



Haut-marais et bas-marais



Haut-Marais (ou tourbière bombée)

Sol gorgé d'eau en **permanence**, composé de **tourbe** (au moins 20 à 30 % de MO très peu décomposée, sur 1 à 10 m de hauteur).

Alimentation par **l'eau de pluie**.

Milieu **très pauvre** en nutriments.



Marais de transition ou tourbière tremblante

Position intermédiaire entre haut-marais et bas-marais.

Souvent constitué de « tremblants », c'est-à-dire de radeaux semi-flottants de végétation.

Alimentation **pluviale et/ou phréatique**.

Végétation typique de milieux pauvres en nutriments et de milieux moyennement riches.



Bas-Marais (magnocariçaies et parvocariçaies)

Sols humides en permanence, alimentés par des **eaux plus ou moins minéralisées**.

Alimentation par l'eau provenant (i) de la nappe **phréatique**, (ii) ou de **ruissellement** superficiel, ou (iii) **d'inondations temporaires**.

Eau relativement **riche** en nutriments.



Les haut-marais

Distribution européenne et état global de conservation

Formation de tourbières limnogènes (par atterrissement d'un lac ou d'un étang) et alliances successives

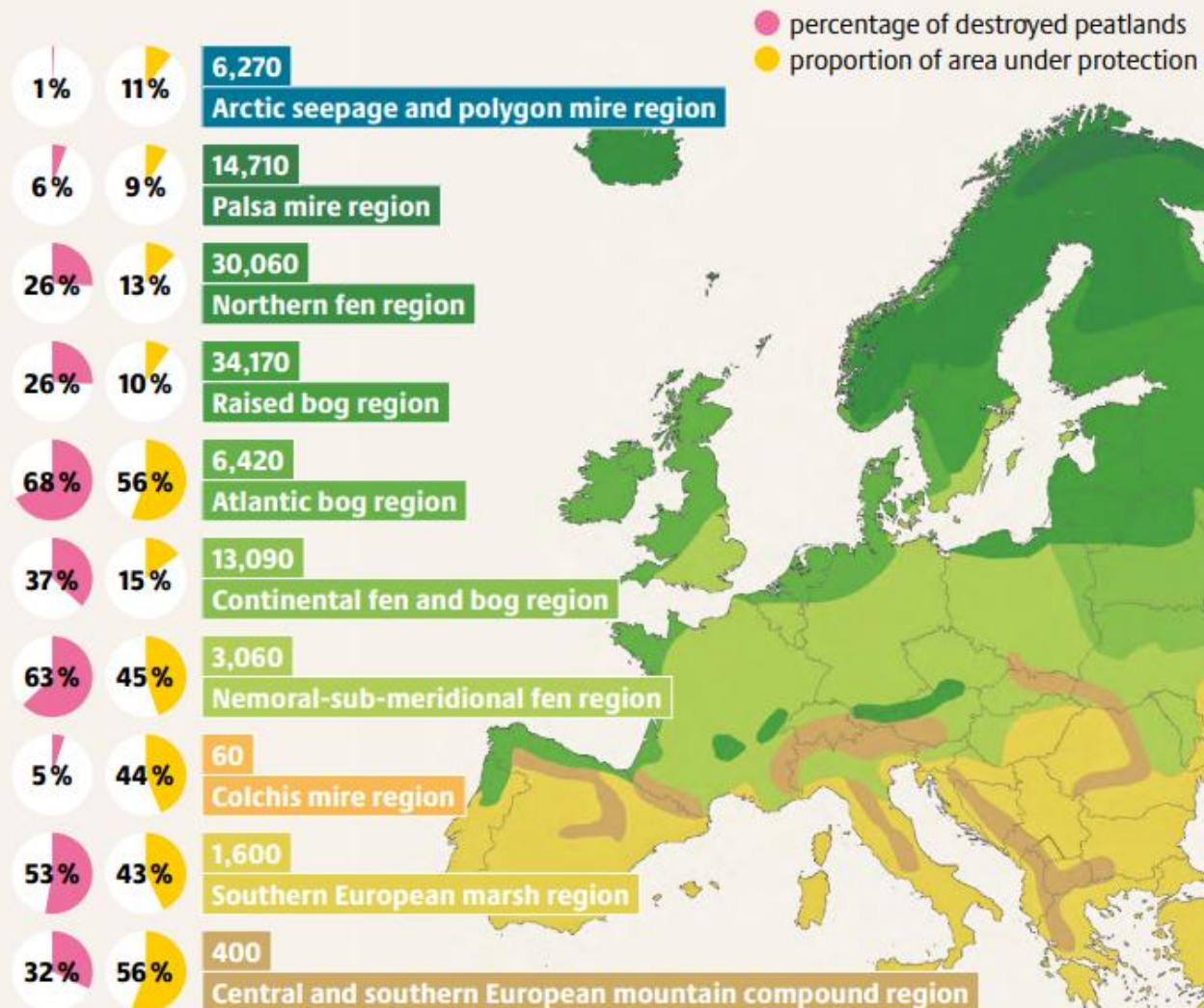
Haut-Maraais en Europe : Distribution et état de conservation

- **Aire principale** : Les tourbières bombées se rencontrent surtout en Fennoscandie, dans les pays baltes et le nord de la Russie, avec de petites enclaves au nord des Alpes.
- **Types dominants** : Présence de tourbières bombées typiques et de tourbières bombées boisées.
- **Perte importante** : La majorité des tourbières de la région a été détruite, sauf en Lituanie/Estonie/Lettonie, Biélorussie et Russie.
- **Causes de dégradation** : Drainage pour agriculture et sylviculture, extraction de tourbe, routes et infrastructures ; environ 25 % des tourbières sont dégradées (50 % hors Russie européenne).
- **Protection limitée** : Environ 10 % des tourbières sont incluses dans des zones protégées, proportion faible mais surface absolue importante.



