

Saussurea

Journal de la Société botanique de Genève

52

Société fondée en 1875

2023

Saussurea

Journal de la Société botanique de Genève
Société fondée en 1875

Adresse : Société botanique de Genève
c/o CJBG
Case postale 71
CH-1292 Chambésy/GE (Suisse)
Web : www.socbotge.ch
E-mail : saussurea@socbotge.ch

Comité de la Société botanique de Genève pour 2022-23

Présidente : Catherine LAMBELET-HAUETER
Trésorier : Andreas FINK
Secrétaire : Pierre BOILLAT
Rédacteur de Saussurea : Bernard SCHAETTI
Rédacteur adjoint de Saussurea : Ian BENNETT
Responsables site web : Pierre BOILLAT, Ian BENNETT
Autres membres du comité : Frédéric SANDOZ

Les collaborateurs pour ce numéro sont les suivants :

Relecture : Bernard SCHAETTI
Maquette et mise en page : Ian BENNETT

Impression : à Genève par Look Graphic (<http://www.look-graphic.com>)

Toute correspondance concernant les publications doit être adressée au rédacteur.

Date de parution : Avril 2024

© Société botanique de Genève, 2024

Saussurea est disponible intégralement et gratuitement en ligne depuis le n° 40 (2010).
Lien : <https://socbotge.ch/publications>

Saussurea est référencé dans EBSCO Essentials™

Evolution des communautés de saules en zone alluviale active des Préalpes fribourgeoises (1958–2020)

par Richard Arthur Dupont¹ et Patrice Prunier (HEPIA)²

¹ Sentier des Sapins 1, 1700 Fribourg
Email : dupont.richard@protonmail.ch

² Haute Ecole du Paysage, d'Ingénierie et d'Architecture // HES-SO – Site de Lullier, 150 route de Presinge, CH-1254 Jussy.
Email : patrice.prunier@hesge.ch

Résumé

Dupont R. A. et Prunier P. (2024). Evolution des communautés de saules en zone alluviale active des Préalpes fribourgeoises (1958–2020), *Saussurea*, 52, p. 173–191.

La végétation alluviale est une composante clé dans les écosystèmes riverains du fait de ses fonctions, en particulier les communautés de saules considérées comme le reflet de l'intégrité écologique des zones alluviales actives. Sur trois rivières préalpines fribourgeoises, la Gérine, la Sarine et la Singine, les changements de compositions floristiques des groupements végétaux et la perte des dynamiques alluviales se poursuivent depuis plus de 60 ans. Des espèces exogènes ont fait leur apparition et l'espèce typiquement fluviatile, *Myricaria germanica*, est uniquement observée sur une seule rivière.

Au sein de l'alliance du *Salicion elaeagni* Moor 1958, la description du *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958 est affinée et actualisée en deux associations distinctes, l'une *Salici elaeagni-Hippophaetum* Br.-Bl. in Volk 1939 et l'autre *Campanulo-Salicetum elaeagni nomen novum*. Le *Salicetum elaeagno-purpureae* Sillinger 1933 et le *Salici purpureae-Myricarietum germanicae* Moor 1958 sont des associations nouvelles pour la région.

Abstract

Dupont R. A. and Prunier P. (2024). Evolution of willow communities in the active alluvial zone of the Fribourg Prealps (1958–2020), *Saussurea*, 52, p. 173–191.

Alluvial vegetation is a key component in riparian ecosystems due to its functions, in particular willow communities considered to reflect the ecological integrity of active alluvial zones. On three Fribourg pre-alpine rivers, the Gérine, Sarine and Singine, changes in the floristic composition of plant communities and the loss of alluvial dynamics have been ongoing for over 60 years. Exogenous species have appeared, and the typical fluvial species, *Myricaria germanica*, is only found on one river.

Within the *Salicion elaeagni* Moor 1958 alliance, the description of *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958 is refined and updated into two distinct associations, one *Salici elaeagni-Hippophaetum* Br.-Bl. in Volk 1939 and the other *Campanulo-Salicetum elaeagni nomen novum*. *Salicetum elaeagno-purpureae* Sillinger 1933 and the *Salici purpureae-Myricarietum germanicae* Moor 1958 are new associations to the region.

Mots-clés

phytosociologie
Salix
saulaies
Myricaria germanica
dynamique alluviale
intégrité écologique

Keywords

phytosociology
Salix
willows
Myricaria germanica
alluvial dynamics
ecological integrity

Introduction

La végétation alluviale est une composante clé dans les écosystèmes riverains, où elle fournit une large gamme de services écologiques et fonctionnels, tels que l'approvisionnement en nourriture, la ressource en habitats, la régulation des températures des cours d'eau, la rétention des sédiments, la filtration des nutriments et la stabilisation des berges (GREET *et al.* 2011a, p. 1232). Le long d'un cours d'eau, les connexions longitudinales entre formations végétales jouent le rôle de corridors biologiques et assurent la connectivité entre habitats et populations (concept de *river corridors*, WARD *et al.* 2002, p. 524). Les écosystèmes riverains, plus particulièrement les zones alluviales, font partie des plus riches et diversifiés de la planète dans leur état naturel ou non altéré aux hautes latitudes (TOCKNER & STANFORD 2002). Les régimes hydrologiques naturels des cours d'eau maintiennent l'intégrité écologique des zones alluviales grâce à leur variabilité saisonnière inhérente (GREET *et al.* 2011b, pp. 2514–2515). La végétation alluviale dépend ainsi des régimes hydrologiques de chaque rivière et peut subir des changements de distribution et de composition suivant les perturbations hydrologiques occasionnées sur les cours d'eau concernés (GREET *et al.* 2011b, p. 2515, KARRENBERG *et al.* 2002, p. 734).

Les communautés végétales ligneuses des zones alluviales actives sont, entre autres, principalement dominées par des saules (*Salix* spp.) (KARRENBERG *et al.* 2002, p. 734, WARD *et al.* 2002, p. 523). Ces formations peuvent être considérées comme un reflet de l'intégrité écologique des zones alluviales et des cours d'eau concernés.

Jusqu'à 90% des zones alluviales en Europe ont été perturbées par l'humain et leur intégrité écologique¹ est donc largement atteinte, comprenant les processus naturels de sédimentation et d'érosion qui sont à la base de la dynamique et de la diversité de ces écosystèmes (TOCKNER & STANFORD 2002).

Plusieurs travaux phytosociologiques ont été menés sur les zones alluviales en Suisse et décrivent les communautés végétales inféodées. MOOR (1958) a réalisé une première synthèse des communautés végétales des zones alluviales suisses. Puis, GALLANDAT *et al.* (1993) ont constaté une évolution des compositions des associations initialement caractérisées par MOOR (1958), en décrivant des variantes appauvries, sèches ou eutrophes, des groupements végétaux nouveaux ou d'autres n'existant presque plus dans leur état originel. ROULIER (1998) affirme dans sa partie «état des zones alluviales» que ce sont surtout les essences ligneuses pionnières nécessitant des substrats neufs, tels que les saules, qui sont en nette régression. Ces substrats neufs ne sont plus présents dans de nombreux sites collinéens et montagnards en raison de régimes hydrologiques altérés ne permettant plus

les crues suffisantes, et les perturbations mécaniques induites des zones alluviales actives (fig. 1).

