tourbière de la Vraconnaz. Rapport de palynologie. 16 p. + annexes, non publié, déposé aux Musée et Jardin botaniques cantonaux, Lausanne.
- Bower M. 1960. Peat erosion in the Pennines. Adv. Science 24: 323–331.
- Bowes D. R. 1960. A bog-burst in the Isle of Lewis. Scottish Geogr. Mag. 76: 21–23.
- Braun-Blanquet J. 1964. Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. 3. Aufl. Springer, Wien. 865 p.
- Carling P. A. 1986. Peat slides in Teesdale and Weardale, Northern Pennines, July 1983: Description and failure mechanisms. Earth Surface Processes and Landforms 11: 193–206.
- Chastain A. 1952. Recherches écologiques et floristiques sur le Pinetum de la haute tourbière de la Vraconnaz. Inst. Bot. Univ. Montpellier, 2. 176 p.
- Colhoun E. A., Common R., Cruickshank M. M. 1965. Recent bog flows and debris slides in the North of Ireland. Sci. Proc. R. D. S., Series A, 2: 163–174.
- Econat 1986. Réserve naturelle: Mouille de la Vraconnaz – Commune de St. Croix (Canton de Vaud). Etat en 1984 et plan de gestion. Mandat LSPN. 84 p. + annexes, non publié, déposé chez Econat, Yverdon.
- Feldmeyer-Christe E. 1990. Tourbière de la Vraconnaz: suivi botanique. Rapport 1988–1989. 25 p. Non publié, déposé à l'Institut de botanique systématique et de géobotanique, Université de Lausanne.
- Feldmeyer-Christe E. 1994. Etude de la végétation sur des placettes permanentes. In: Vorprojekt Moor – Monitoring Schweiz. Erfolgskontrolle für die Hochmoore. Beratungsstelle für Moorschutz. Eidg. Forsch. Anst. für Wald, Schnee u. Landschaft, Birmensdorf. Interner Bericht, 81–106.
- Feldmeyer-Christe E., Mulhauser G. 1994. A moving mire – the burst bog of a Vraconnaz. In: Grünig A. (ed.) Mires and man. Mire conservation in a Densely Populated Country – the Swiss Experience. Excursion Guide and Symposium Proceedings of the 5th Field Symposium of the International Mire Conservation Group (IMCG) to Switzerland 1992. Birmensdorf, Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, 181–186.
- Früh J. 1897. Über Moorausbrüche. V'jahrchr. Naturforsch. Ges. Zürich 42: 202–237.
- Hess H. E., Landolt E. et Hirzel R. 1967–1972. Flora der Schweiz, 3ème éd. Birkhäuser Verlag, 3 volumes. 858 p., 956 p., et 876 p.
- Hungr O., Evans S. G. 1985. An example of peat flow near Prince Rupert, British Columbia. Can. Geotech. J. 22: 246–249.
- Isoviita P. 1966. Studies on *Sphagnum* L. Nomenclatural revision of the European taxa. Ann. Bot. Fenn. 3: 199–263.
- Klinge M. J. 1892. Über Moorausbrüche. Bot. Jahrbücher für Syst., Pflanzenges. u. Pflanzengeogr. Hrsg. von A. Engler, 14: 426–461.
- Küchler M. in Vorb. a: VEGEDAZ. Editor, Datenbank, Analyse und Zeigerwerte für Vegetationsaufnahmen. Version 1994.
- Küchler M. in Vorb. b: Generieren lokaler Zeigerwerte von Planzen, eine einfache Methode zur Verfolgung von Vegetationsveränderungen. Im Auftrag des BUWAL.
- Landolt E. 1977. Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora. Veröff. Geobot. Inst. ETH. Stift. Rübel, 64, 207 p.

- Lesquereux L. 1844. Quelques recherches sur les marais tourbeux en général. VII pp. + 309 pp. Neuchâtel, Henri Wolfrath.
- Loebell R. 1953. Moorbruchkatastrophen. Wasser und Boden 5: 377–378.
- Matthey Y., Grosvernier P. 1989. La Vraconnaz, carte de la végétation. Etat en 1989, après le glissement. Non publiée, déposée chez Ecoconseil, La Chaux-de-Fonds.
- Miglietti Y. 1988. Etude géophysique de la Mouille de la Vraconnaz. 5 p. + une carte, non publié, déposé à l'Institut de Géophysique de l'Université de Lausanne.
- Mulhauser G. 1990. Etude du glissement survenu en 1987 à La Vraconnaz. Suivi scientifique des invertébrés aquatiques. Saison 1988. 15 p. Non publié, déposé chez Ecoconseil, La Chaux-de-Fonds.
- Mulhauser G. 1991. Etude du glissement survenu en 1987 à La Vraconnaz. Suivi scientifique des invertébrés aquatiques. Saison 1990. 14 p. Non publié, déposé chez Ecoconseil, La Chaux-de-Fonds.
- Röthlisberger G., Geiger H., Zeller J. 1991. Starkniederschläge im Schweizer Mittelland und Jura. Intensitäten und Häufigkeiten. Birmensdorf. Eidg. Forsch. Anst. Wald Schnee Landsch. 8: Genf, Neuenburg, Jura, Basel-Land, Basel-Stadt, Solothurn, Nördliche Teile von Waadt, Freiburg, Bern. Folder.
- Smith A. J. E. 1980. The moos flora of Britain and Ireland. Cambridge. 706 p.
- Smith A. J. E. 1990. The liverworts of Britain and Ireland. Cambridge. 362 p.
- Sollas W. J., Praeger R., Dixon A. F., Delap A. 1897. Report of the Committee of Investigations on Bog-flow in Kerry. Scien. Proc. R. D. S., Vol. III, Part V: 475–508.
- Tallis J. H. 1987. Fire and flood at Holme Moss: Erosion process in an upland blanket mire. J. Ecol 75: 1099–1129.
- Tomlinson R. W. 1981. A preliminary note on the bog-burst at Carrowmaculla, County Fermanagh, November 1979. Ir. Nat. J. 20: 313–316.
- Tomlinson R. W., Gardiner T. 1982. Seven bog slides in the Slieve-An-Orra Hills, County Antrim. J. Earth Sci. R. Dubl. Soc. 5: 1–9.
- Trümpy R. 1980. Geology of Switzerland, a guide-book. Part A: An outline of the geology of Switzerland. Basel, New-York, Wepf and Co. 104 p.
- Vidal H. 1966. Die Moorbruchkatastrophe bei Schönberg/Oberbayern am 13./14. 6. 1960. Z. Dt. Geol. Ges. Jahrg. 1963 115: 770–782.
- Wildi O. 1991. MULVA-4, a processing environment for vegetation analysis. In: Feoli E., Orloci L. (eds.): Computer assisted vegetation analysis, 407–428. Handbook of vegetation science 11. Dordrecht, Kluwer Academic Publ.
- Wildi O., Krüsi B. O. 1993. MULVA-5: An upgraded version of a widely used computer package for data analysis in plant ecology. Abstr. Bot. 17: 267–273.