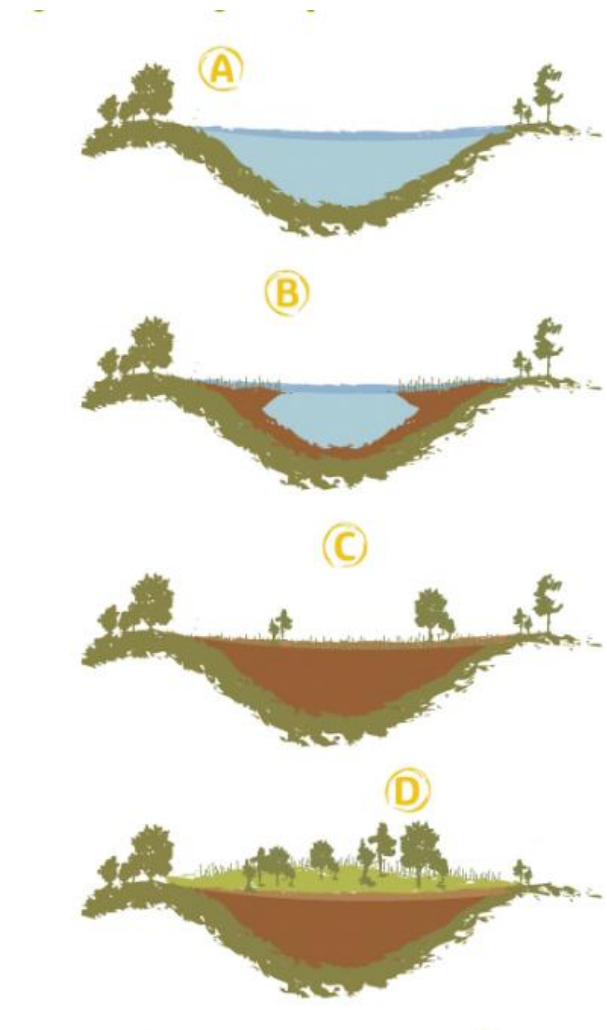
VANISHING HABITATS

European peatland regions and total area of peatlands,
in 1,000 hectares



Formation des haut-marais : Succession végétale

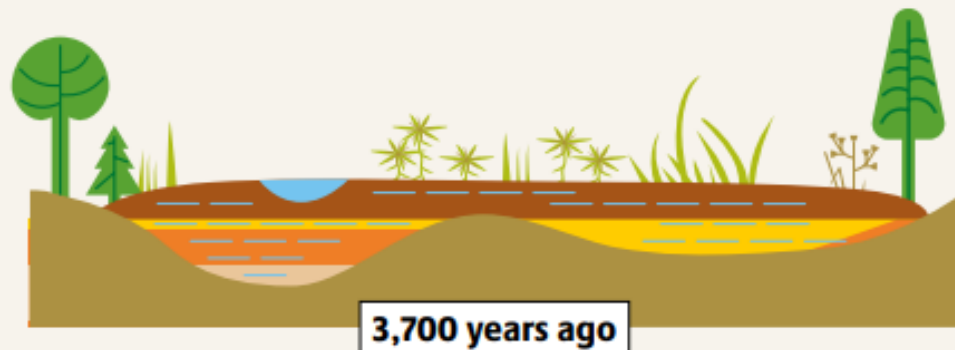
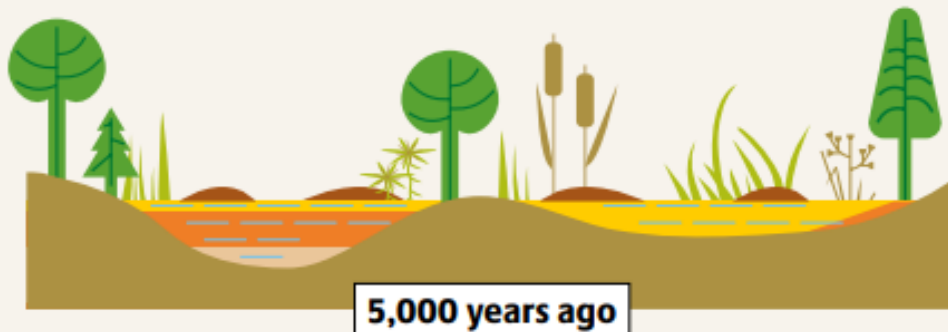
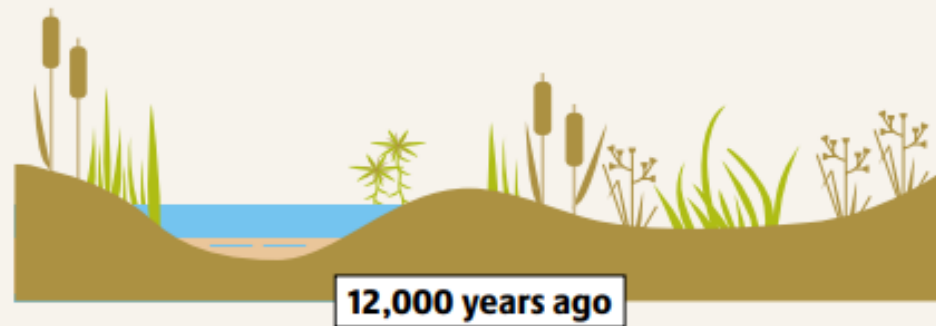
- Dans les tourbières, la succession végétale à long terme est essentiellement liée
 - aux variations climatiques
 - à des processus autogènes associés à la croissance verticale de la surface des tourbières, en lien avec l'accumulation continue des restes végétaux (élévation au-dessus de la nappe phréatique).
 - Dans les régions tempérées et boréales, le schéma général de développement des tourbières s'effectue principalement en deux phases : **une phase minérotrophe (nappe – a et b) suivie d'une phase ombrotrophe (pluie – c et d).**
- succession, appelée «**ombrotrophication**».



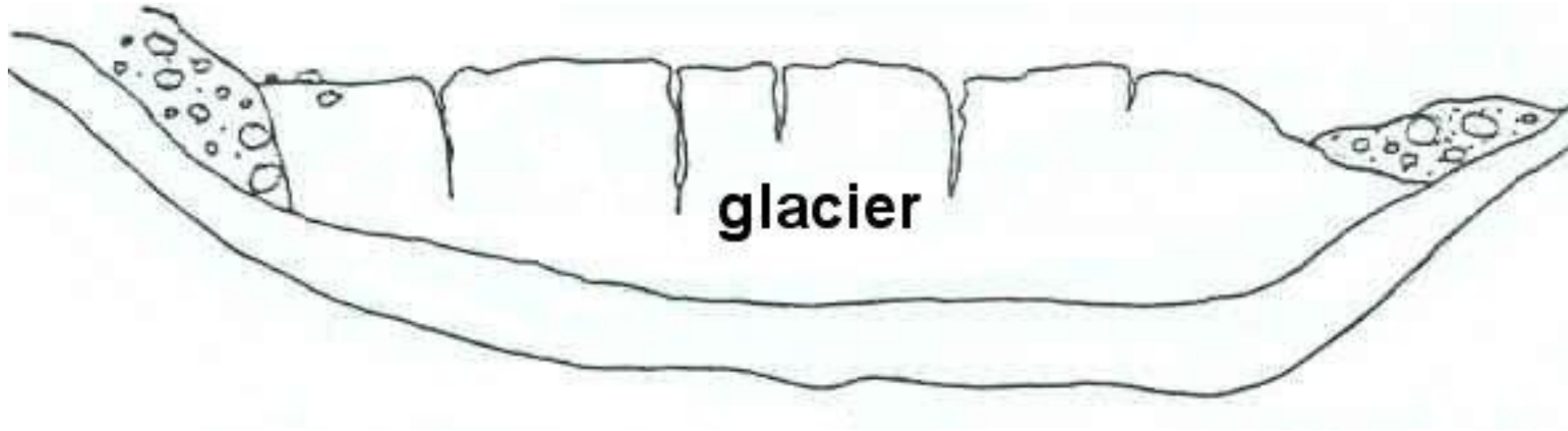
GROWTH OF ONE MILLIMETER PER YEAR

Development of a raised bog

- | | | |
|---|---|---|
|  water |  digested sludge |  quarry peat |
|  water impermeable soil layers |  fen peat/carex peat |  bog peat |