Le présent travail (DUPONT 2022) s'inscrit dans l'optique de déceler les tendances évolutives des groupements végétaux dominés par les saules en lien avec les régimes hydrologiques des cours d'eau concernés et d'en proposer une actualisation et une appréciation.

Ainsi, il repose sur une double approche comparative, entre stations, comparant les groupements actuels entre les cours d'eau concernés (approche synchronique) et, entre périodes, comparant les groupements actuels aux données de référence (approche diachronique).



Fig. 1 : Zone alluviale active sur la Singine, Sodbach.

Matériel et méthodes

Végétation

Le synsystème retenu pour les groupements végétaux ligneux des zones alluviales actives comprenant des saules compte deux syntaxons : un structuré par les saules, la classe des *Salicetea purpureae* Moor 1958 avec un focus sur l'alliance *Salicion elaeagni* Moor 1958; et l'autre structuré par *Alnus incana*, l'alliance *Alnion incanae* PAWLOWSKI *in* PAWLOWSKI, SOKOLOWSKI & WALLISCH 1928. Ce synsystème est défini grâce aux ouvrages phytosociologiques suivants : MOOR (1958), OBERDORFER (1992), MUCINA *et al.* (1993), POTT (1995), SCHUBERT *et al.* (2010), PRUNIER *et al. in* BONIN *et al.* (2013) et CHYTRY (2014).

Sites

Les données de végétation sont produites grâce aux relevés effectués sur le terrain durant l'été 2020, selon la méthode phytosociologique sigmatiste. Les relevés de référence proviennent de MOOR (1958) et PIGNATTI & PIGNATTI (2014 *in* FIAMOZZI 2018). Les altitudes visées, entre 560 et 1150 mètres, se situent à l'étage montagnard pour les Préalpes fribourgeoises.

La figure 2 illustre les sites de relevés du travail de terrain et leur altitude sur les trois rivières concernées ainsi que le nombre de relevés disponibles.

Relevés

Les relevés sur le terrain s'apparentent au *preferential sampling* proposé par DE CACERES *et al.* (2015, p. 551) et suivent trois critères décisionnels nécessaires :

- la présence de saules dans au moins une des strates de végétation (herbacée, arbustive ou arborée) ;

1 L'intégrité écologique d'un cours d'eau peut se résumer dans sa capacité à maintenir son homéostasie. C'est-à-dire qu'il peut se maintenir dans un état bénéfique pour tous les organismes le composant. C'est une forme de résilience face aux changements.

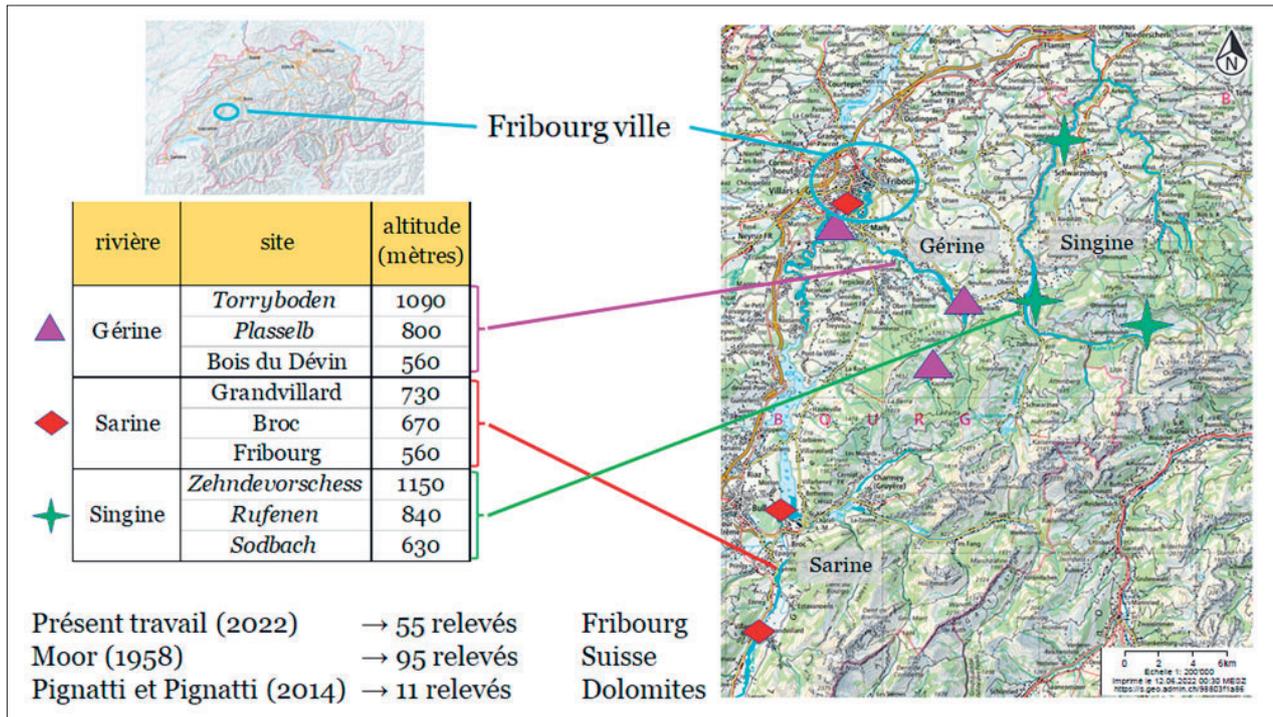


Fig. 2 : Sites d'étude et leur altitude en fonction des rivières avec les relevés disponibles et leur dition.

- la nature du substrat doit subir les influences du cours d'eau avec des traces telles que galets charriés, sables ou débris ligneux déposés;
- l'homogénéité floristique, physiologique et écologique (MEDDOUR 2011, p. 14).

Analyse

Des techniques d'ordination (analyse factorielle des correspondances AFC) et de classification - classification ascendante hiérarchique CAH avec la méthode agglomérative de Ward qui est la plus appropriée (HUBER 2017, p. 54) – sont mises en œuvre pour comparer et classer les données. Ce sont deux méthodes complémentaires en phytosociologie (MEDDOUR 2011, p. 28).

La procédure adoptée est largement inspirée du cadre conceptuel proposé par DE CACERES *et al.* (2015). Cette procédure s'articule en trois étapes² de caractérisation: primaire, secondaire et spatio-temporelle. Elles sont illustrées par le tableau 1.

Hydrologie

Les trois rivières sélectionnées se situent dans les Préalpes fribourgeoises: la Gérine, la Sarine et la Singine.

Selon les documents du Service de l'Environnement de Fribourg (SEn 2008, 2009, 2010, 2013, 2015, 2016) et la caractérisation de ZEH WEISSMANN *et al.* (2009), la Gérine et la Singine sont considérées comme des cours d'eau naturels/semi-naturels sur la majorité de leurs tronçons et peu atteintes par des ouvrages anthropiques, alors que la Sarine possède des tronçons longuement canalisés et est considérée comme

Tableau 1 : Critères des étapes de caractérisation des unités tirées et adaptées de DE CACERES *et al.* (2015, p. 554).

caractérisation	critères
primaire	attributs de végétation primaire (composition des relevés) dissimilarités entre relevés (AFC et CAH)
secondaire	attributs environnementaux (physionomie, variables physiques) valeurs indicatrices (Landolt <i>et al.</i> 2010)
spatiale et temporelle	localisation des relevés relations spatiales et dynamiques temporelles entre les relevés

fortement influencée par les ouvrages anthropiques. Elle possède donc un régime hydrologique fortement altéré par rapport à celui qu'elle possédait avant les interventions humaines, celui qui serait dit « naturel ».

Les données hydrologiques disponibles (séries temporelles des débits) sont utilisées pour les deux approches afin de déceler les possibles liens avec les différences de végétation observées. Des métriques hydrologiques en sont extraites et sont illustrées par le tableau 2. Elles ont été sélectionnées d'après le travail de synthèse de MERRITT *et al.* (2010) et l'étude de LAWSON *et al.* (2015) qui stipulent qu'une variation ample des débits (hautes et basses eaux) au fil des saisons est un déterminant de la diversité des communautés végétales riveraines.

2 Pour des informations plus détaillées, se référer au travail de mémoire de master correspondant (DUPONT 2022, p. 15-22).

Tableau 2 : métriques hydrologiques choisies et séries temporelles disponibles pour chaque rivière.

		Métriques hydrologiques et séries temporelles			
Débit	débit moyen journalier brut (m ³ /s) débit moyen journalier standardisé coefficient de variation entre chaque jour (%)	Gérine → 2005-2018 Sarine → 2005-2018 / 1943-1958 Singine → 2005-2018 / 1943-1958			
				Hautes eaux	Q95 seuil du Q95 (m ³ /s) nombre d'occurrences du Q95 (nbr) fréquence du Q95 (nbr/an) durée moyenne des occurrences du Q95 (j)
Inspirées de Lawson <i>et al.</i> (2015) et Merritt <i>et al.</i> (2010)					

Résultats

Végétation : approche synchronique et diachronique

L'analyse des relevés permet de distinguer huit groupements végétaux (unités) faisant partie de quatre grands groupes. La figure 6 (p. 178) illustre la classification des relevés en fonction des différents groupements végétaux (unités) et leur occurrence sur chaque rivière et la figure 7 (p. 178) illustre l'ordination des unités en fonction des groupements végétaux de référence décrits par MOOR (1958) et PIGNATTI & PIGNATTI (2014 *in* FIAMOZZI 2018).

Le tableau synthétique des 4 groupes et 8 unités est consultable en annexe (p. 186). Les classes de fréquence correspondent à la fidélité du taxon dans le groupe ou l'unité considérés et se calquent sur le projet *PhytoSuisse* (PRUNIER *et al.* 2019, p. 5). Elles se déclinent de la manière suivante : I (1–19%), II (20–39%), III (40–59%), IV (60–79%), V (80–100%).

Le premier groupe est caractérisé par l'abondance et la fréquence de *Salix elaeagnos*, régulièrement associé à *Salix purpurea* et *Salix daphnoides*. Il correspond à l'alliance du *Salicion elaeagni* (saulaies buissonnantes alluviales) décrite par MOOR (1958). Il comprend trois unités :

- 1.1 « Variante mésophile appauvrie » du *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958 (fig. 3).
 - › Cette unité est caractérisée par une strate arbustive très dense (75% de recouvrement) principalement



Fig. 3 : « Variante mésophile appauvrie » du *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958.

dominée par *Salix elaeagnos* et dans une moindre mesure *Salix daphnoides*. *Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis* n'est pas du tout présent contrairement à la description du groupement de Moor 1958, il est ainsi appauvri. Le caractère xérique est de ce fait diminué aussi en lien avec la présence de taxons, dans la strate herbacée, tels que des pousses de *Fraxinus exelsior* et *Clematis vitalba* ou encore *Rubus idaeus*, *Rubus caesius*, *Brachypodium sylvaticum* et *Picea abies*. Toutefois, la présence des taxons herbacés tels que *Tussilago farfara*, *Galium album*, *Melilotus albus*, *Campanula cochleariifolia*, *Centaurea jacea*, *Calamagrostis epigejos* et *Populus nigra* confirment l'appartenance au *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958 selon MUCINA *et al.* (1993, p. 47) et POTT (1995, p. 477). Les substrats colonisés sont grossiers tels que blocs, galets et graviers avec parfois des poches de sable. Cette unité se retrouve toujours en *intrados*³.

- 1.2 *Salicetum elaeagno-purpureae* Sillinger 1933. (fig. 4).

› Cette unité est caractérisée par une strate arbustive dense (70% de recouvrement) constamment dominée par *Salix purpurea* et accompagné de *Salix elaeagnos*. La strate herbacée, jamais très dense (moins de 30% de recouvrement), est composée

3 L'*intrados* correspond à la berge qui est détendue, ou qui présente une pente douce et régulière jusqu'au cours d'eau actif. Il est généralement situé à l'intérieur des méandres.



Fig. 4 : *Salicetum elaeagno-purpureae* Sillinger 1933.

de taxons tels que *Echium vulgare*, *Impatiens glandulifera*, *Melilotus albus* ou *Tussilago farfara* qui sont proposés par CHYTRY (2014) pour le groupement. Les substrats colonisés sont moins grossiers que pour l'unité 1.1 avec beaucoup de sables, voire parfois limono-sableux. Les galets et graviers sont toujours présents dans une moindre mesure. Généralement le groupement se trouve à proximité du cours d'eau (moins de dix mètres). Cette unité n'était pas diagnostiquée par MOOR (1958).

- 1.3 « Variante à *Myricaria germanica* » du *Salicetum elaeagno-purpureae* Sillinger 1933 (fig. 5).
 - › Cette unité est caractérisée par *Myricaria germanica* en strates arbustive et herbacée. La strate arbustive, plutôt lâche (55% de recouvrement) est aussi fortement composée de *Salix purpurea* et *Salix elaeagnos*. La strate herbacée est aussi composée de taxons pionniers comme l'unité 1.2. À ceux-ci s'ajoute *Picris hieracioides* subsp. *hieracioides* toujours présent, qui dénote une tendance du milieu à être moins sujet aux influences de la nappe puisque sa valeur de changement d'humidité est de 1 alors que le groupement *Salici-Myricarietum* (= *Salici elaeagni-Myricarietum* Moor 1958) décrit par MOOR (1958, p. 234), repris par PRUNIER *et al.* in BONIN *et al.* (2013, p. 315), inclut des taxons herbacés typiques des substrats sableux humides qui ne sont pas présents (*Epilobium fleischeri*, *Equisetum spp.*, *Juncus spp.*) dans l'unité 1.3. Malgré ces différences, les deux groupements se ressemblent beaucoup, surtout grâce à l'abondance de *Myricaria germanica*. Les substrats colonisés sont plutôt fins comme l'unité 1.2. Ce groupement est toujours situé très proche du cours d'eau (moins de dix mètres).



Fig. 5: « Variante à *Myricaria germanica* » du *Salicetum elaeagno-purpureae* Sillinger 1933.