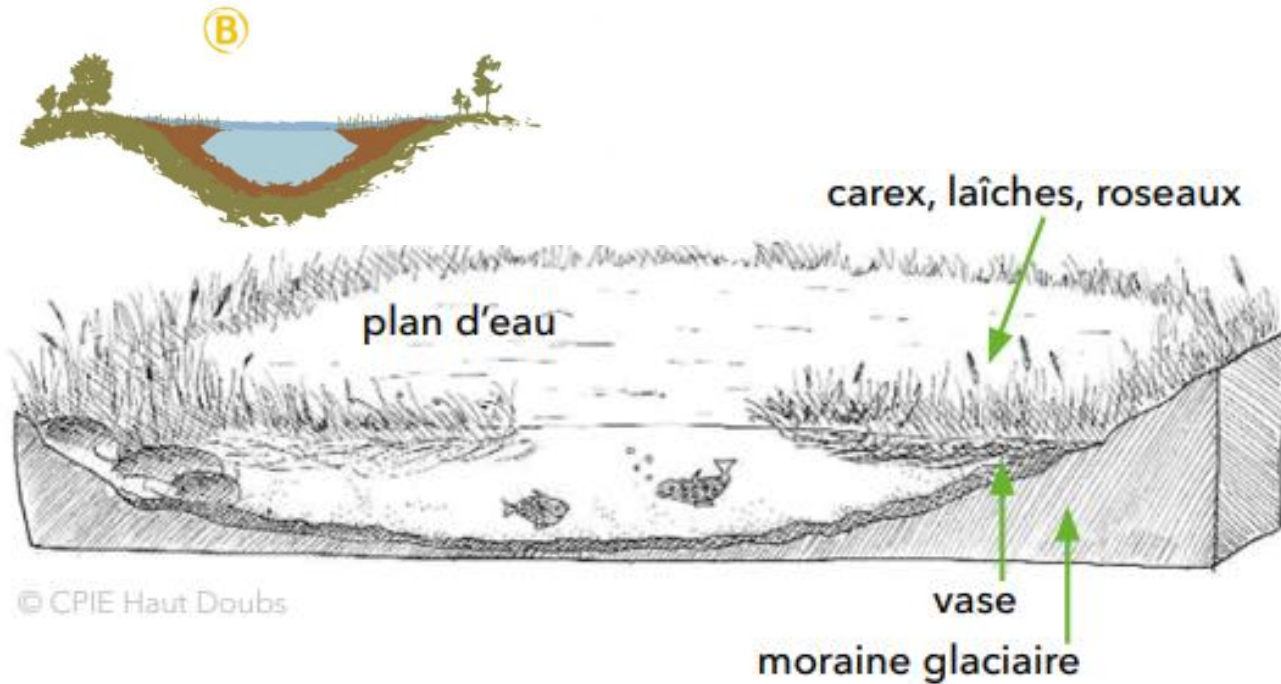


Stade 0 "glacier" : 13 000 à 8 000 ans av. J.C.

- Le glacier, qui recouvrait monts et plateaux, fond progressivement. Il charrie des blocs et des cailloutis qu'il dépose : les moraines.
- Le paysage apparaît comme une immensité glacée et un désert de cailloux, parsemé de grands lacs.



- **Stade 1 “lacustre”** : 8000 à 6 000 ans av. J.-C.
- Une dépression remplie par les eaux s’est formée sur un substrat imperméable (moraine) recouvert de **dépôts limono-argileux**.
- Végétation éparse, essentiellement en bordure (carex, jonc)



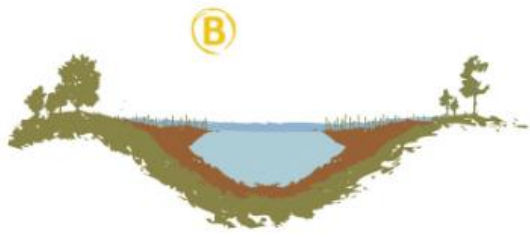
Stade 2 “Marais de transition” – tourbière tremblante

- Le climat se réchauffe.
- Les ruisseaux du bassin versant apportent des eaux calcaires qui, en précipitant, produisent un **dépôt de craie lacustre**.
- Le plan d'eau est progressivement comblé par les végétaux (laïches, roseaux, nenuphar, trèfle d'eau..)
- Les végétaux morts ne se décomposent qu'en partie dans l'eau, qui devient de plus en plus acide.
- Leur accumulation forme une couche de vase puis une couche épaisse de tourbe

→ le **dépôt de tourbe fibreuse** commence.



Lac de Roue, PNR Queyras

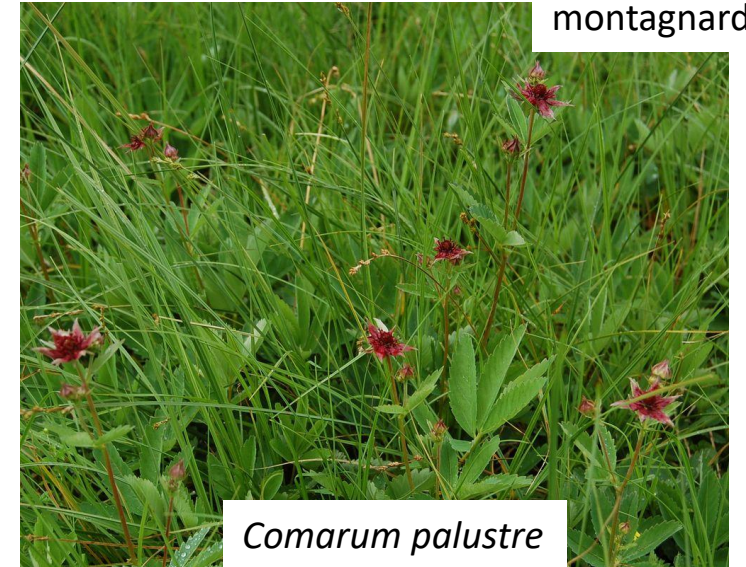


Cariçaie turficole ou tourbière tremblante

Caricion lasiocarpae

Etage
montagnard

- Tourbière «tremblante» : radeaux de végétation aux racines et rhizomes entrelacés, «flottants» au-dessus de la tourbe bourbeuse.
 - Etablis à la périphérie des plans d'eau qu'elle colonise depuis le bord
- participe à son comblement, et à la formation de haut-marais



Comarum palustre



Menyanthes trifoliata



Cariçaie turficole ou tourbière tremblante *Caricion lasiocarpae*

- Gpts turficoles mésotrophiles
- caractérisés par ***Carex diandra***, ***C. lasiocarpa***, ***C. rostrata***, *Hydrocotyle vulgaris*, ***Menyanthes trifoliata***, ***Potentilla palustris***, *Drepanocladus trifarius*, souvent associés à ***Epilobium palustre***, ***Galium palustre*** et *Peucedanum palustre*.



Carex lasiocarpa



Cariçaie turficole ou tourbière tremblante *Caricion lasiocarpae*

- sur sols **tourbeux**, **minérotrophes**, **oligo-mésotrophes**, **acides à neutres** ($4 < \text{pH} < 7$), riches en bases,
- le plus souvent **inondés** ou **alors saturés** en eau.
- La nappe ne descend **pas au-dessous de 0,3 m** sur une **durée de plus de deux mois**.
- Etages mont.-subalp. (alp. inf.)

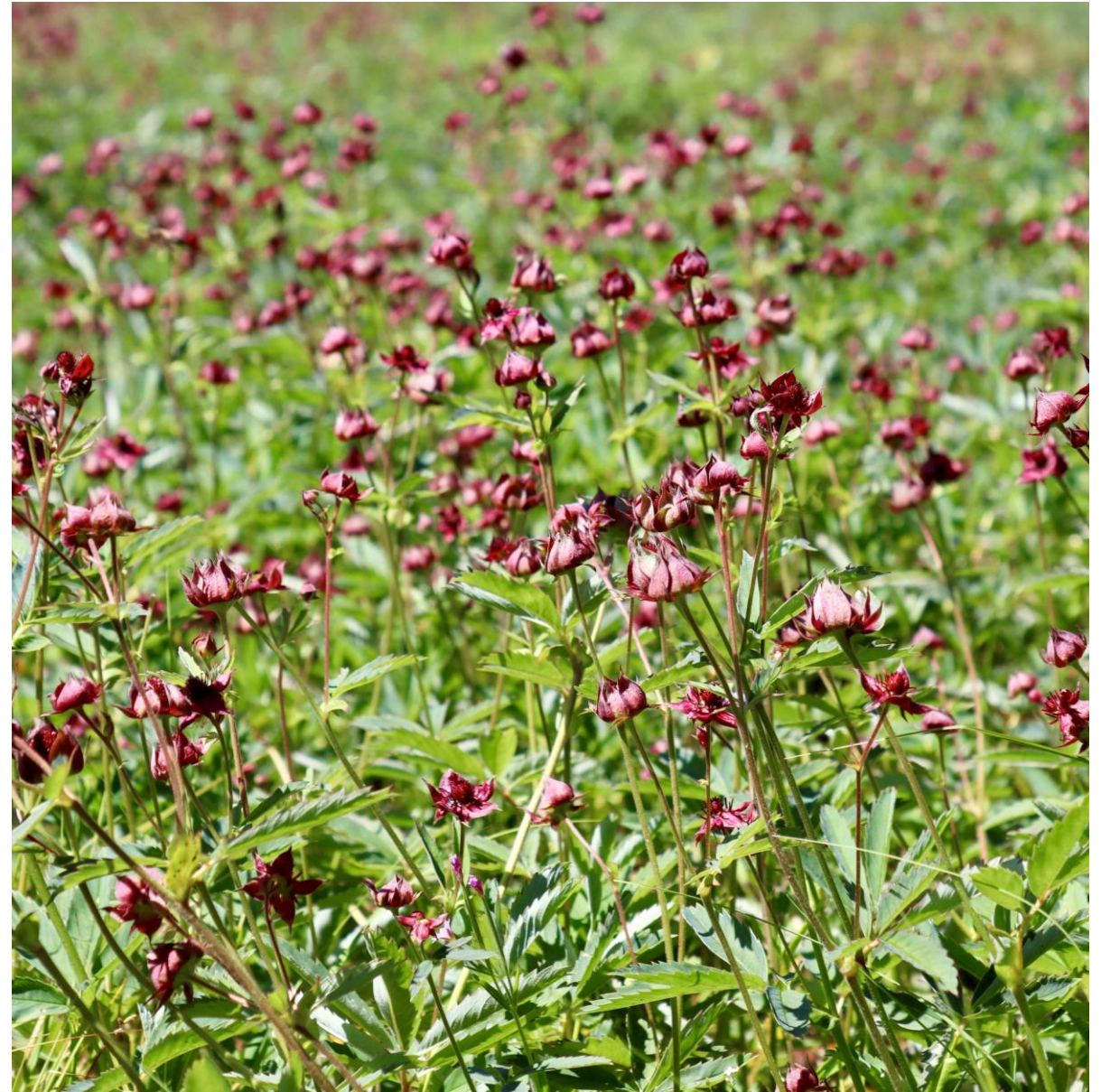


Situation pionnière,
sol submergé en permanence
Bord de plan d'eau
coll.-mont. (subalp.)



Menyanthes trifoliatae

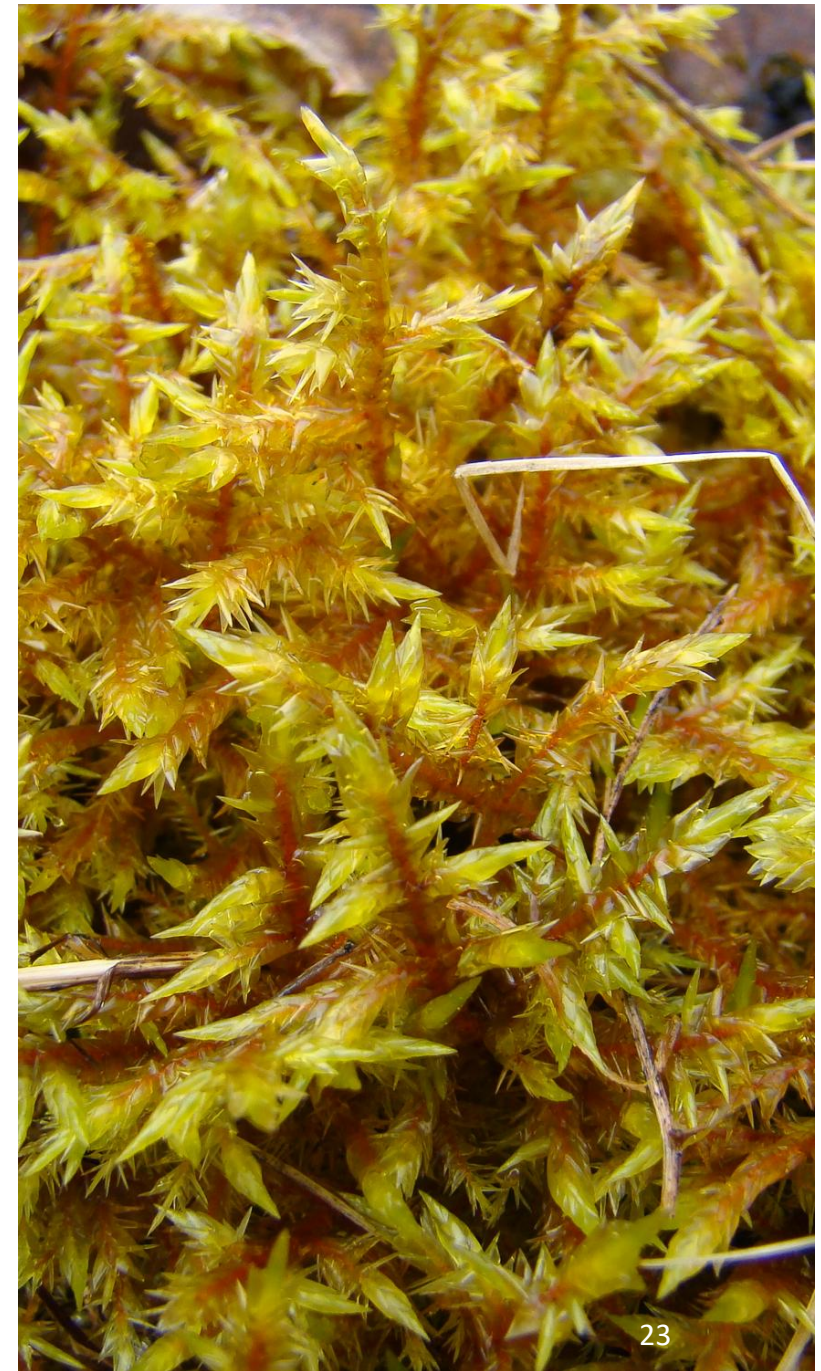




Situation pionnière,
sol submergé en permanence
Bord de plan d'eau
mont.-subalp. (-alp. inf.)