Le deuxième groupe correspond à des groupements végétaux principalement herbacés pionniers et rudéraux et comprend deux unités :

- 2.1 Groupement herbacé pionnier et rudéral des rives de galets.
 - › Cette unité est caractérisée par des taxons pionniers et rudéraux tels que *Erucastrum nasturtiifolium*, *Barbarea vulgaris*, *Plantago major*, *Mycelis muralis* et *Sonchus asper*. La strate herbacée n'est pas continue (15% à 60% de recouvrement). Les substrats colonisés sont très grossiers.

- 2.2 Groupement pionnier arbustif à *Salix alba*.
 - › Cette unité est caractérisée par *Salix alba* en strate arbustive et une strate herbacée ressemblant à celle de l'unité 2.1. Les substrats colonisés sont un peu moins grossiers que ceux de l'unité 2.1.

Le troisième groupe est caractérisé par l'abondance et la fréquence d'*Alnus incana* et *Salix caprea* en strate arbustive et arborée, ainsi que *Rubus caesius* en herbacée. Il correspond à l'alliance *Alnion incanae* PAWLOWSKI in PAWLOWSKI, SOKOLOWSKI & WALLISCH 1928 (aulnaies blanches) et comprend deux unités :

- 3.1 *Calamagrostio-Alnetum incanae* Moor 1958.
 - › Cette unité est caractérisée par *Alnus incana* et *Salix caprea* en strate arbustive et arborée. *Fraxinus excelsior* et *Ulmus glabra* apparaissent plusieurs fois dans la strate arborée contrairement à l'unité 3.2 dans laquelle ils n'apparaissent presque pas du tout. *Rubus caesius* est très abondant dans la strate herbacée, accompagné dans une moindre mesure par *Brachypodium sylvaticum*, *Cirsium oleraceum* et *Petasites hybridus*. Ces taxons font bien correspondre cette unité au *Calamagrostio-Alnetum incanae* Moor 1958. Les substrats colonisés sont assez fins avec des sables et quelques graviers souvent accompagnés de poches de limons. L'unité est presque toujours éloignée du cours d'eau (plus de vingt mètres).
- 3.2 *Calamagrostio-Alnetum incanae* Moor 1958 en transition.
 - › Cette unité est très similaire à l'unité 3.1. Il y a toutefois une nuance dans la strate arborée, *Salix elaeagnos* y est plus abondant alors que *Alnus incana* l'est moins. La strate herbacée, contrairement à l'unité 3.1, contient *Tussilago farfara* et *Salix elaeagnos* qui rappellent le caractère du substrat parfois perturbé par les crues. Les substrats colonisés sont assez fins avec des sables et quelques graviers souvent accompagnés de poches de limons. L'unité est souvent à proximité du cours d'eau (cinq mètres environ).

Le quatrième groupe est caractérisé par l'abondance et la fréquence de *Salix alba* en strate arborée. Il correspond à l'alliance *Salicion albae* Soò 1930 (saulaies blanches) avec une seule unité :

- 4. *Salicetum albae* Issler 1926 appauvri.
 - › Cette unité est caractérisée par *Salix alba* en strate arborée et arbustive. Il est accompagné de *Salix elaeagnos*, *Alnus incana* et *Alnus glutinosa*. La strate herbacée se distingue des autres unités par *Humulus lupulus*, *Impatiens glandulifera* et *Phalaris arundinacea*. Cette unité ressemble au *Salicetum albae* Issler 1926 proposé par NEUHÄUSLOVA et DOUDA in CHYTRY (2014), avec un manque de taxons (par exemple *Aristolochia clematis*, *Bidens frondosa*, *Carex riparia* ou *Iris pseudacorus*) par rapport au cortège floristique correspondant. Les substrats colonisés sont limoneux et sableux avec un sol superficiel toujours présent.

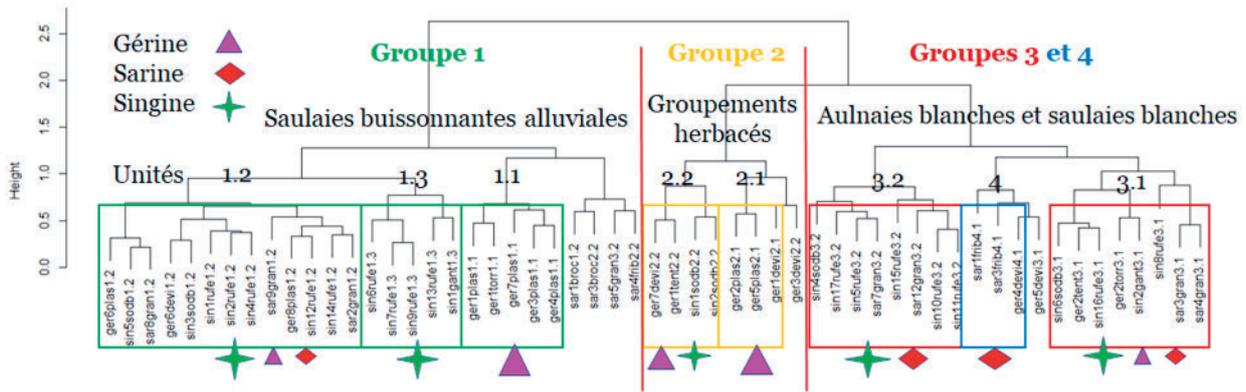


Fig. 6: CAH des 55 relevés et groupements végétaux caractérisés (unités). Les relevés non encadrés sont des relevés « incohérents » à la classification et correspondent aux unités indiquées sur leur nom. Les noms uniques font correspondre le relevé à la rivière et au site de celui-ci ainsi qu'à un numéro le distinguant. Ils sont composés de *ger* pour Gérine, *sar* pour Sarine et *sin* pour Singine pour les rivières, d'un numéro de relevé, *plas* pour Plasselb, *sodb* pour Sodbach, *gran* pour Grandvillard, *devi* pour Bois du Dévin, *rufé* pour Rufenen, *gant* pour Gantrisch, *torr* pour Torryboden, *tent* pour Tentlingen (correspond à Plasselb), *broc* pour Broc et *frib* pour Fribourg pour les sites.

Les résultats synchroniques ne distinguent pas catégoriquement les trois rivières. Les groupements végétaux typiquement liés aux dynamiques alluviales (saulaies buissonnantes alluviales) se retrouvent sur chaque rivière. Toutefois, la Sarine en comporte nettement moins avec un seul groupement végétal (unité 1.2) observé et reflété par seulement trois relevés. Aussi l'espèce typiquement fluviatile, *Myricaria germanica*, garante d'une dynamique alluviale intacte, est uniquement observée sur la Singine avec son groupement végétal correspondant (unité 1.3).

Les résultats diachroniques mettent à jour deux unités nouvelles (les étoiles jaunes dans la figure 7) pour la région: les unités 1.2 et 1.3 qui n'étaient pas diagnostiquées par MOOR (1958). L'actualisation du syntaxon *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958 peut être posée. L'AFC de la figure 7 montre effectivement l'hétérogénéité du syntaxon (éclair rouge dans la figure 7). Ce syntaxon ne correspond pas complètement à l'unité 1.1 qui s'en rapproche notamment par l'absence flagrante de *Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis*. Toutes les unités contiennent des nuances et modifications par rapport aux syntaxons de MOOR (1958) s'en rapprochant. Même l'unité 3.1, qui ressemble fortement au *Calamagrostio-Alnetum incanae* Moor 1958, contient des nuances avec des taxons qui affirment un assèchement et une eutrophisation, tels que *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus*, *Fraxinus excelsior*, *Lonicera xylosteum* et *Rubus caesius*.