Caricetum rostratae





Cariçaie turficole ou tourbière tremblante

Caricion lasiocarpae

- Dispersées et isolées dans les tourbières, souvent appauvries.
- Riches en relictés boréales
- Forte régression en basse et moyennes altitudes
 - *Carex lasiocarpa*, *C. diandra*, *Trichophorum alpinum* y sont rares
- Araignées et odonates rares sur la dition



Dolomedes fimbriatus



Aeshna subartica



Cariçaie turficole ou tourbière tremblante *Caricion lasiocarpae*

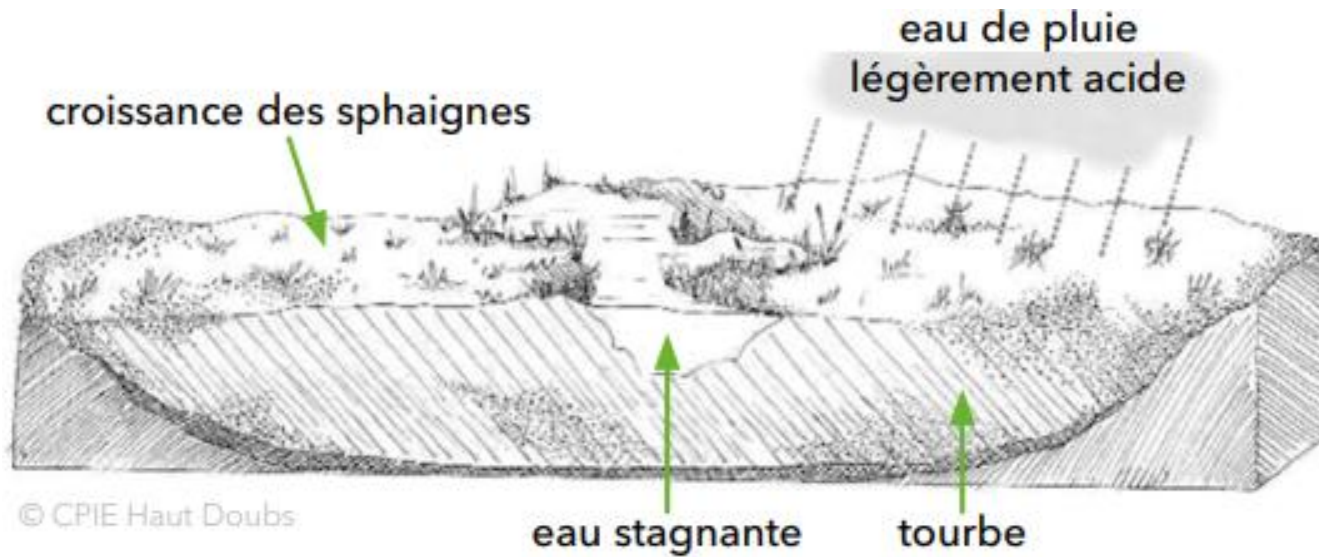
Dynamique

- Ces unités, plus productives que celles du *Rhynchosporion* (pas dans le cours! Gpt turficole des gouilles au sein des tourbières), leur font suite dans la dynamique progressive
- Evolution lente, colmate peu à peu les étendues d'eau originelles
 - vers le *Spagnion magellanicum* ou vers le *Caricion nigrae* (Si trop froid pour les sphaignes)



Stade 3 “haut-marais” : tourbière active 3000 av. J.C. climat doux et humide

- Le marais a comblé la dépression par des dépôts de tourbe. Il **ne reste du lac qu'une petite mare centrale**.
- Le ruissellement d'eau calcaire ne s'effectue plus → **l'alimentation se fait donc par de l'eau de pluie qui n'est pas calcaire**
- La tourbe accumulée libère des matières acides suite à sa décomposition partielle.
- Les **mousses (sphaignes)** poursuivent leur développement et la tourbière s'épaissit (« **turfignèse** »), créant un bombement.



© CPIE Haut Doubs



Tourbières à sphaignes *Sphagnion magellanic*

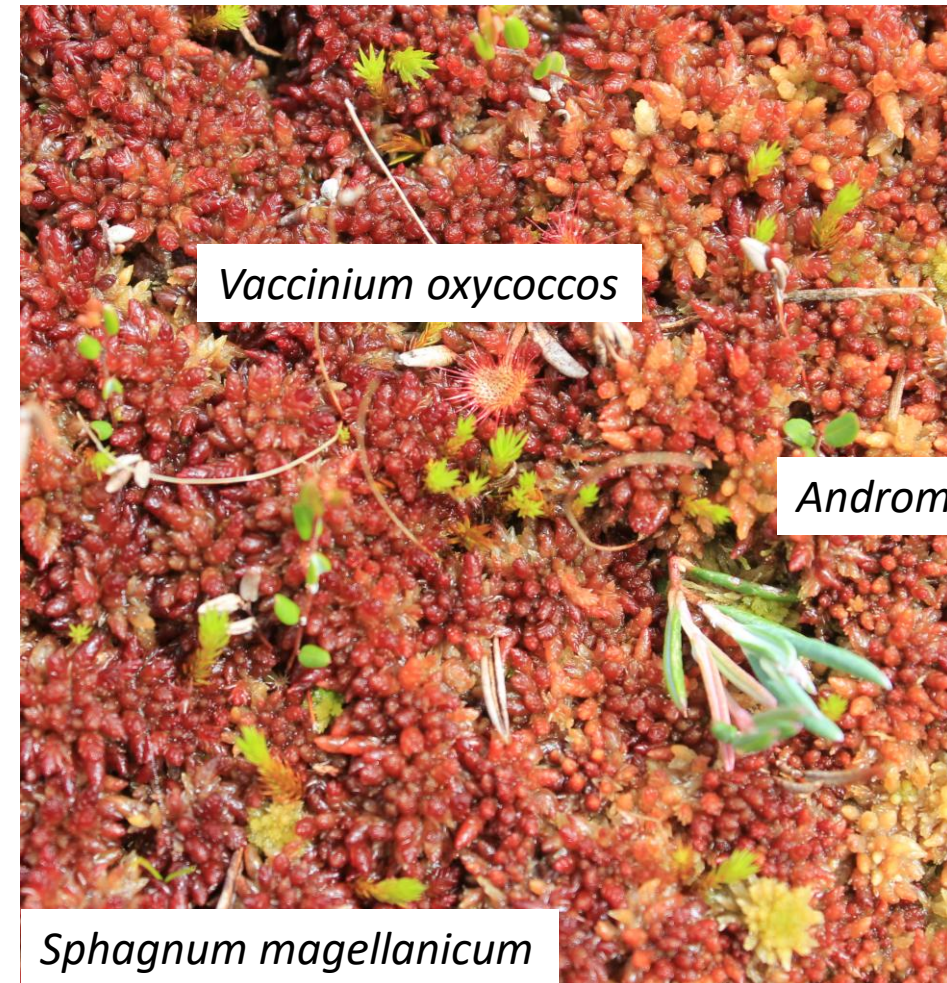
- Tourbière «active» : tapis et bombement spongieux de sphaignes gorgées d'eau, parsemées d'éricacées et de cypéracées à feuilles étroites
- Haut-marais médio-européens ombrotrophes
- Niveau d'eau constant
- Sols tourbeux
- Très acides et oligotrophes





Tourbières à sphaignes *Sphagnion magellanicum*

- Gpts turficoles oligotrophiles
- caractérisés par *Sphagnum angustifolium*, *S. tenellum*, *S. magellanicum*, *Vaccinium oxycoccos*, *Eriophorum vaginatum*
- En secteur perturbés (érodés, piétinés) : *Trichophorum cespitosum*
- En secteur bombés moins détrempés : strate chaméphytique (landes tourbeuses) à *Calluna vulgaris*, *Vaccinium spp* (*uliginosum*, *myrtillus*), *Andromeda polifolia*



Vaccinium oxycoccos

Andromeda polifolia

Sphagnum magellanicum

Eriophorum vaginatum



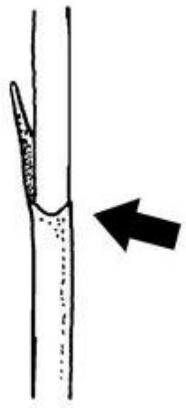
© K. Lauber



Flora Helvetica - Haupt Verlag

Vaccinium oxycoccos





subsp. cespitosum



subsp. germanicum

4 mm



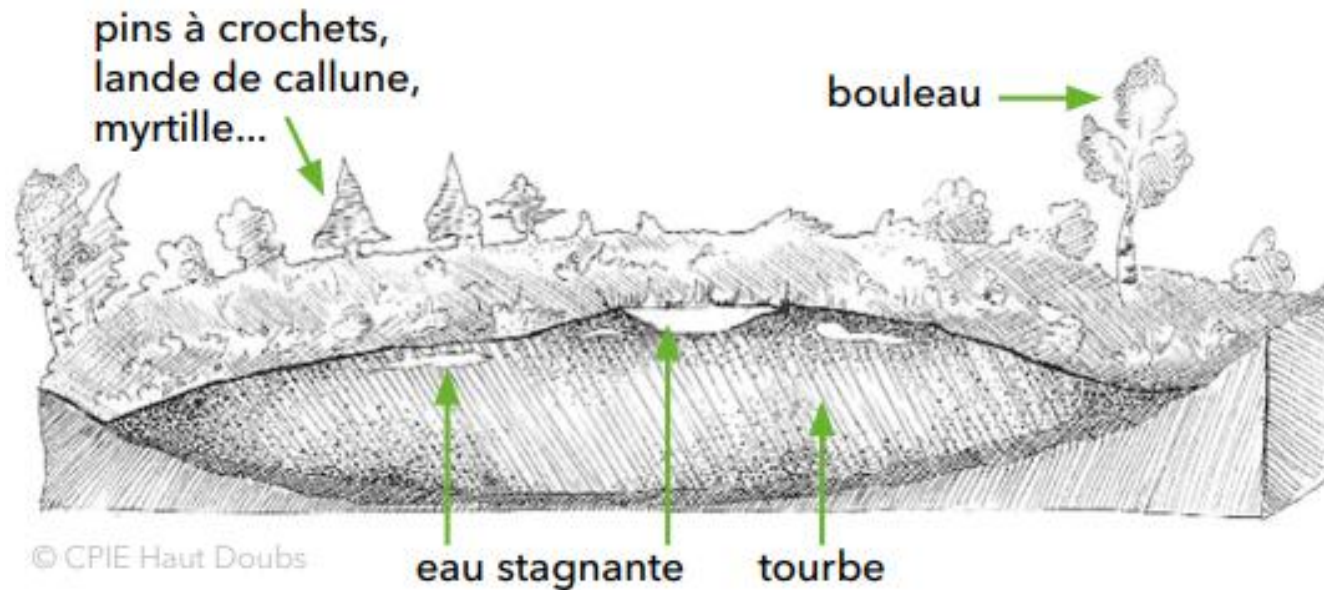
Trichophorum cespitosum

Stängel – tige – fusto – stem

© S. Eggenberg

Flora Helvetica – Haupt Verlag





- **Stade 4 “haut-marais” : tourbière bombée 1000 av J.C. climat frais et humide**

- Le chevauchement des sphaignes donne une forme bombée à la tourbière. L'accumulation des sphaignes mortes, incomplètement décomposées, permet l'épaississement de tourbe noire.
- Au-delà d'une certaine épaisseur de tourbe, les mousses ne peuvent plus s'alimenter en eau.
- Le bombement cesse.
- La mare centrale, très réduite, est la seule partie où les sphaignes s'accroissent encore et où la tourbe se forme. Là, la tourbière est vivante.
- Des végétaux comme la callune ou la myrtille apparaissent, une lande se forme petit à petit.
- En fin d'évolution, des arbres s'installent (pins à crochets voire bouleaux) et colonisent le milieu.

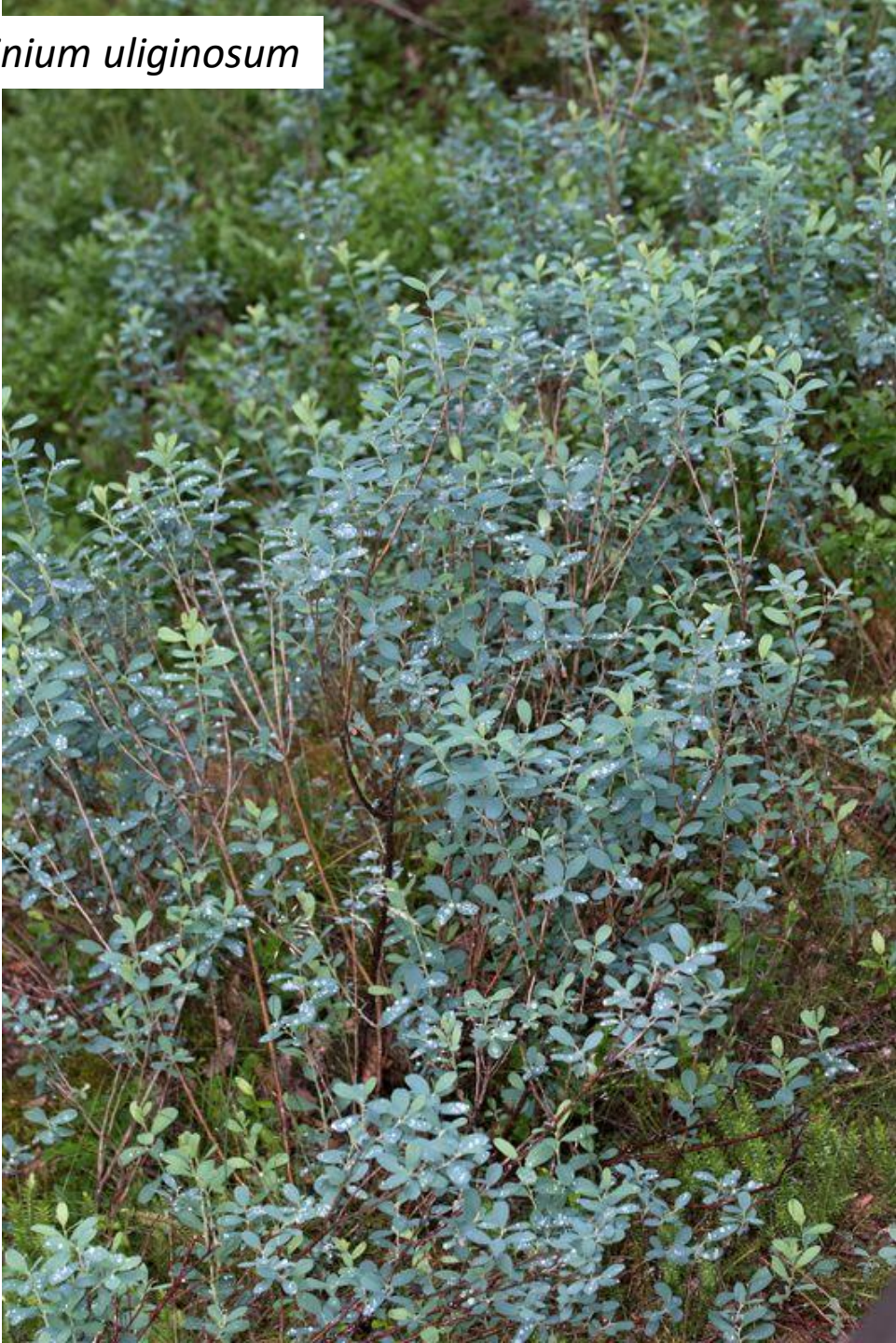


Tourbières à sphaignes *Sphagnion magellanic*

- Liens dynamiques:
 - Evolution lente
 - Ralentissement de la turfigénèse
→ *Molinia caerulea* et *Nardus stricta*
 - Densification de la couverture végétale → landes tourbeuses puis boisements tourbeux (*Betulion pubescentis*, *Ledo-Pinion*)
- Liens spatiaux:
 - En contact avec le *Rynchosporion* (œil de la tourbière)
 - De parvocariçaies acides et de landes tourbeuses située en périphérie



Vaccinium uliginosum



Calluna vulgaris





Vaccinium uliginosum, *Calluna vulgaris*

LEDO-PINION



Pinus uncinata

LES TOURBIÈRES INTACTES

Seuls **2 %** des tourbières allemandes sont intacts.