Dans ces groupements végétaux modifiés, des taxons font leur apparition. *Picris hieracioides* subsp. *hieracioides* n'était observé en 1958 dans aucun syntaxon. Il est une confirmation de l'assèchement globalisé des substrats des groupements végétaux alluviaux. Il est présent presque partout aujourd'hui (unités des groupes 1, 2 et 3). *Buddleja davidii*, *Erigeron annuus*, *Impatiens balfourii* et *Impatiens glandulifera* sont systématiquement présents (groupes 1, 2, 3 et 4) et figurent sur la liste Noire et la Watch List (INFOFLORA 2014). Les syntaxons de MOOR (1958)

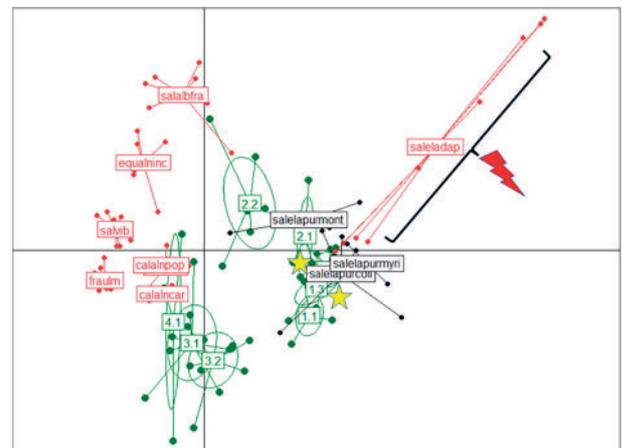


Fig. 7: ordination des unités du présent travail (en vert) et des syntaxons décrits par MOOR (1958) (en rouge) et PIGNATTI & PIGNATTI (2014 in FIAMOZZI 2018) (en noir) par une AFC avec une distance euclidienne sur le premier plan factoriel. Pourcentages de variabilité exprimés: axe horizontal 70%, axe vertical 57%. Les abréviations sont: calalnncar pour *Calamagrostio-Alnetum incanae caricetosum albae*, calalnfil pour *Calamagrostio-Alnetum incanae filipenduletosum* (caché par l'étiquette calalnpop), calalnpop pour *Calamagrostio-Alnetum incanae populetosum*, equalninc pour *Equiseto-Alnetum incanae*, fraulm pour *Fraxino-Ulmetum*, salalbfra pour *Salicetum albo-fragilis*, saleladap pour *Salicetum elaeagno-daphnoidis*, salvb pour *Salici-Viburnetum*, salelapurmont pour *Salicetum elaeagno-purpureae* montagnard, salelapurcoll pour *Salicetum elaeagno-purpureae* collinéen, salelapurmyri pour *Salicetum elaeagno-purpureae* à *Myricaria germanica*. Les double-numéros correspondent aux unités décrites. Le double-numéro 1.2 est caché par les étiquettes salelapurmyri et salelapurcoll. Les points correspondent aux relevés phytosociologiques.

n'indiquaient aucune occurrence pour ces taxons. *Robinia pseudoacacia*, *Solidago canadensis* et *Solidago gigantea* (aussi considérés par la liste Noire et la Watch List) étaient déjà observés par MOOR (1958), mais leur abondance dominance (AD) a fortement augmenté aujourd'hui.

Hydrologie

Les résultats synchroniques confirment le manque de dynamique pour la Sarine (tabl. 3). Le coefficient de variation entre jours indique de fortes différences entre la Sarine et les 2 autres rivières. Avec 64.77% au printemps et 81.54% en été, le débit de la Sarine varie beaucoup moins à cette échelle de temps, que ceux de la Gérine (95.09%, 163.42%) et de la Singine (88.49%, 135.72%).

Tout comme le coefficient de variation, les événements de crues (Q95) en nombre et en fréquence sont plus élevés pour la Gérine et la Singine que pour la Sarine. Les durées moyennes d'étiage (Q05) sont également plus longues pour la Gérine et la Singine que pour la Sarine.

Les résultats diachroniques indiquent que la Sarine voit son régime hydrologique moins fluctuant aujourd'hui que lors de la période des relevés de Moor en 1958. Elle a donc effectivement perdu de sa dynamique hydrologique (et alluviale). Le débit moyen a légèrement diminué depuis la période 1943–1958 alors que le coefficient de variation a augmenté de quelques pourcents.

Les crues (Q95) étaient plus importantes et plus nombreuses durant la période 1943–1958 que durant la période 2005–2018 tout comme la durée des occurrences d'étiage (Q05). Elles étaient beaucoup plus longues entre 1943–1958 (6.66 jours au printemps et 5.86 jours en été) qu'entre 2005–2018 (2.6 jours au printemps et 1.53 jours en été).

Discussion

Approche synchronique

Les résultats synchroniques distinguent la Sarine des deux autres rivières (Gérine et Singine) sur le plan hydrologique et moins fortement sur le plan phytosociologique. Il faut néanmoins ajouter que tous les relevés ont été effectués en zone alluviale dite « active » (critères décisionnels) et biaisent donc la présence de groupements végétaux complètement différents sur les berges de la Sarine (fortement canalisées avec des digues prononcées : hautes jusqu'à trois mètres et raides) qui ne sont plus influencées par les crues comme le sont celles de la Gérine et de la Singine. Aussi *Myricaria germanica* n'est qu'observé sur la Singine et non sur la Gérine malgré le caractère alluvial actif de cette dernière. Ce taxon exige un substrat fin et humide pour germer (SITZIA *et al.* 2021, p. 6–11) et cette condition n'est peu ou pas remplie sur la Gérine. Elle possède effectivement un substrat plus grossier que la Singine de manière générale. Ceci est peut-être dû à l'extraction de graviers et sables (deux gravières en amont de *Plasselb*) ou simplement lié à la dynamique de la rivière.

Approche diachronique

Les résultats diachroniques confirment en grande partie les constats émis par GALLANDAT *et al.* (1993) à propos des modifications de compositions floristiques qui stipulaient la perte de dynamique alluviale des rivières depuis 1958 : un assèchement des groupements végétaux, une augmentation des taxons eutrophes et un appauvrissement des taxons typiquement alluviaux. À ceci s'ajoute la prolifération de taxons néophytes considérés comme envahissants.

Tableau 3 : Métriques hydrologiques pour les périodes printanières et estivales 2005–2018 de la Gérine, la Sarine et la Singine, ainsi que les périodes printanières et estivales 1943–1958 de la Sarine et la Singine.

	2005-2018						1943-1958			
	Gérine		Sarine		Singine		Sarine		Singine	
	printemps	été	printemps	été	printemps	été	printemps	été	printemps	été
débit moyen journalier brut (m ³ /s)	3.46	2.3	28.86	21.47	11.13	8.58	33.81	28.93	9.76	8.32
débit moyen journalier standardisé	1.47	0.98	1.51	1.13	1.35	1.04	1.78	1.52	1.19	1.01
coefficient de variation entre chaque jour (%)	95.09	163.42	64.77	81.54	88.49	135.72	57.19	72.13	76.68	107.75
Q95										
seuil du Q95 (m ³ /s)	9	7	60.06	51.76	29.1	29.61	70.125	71.59	24.1	23.5
nombre d'occurrences du Q95 (nbr)	29	34	21	20	29	28	24	33	26	45
fréquence du Q95 (nbr/an)	2.23	2.61	1.61	1.53	2.23	2.15	1.84	2.06	2	2.81
durée moyenne des occurrences du Q95 (j)	3.31	3.05	3.05	3.65	2.89	2.82	3.62	3.3	3.42	2.42
Q05										
seuil du Q05 (m ³ /s)	1	1	7.83	5.62	3.3	2.13	8.61	8.3	3.18	1.63
fréquence du Q05 (nbr/an)	3.23	9	1.76	3	0.69	1.38	0.69	0.93	1.07	0.87
durée moyenne des occurrences du Q05 (j)	5.21	6.31	2.6	1.53	6.66	3.33	6.66	5.86	4.5	6.78

Malgré cela, la Gérine et la Singine possède tout de même un caractère alluvial actif prononcé avec les unités du groupe 1 (saulaies buissonnantes alluviales dans la figure 6). Le fait que le *Salici-Myricarietum* Moor 1958 (= *Salici elaeagni-Myricarietum* Moor 1958), syntaxon typique d'une indication de dynamique alluviale active (Moor 1958, p. 284) et exclusivement lié à cette dynamique (SITZIA *et al.* 2021, p. 5), ne soit pas retrouvé, tel que MOOR (1958) le décrivait, sur ces trois rivières est peut-être dû à une différence biogéographique. MOOR (1958, p. 282) l'observait seulement sur le Rhône et le Rhin postérieur. GALLANDAT *et al.* (1993, p. 34) recensaient encore ce syntaxon mais de manière peu fréquente (GALLANDAT *et al.* 1993, p. 71). Il manque les taxons herbacés des substrats sableux humides typiques de ce syntaxon dans l'unité 1.3 qui contient *Myricaria germanica* pour pouvoir y ressembler complètement et *Picris hieracioides* subsp. *hieracioides* (indicateur d'assèchement) est systématiquement présent dans l'unité 1.3. L'écologie semble ainsi avoir changé.

Même l'unité 3.1 qui ressemble au *Calamagrostio-Alnetum incanae* de MOOR (1958) recèle des nuances avec la présence aujourd'hui de quelques taxons qui rappellent la tendance générale à l'assèchement et à l'eutrophisation dans les changements de composition floristique tels que *Cornus sanguinea*, *Crataegus monogyna*, *Euonymus europaeus*, *Fraxinus excelsior*, *Lonicera xylostemum* et *Rubus caesius*.

Classification

Relativement à la nomenclature et à la systématique des saulaies, les groupements végétaux décrits dans ce travail ont permis de mettre en évidence l'hétérogénéité du *Salicetum elaeagno-daphnoidis* divisé en 3 variantes: initiale, optimale et appauvrie par MOOR (1958, p. 285–289). Ce syntaxon est censé contenir *Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis* en tant que taxon caractéristique et être ainsi synonyme du *Salici elaeagni-Hippophaetum* Br.-Bl. in Volk 1939 selon plusieurs références (MOOR 1958, p. 285, OBERDORFER 1992, p. 17, MUCINA *et al.* 1993, p. 47, POTT 1995, p. 477, SCHUBERT *et al.* 2010, p. 113).

Au vu des importantes distances entre les relevés de ce syntaxon (fig. 7), il s'avère que le *Salicetum elaeagno-daphnoidis* décrit par Moor est hétérogène et comprend deux pôles distincts.

L'unité 1.1, «variante mésophile appauvrie» du *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958, ressemble fortement aux relevés d'un des deux pôles (fig. 7). Les espèces contenues dans les relevés comme *Salix elaeagnos*, *Salix daphnoides*, *Tussilago farfara*, *Galium album*, *Melilotus albus*, *Campanula cochleariifolia*, *Centaurea jacea*, *Calamagrostis epigejos* et *Populus nigra* le confirment. Ces relevés font partie des deux variantes décrites par MOOR dans lesquelles *Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis* n'est pas ou presque pas présent, à savoir celles initiale et appauvrie.

La variante à *Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis* n'a pas été recensée sur les sites d'étude et

correspond aux relevés situés à l'extrémité Nord-Est de l'AFC (fig. 7). Une forte distinction biogéographique corrobore cette distinction floristique. La variante type à *Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis* s'observe principalement sur le Rhône et le Rhin, alors que les variantes initiale et appauvrie se retrouvent principalement sur la Kander, la Sarine et la Thur (Nord des Alpes). Cette distinction biogéographique est originellement mentionnée par MOOR (1958, p. 288). PRUNIER *et al.* in BONIN *et al.* (2013, p. 154, 315) distinguaient déjà un groupement mésophile à *Salix elaeagnos* du *Salici elaeagni-Hippophaetum* Br.-Bl. in Volk 1939, puisque certaines communautés mésophiles se distinguaient du type de ce syntaxon selon ces auteurs.

Fort de ce constat, il s'agit aujourd'hui d'acter que le *Salicetum elaeagno-daphnoidis* est *nomen ambiguum* au sens de l'article 36 du code de nomenclature phytosociologique (THEURILLAT *et al.* 2020, p. 3), car il recouvre deux réalités floristiques et écologiques distinctes. Le pôle xérophile correspond au *Salici elaeagni-Hippophaetum* Br.-Bl. in Volk 1939; syntaxon antérieurement décrit se développant principalement dans les vallées internes des Alpes comme celles du Rhône, du Rhin et de l'Inn en Suisse, mais aussi des situations sèches du Plateau suivant les données de distribution d'*Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis* (INFOFLORA 2022). Le *Salicetum elaeagno-daphnoidis* Moor 1958 *nomen invalidum* dans son pôle mésophile est un syntaxon majoritairement des régions préalpines du nord des Alpes, comme les Préalpes fribourgeoises qui sont la dition de ce travail. Il se distingue du précédent principalement par l'absence d'*Hippophaë rhamnoides* subsp. *fluviatilis*. Le *Salicetum elaeagni* Oberdorfer 1962 n'est également pas utilisable du fait de son ambiguïté (OBERDORFER 1962, p. 36). Une nouvelle proposition nomenclaturale est donc effectuée pour ce syntaxon: *Campanulo-Salicetum elaeagni nomen novum*. Le relevé type ger7plas est consultable en annexe (p. 185). *Campanula cochleariifolia* est désigné comme taxon nominatif avec *Salix elaeagnos* grâce à ses fréquence et fidélité dans l'unité décrite (tableau synthétique, annexe 2, p. 186). Presque uniquement présent dans l'unité 1.1, *Campanula cochleariifolia* est un taxon différentiel vis-à-vis des unités 1.2 et 1.3.