Tourbières à sphaignes

Sphagnion magellanicum



- Facteurs de menace :
 - Destruction par drainage
 - Exploitation de la tourbe (chauffage et horticulture)
 - Plantation de résineux
 - Activités humaines (ski, piétinement, captage d'eau)
 - Eutrophisation / pluie azotée
 - Ruissellement de polluants / salage des routes
 - Changement climatique





Les Bas-marais

Parvocariçaies acidophiles et nautrobasophile

Parvocariçaie acidophile - *Caricion nigrae*

- Gpts paludéens, acidiclines à acidophiles, dominés par
 - des petites cypéracées fortement recouvrantes (rhizomateuses et semi-cespiteuses) : *Carex canescens*, *Carex nigra*, *Carex echinata*, *Carex pulicaris*, *Carex paupercula*, *Trichophorum cespitosum*
 - Des juncacées : *Juncus filiformis*
 - Des linaigrettes : *Eriophorum scheuchzeri*, *E. angustifolium*.
- Peu de dicots (peu de fleurs) : *Viola palustris*, *Bartsia alpina*, *Pedicularis palustris*, *Potentilla erecta*
- la strate muscinale est souvent bien développée (*Aulacomnium palustre*, *Sphagnum angustifolium*, *Warnstorfia exannulata* sont réguliers). → tapis denses vert à vert jaunâtre

Parvocariçaie acidophile - *Caricion nigrae*

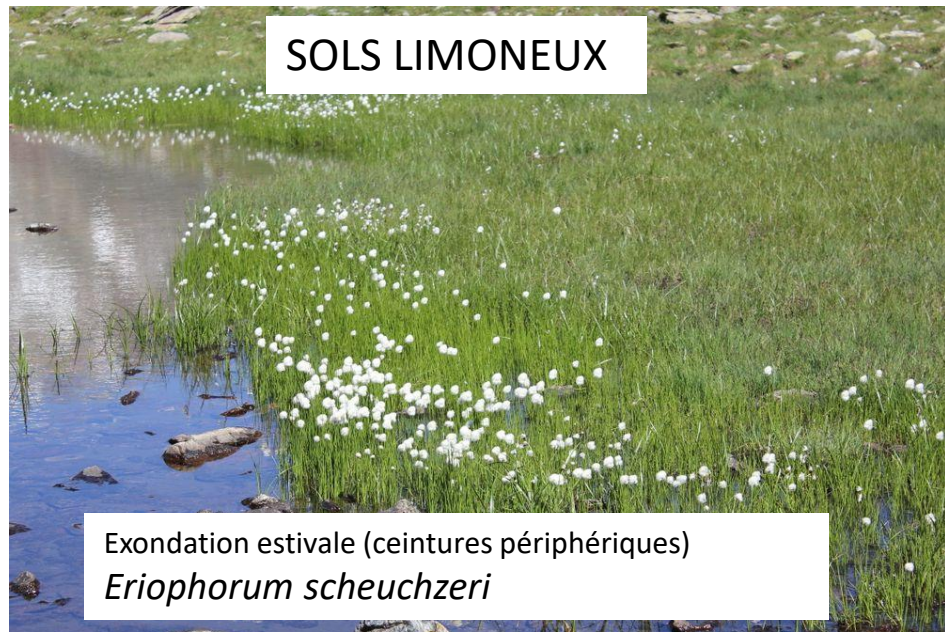
- Bordures/périphérie de plans d'eau, dépressions
- Sur sol tourbeux ou minéral, oligo- à mésotrophes, acides à neutres, peu oxygénés (nappe affleurante en permanence, pauvres en minéraux et en calcaire), sauf en cas de circulation d'eau courante.
- Principalement présentes aux étages montagnards et supraforestiers sur roche silicatée, ces associations sont exceptionnelles à l'étage collinéen ; en ce cas elles sont dominées par *Agrostis canina*.



Eriophorum scheuchzeri

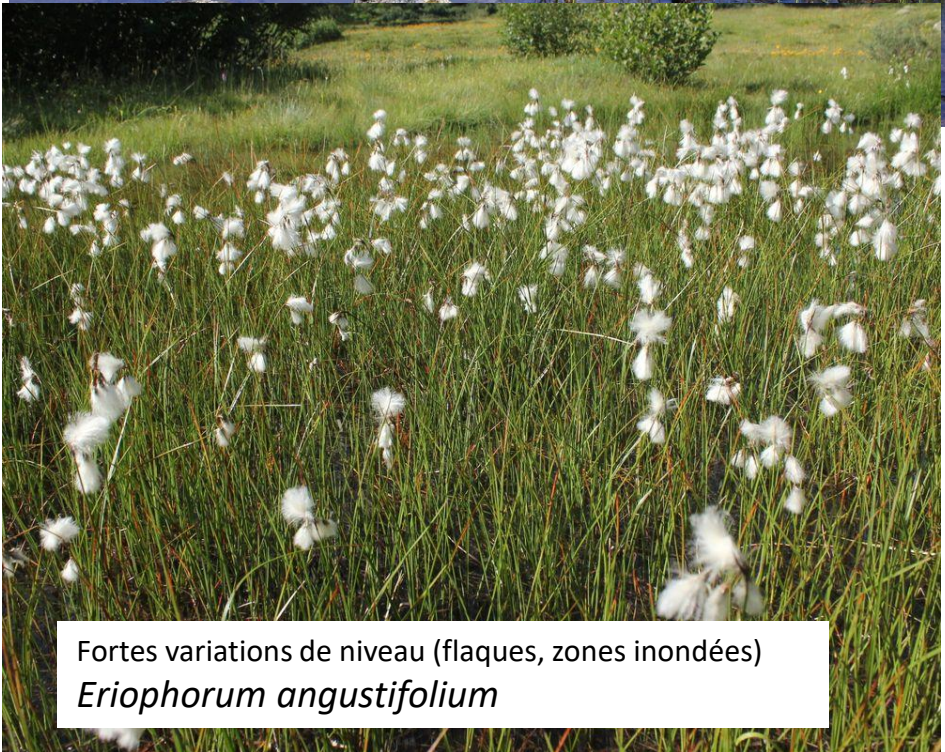


Juncus filiformis



SOLS LIMONEUX

Exondation estivale (ceintures périphériques)
Eriophorum scheuchzeri



Fortes variations de niveau (flaques, zones inondées)
Eriophorum angustifolium



Accumulation de matière
organique
(assèchement feuilles
basales)



SOLS TOURBEUX

Oligotrophes

Viola palustris et *Carex nigra*



SOLS TOURBEUX

mésotrophes

Carex paupercula



Carex nigra

secteurs occasionnellement perturbés



Eriophorum angustifolium,
Trichophorum cespitosum



Marge de haut marais



Carex nigra + taxons de Haut-marais (dont sphaignes)