Malgré les différences précitées et l'ordination (DUPONT 2022, p. 44 et XXV) les distinguant, l'unité 1.3 tend à ressembler au *Salici elaeagni-Myricarietum* Moor 1958. Tout comme les relevés de l'unité 1.3, les relevés de Moor (1958, tableau 18) contiennent systématiquement et abondamment *Salix purpurea*⁴. La composition actuelle de cette unité apparait comme relictuelle et assez similaire au syntaxon précédemment

4 Le relevé sin1lgant classifié dans l'unité 1.3 ne contient pas *Myricaria germanica*. Ceci en fait un relevé potentiellement incohérent à cette classification. Il se rapproche plutôt de l'unité 1.1 avec *Salix elaeagnos* en strate arbustive accompagné de *Alnus incana* et d'une strate herbacée assez similaire aux autres relevés de l'unité 1.1.

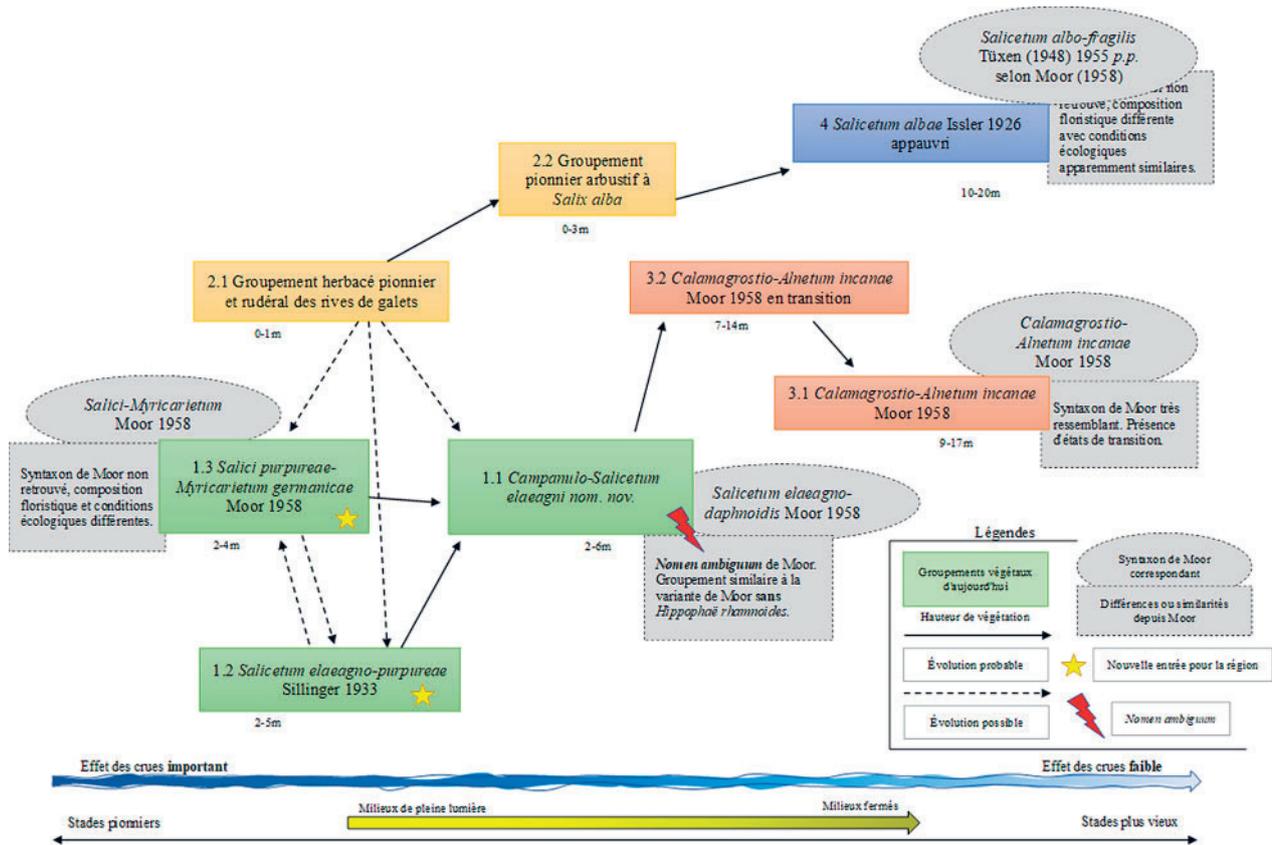


Fig. 8 : Schéma résumant les relations entre les unités du présent travail, leur évolution par rapport aux syntaxons correspondants de MOOR (1958) et leur position dans l'espace et le temps en fonction des dynamiques alluviales.

décrit par MOOR (1958). Pour éviter toute confusion, le *Salici purpureae-Myricarietum germanicae* Moor 1958 nomme l'unité 1.3 et correspond fortement à la description du dit syntaxon faite par KALNIKOVA *et al.* (2020, p. 14, 26 et tableau 2).

Le présent travail permet ainsi de recenser deux unités encore non décrites sur ces rivières : le *Salicetum elaeagno-purpureae* Sillinger 1933 et le *Salici purpureae-Myricarietum germanicae* Moor 1958. Elles pourront dorénavant être incorporées au synsystème suisse de référencement phytosociologique *PhytoSuisse* (PRUNIER *et al.* 2019).

Synthèse

La figure 8 schématise les groupements végétaux recensés et leurs relations spatiales et temporelles dans les zones alluviales actives des Préalpes fribourgeoises en fonction des dynamiques alluviales. En fonction de l'érosion, de la sédimentation, des endroits de dépôts par les crues et leur action décapante sur les végétaux, les groupements peuvent se succéder vers des milieux plus fermés ou « revenir » à des milieux de pleine lumière.

Conclusion

L'objectif du présent travail était de déceler les tendances évolutives des groupements végétaux ligneux, principalement dominés par les saules, reflets de l'intégrité écologique des zones alluviales actives. Cet objectif s'insère dans la continuité des travaux de

GALLANDAT *et al.* (1993) et ROULIER (1998) qui faisaient déjà un constat de ces tendances par rapport au premier travail synthétique suisse concernant les communautés végétales alluviales produit par MOOR (1958).

La végétation et les groupements végétaux évoluent avec le temps. Les catégories phytosociologiques décrites dans la littérature servent de références et de témoins, mais elles doivent être régulièrement actualisées et complétées pour mettre en lumière ces changements inhérents à la végétation dans un environnement où toutes les interactions biotiques et abiotiques sont fortement influencées par les activités anthropiques. De ce fait, le *Campanulo-Salicetum elaeagni nomen novum* peut être proposé, ainsi que le *Salici purpureae-Myricarietum germanicae* Moor 1958 en tant que nom valide. Celles-ci devraient pouvoir éviter les risques de confusion et clarifier les synsystèmes reconnus dans chaque région.

Il est certain que tous les groupements végétaux n'ont pas encore été échantillonnés. Il reste ainsi beaucoup à découvrir sur la diversité de ceux-ci et leurs relations dans l'espace et le temps.

Néanmoins, ce travail apporte une compréhension plus fine des processus mis en œuvre dans l'évolution de la végétation en zone alluviale et s'intègre ainsi aux connaissances préalables en tant que témoins de ces écosystèmes alluviaux fortement modifiés par les activités humaines.

En outre, il invite à leur prêter une plus grande attention et à développer des stratégies de gestion et de préservation adéquates et efficaces pour assurer leur pérennité et celle de tous les organismes qui y sont liés.