En plaine



Agrostis canina ou *Carex canescens*

© K. Lauber - Flora Helvetica - Haupt Verlag



Carex panicea

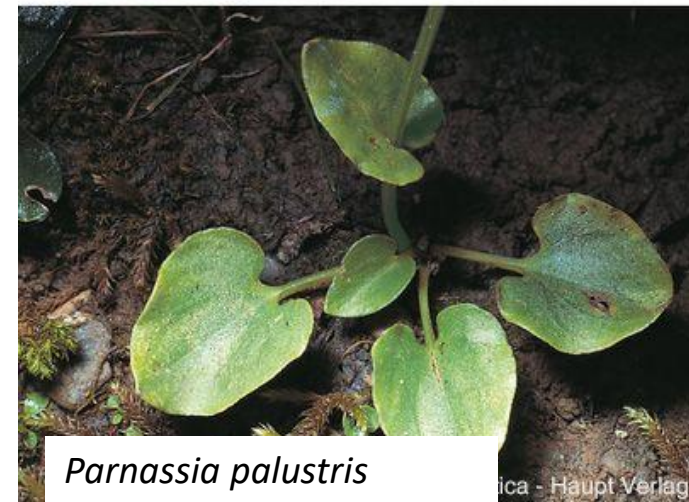


Flora Helvetica - Haupt Verlag

Unité neutrobasophile du bas-marais ...acide



Bartsia alpina



Parnassia palustris

ica - Haupt Verlag

Parvocariçaie acidophile - *Caricion nigrae*

Dynamique

- En contexte tourbeux décapage du sol → évolution transitoire en tourbière de transition (*Rhynchosporion-inclus dans Caricion lasiocarpae*)
- Etage mont.-subalp: assèchement -> colonisation par des saules et des bouleaux

Valeur biologique

- Les gpts les humides et les plus tourbeux en montagne constituent les habitats de prédilection d'odonates rares : *Leucorrhinia dubia*, *Somatochlora alpestris*, *S. arctica* ...

Parvocariçaie acidophile - *Caricion nigrae*



Menace

- Raréfié en plaine (assainissement des plaines marécageuses et mise en culture) mais encore assez fréquent en montagne
- Très sensible aux modifications hydriques
- Ennoyage (retenue pour la neige artificielle)
- 2 espèces caractéristiques ont disparu : *Cardamine matthioli*, *Stellaria palustris*

Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*

- Gpts paludéens oligotrophiles basophiles, souvent paucispécifiques, dense, assez bas (h < 50 cm).
- caractérisés par des bryophytes et touffes de petites cypéracées (*C. hostiana*, *Eriophorum latifolium*, *Schoenus ferrugineus*, *S. nigricans**) +dicots à fleurs.
- Plus colorés que le *Caricion nigrae* (floraison des dicots entre mai et juillet).
- Abrite de nombreuses orchidées rares tq *Liparis loiselii*, *Spiranthes aestivalis** et *Orchis palustris*.





Carex hostiana



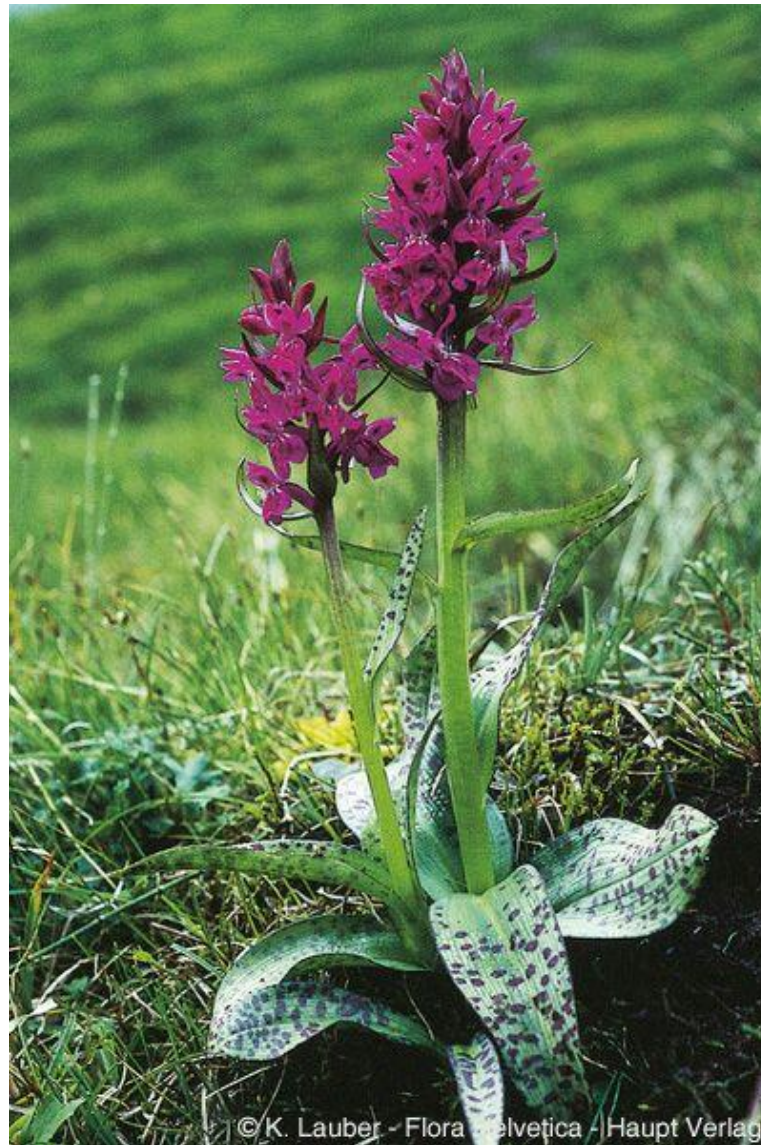
Carex lepidocarpa



Carex davalliana



Tofieldia calyculata



Dactylorhiza majalis



Liparis loeselli



Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*

- Occupe des replats et dépressions humides en permanence, des pentes ruisselantes alimentées par des sources, des résurgences ou ruisselets dont les eaux, plus ou moins minéralisées après avoir circulé dans le sol, permettent la formation d'une tourbe calcaro-minérale.
- Donc sur sols tourbeux ou minéraux, faiblement acides à basiques ((5) $6 < \text{pH} < 7,5$), oligo- à mésotrophes, à roche mère carbonatée ou cristalline.
- Les eaux phréatiques sont principalement superficielles ou peu profondes ($0 < p < 0,2$ (0,5)). À niveau peu fluctuant (sinon évolue vers des gpts du *Molinion caerulea*).
- Etages coll.-subalp. (alp.)



Stade pionnier



Eleocharis quinqueflora

Sur craies lacustres et dépôts fluvio glaciaires



Schoenus ferrugineus

Vu au bord du lac de Joux (excursion vallée de l'Orbe)

En secteurs subocéaniques (étés chauds)



Schoenus nigricans, ici
avec *Liparis loeselii*

Parvocariçaie neutro-basophile - *Caricion davallianae*



Dynamique :

- Assèchement saisonnier ou progressif du sol → *Molinion*
- Eutrophisation → roselières et prairies humides hautes (mégaphorbiaies du *Filipendulo-Petasition*)
- Augmentation des amplitudes de fluctuation de nappe → *Molinion* ou Magnocaricaies.

Menace :

- En plaine
 - Régression considérable (urbanisation, captage des sources, drainage, agriculture) → conservation prioritaire
- En montagne
 - Régression (déprise pastorale → embroussaillement ou pâturage trop intensif → destruction des sols -*> gpt pionniers de moindre intérêt)