Perspectives

La présence en abondance de *Buddleja davidii* sur la Gérine et la Sarine, ainsi que dans une moindre mesure sur la Singine, est à relever. MOOR (1958) n'indique aucune occurrence pour ce taxon dans toute la classe des *Salicetea purpureae* Moor 1958, malgré sa première observation en Europe centrale sur les graviers du Rhin allemand en 1928 (WEBER 2013, p. 100). Il est indéniable qu'aujourd'hui ce dernier concurrence les autres taxons typiquement alluviaux. Il peut ainsi possiblement exercer des influences sur son environnement. Des recherches sur les possibles interactions et influencent entre ceux-ci pourraient être envisagées.

Myricaria germanica est un très bon indicateur de la dynamique alluviale d'un cours d'eau parce que ce taxon réagit finement aux périodes de crue et d'étiage. Il en est effectivement dépendant pour sa croissance, sa reproduction et *in fine* sa survie. Il ne supporte pas l'ombre qui peut être produite par les autres taxons ligneux aux croissances apicales plus importantes que les siennes, tels que les saules ou *Alnus incana*. De plus, ses graines ont besoin d'un substrat humide pour germer alors qu'adulte il tolère des périodes de sécheresse étendues. Les cours d'eau aux dynamiques alluviales intactes comprenant des crues, des étiages, du charriage, des dépôts de sédiments fins et des rives suffisamment larges sont ainsi indispensables à la survie de ce taxon en fort déclin et aujourd'hui menacé (SITZIA *et al.* 2021, p. 6–11, WOELLNER *et al.* 2021, p. 3). Des recherches futures sur *Myricaria germanica* pourraient ainsi être envisagées pour estimer son statut exact ainsi que la diversité génétique de ses populations qui influence la capacité du taxon à assurer sa descendance comme le suggère WOELLNER *et al.* (2021).

Proposition de mesures

De manière générale, les changements dans les régimes hydrologiques des rivières, comme la Sarine, ne suffisent parfois plus aux processus de l'action fluviale (érosion, transport et dépôt) (WARD *et al.* 2002) qui sont nécessaires au renouvellement des surfaces nues comme les bancs de galets et de sables et favorables aux groupements pionniers et typiquement alluviaux dont *Myricaria germanica* fait partie. Ceci est confirmé par le rapport de HANUS *et al.* (2014) avec des appréciations de charriage et de dynamique hydrologique fortement perturbées et des besoins de revitalisation grandement nécessaires pour les sites d'études sur la Sarine (HANUS *et al.* 2014, annexe 2). Le peu et le manque d'occurrences de *Myricaria germanica* sur la Singine et la Gérine, rivières censées avoir gardé une certaine intégrité écologique alluviale et très proches géographiquement, questionnent fortement, car dans certains cas, *M. germanica* colonise

des tronçons entiers de cours d'eau lorsque les conditions à son développement sont réunies comme sur la rivière Flaz (WOELLNER *et al.* 2021, p. 6).

Il s'agit aujourd'hui de redonner de la dynamique, sur tous les plans, aux cours d'eau. Une démarche était déjà proposée par GALLANDAT *et al.* (1993, p. 95–108) pour la gestion à long terme de ces écosystèmes. Ici, quelques pistes sont proposées et rappelées. Les débris ligneux aident à la rétention de matériel pouvant créer de petits terrassements dans le cours d'eau (îles ou bancs de galets et sables). Ceci favorise la capacité des végétaux pionniers à s'installer sur de nouvelles surfaces, comme le font *Myricaria germanica* ou des saules. Les alluvions fines, particulièrement, sont donc nécessaires et ne doivent pas être retirées ou retenues. Les extractions de graviers ou les barrages sont à prohiber ou des mesures adéquates doivent être mises en œuvre pour assurer un fonctionnement suffisant du système fluvial. Des quotas maximums d'extraction ou des lâcher de sédiments à l'amont des cours d'eau peuvent être envisagés. Ceci pourrait être le cas pour la Gérine qui possède un substrat plutôt grossier comparativement à la Singine. Les barrages empêchent les fluctuations hydrologiques naturelles d'opérer et ceci ne laisse pas les crues mettre à nu de nouvelles surfaces et d'y déposer les alluvions par exemple. C'est typiquement le cas sur la Sarine qui est ponctuée par de multiples ouvrages de retenue.

L'espace latéral des cours d'eau est très important pour leur dynamique alluviale. Il faut ainsi démanteler, dans la mesure du possible, les digues et les berges artificielles abruptes qui empêchent les cours d'eau de s'étaler et de créer des surfaces pionnières et planes idéales pour la végétation alluviale et indispensables à l'intégrité écologique des cours d'eau.

Remerciements

Pour la publication de cet article, l'auteur tient à remercier le comité de la Société botanique de Genève et tout particulièrement Bernard Schaetti, rédacteur de *Saussurea*, ainsi que Ian Bennett, webmaster et mise en page, pour cette belle gratification. Il remercie également Emmanuel Castella et Patrice Prunier pour leur supervision, collaboration et aide incontournable. Il n'oublie pas non plus Alice Padlewski avec son soutien enthousiaste et constant, merci du fond du cœur !

Bibliographie

- BONIN, L., A. EVETTE, P.-A. FROSSARD, P. PRUNIER, D. ROMAN, N. VALÉ, F. LIÉBAULT, P. MÉRIAUX, M. VENNETIER, C. ZANETTI, C., J.-B. BARRÉ, P. CAVAILLÉ & F. ESPINASSE (2013). *Génie végétal en rivière de montagne—Connaissances et retours d'expériences sur l'utilisation d'espèces et de techniques végétales : Végétalisation de berges et ouvrages bois*. Géni'Alp, 318 p.
- CHYTRÝ, M. (2014). *Plant diversity analysis and synthesis centre (Pladias)—Database of the Czech flora and vegetation*. URL : <http://www.pladias.cz>
- DE CÁCERES, M., M. CHYTRÝ, F. AGRILLO, F. ATTORRE, Z. BOTTA-DUKÁT, J. CAPELO, B. CZÚCZ, J. DENGLER, J. EWALD, D. FABER-LANGENDOEN, E. FEOLI, S. B. FRANKLIN, R. GAVILÁN, F. GILLET, F. JANSEN, B. JIMÉNEZ-ALFARO, P. KRESTOV, F. LANDUCCI, A. LENGYEL, S. K. WISER (2015). A comparative framework for broad-scale plot-based vegetation classification. *Applied Vegetation Science*, 18(4), pp. 543–560 URL : <https://doi.org/10.1111/avsc.12179>
- DELARZE, R., Y. GONSETH, S. EGGENBERG & M. VUST (2015). *Guide des milieux naturels de Suisse* (3e éd.). Rossolis, 435 p.
- DUPONT, R. A. (2022). *Evolution des communautés de saules en zone alluviale active des Préalpes fribourgeoises (1958–2020)* [Travail de Master]. Institut des Sciences de l'Environnement ISE, Université de Genève UniGe, 109 p.
- FIAMOZZI, E. (2018). *Les saules du bassin versant du Haut-Rhône français, quel potentiel pour le génie végétal?* [Travail de Bachelor]. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève HEPIA, 160 p.
- GALLANDAT, J.-D., J.-M. GOBAT & C. ROULIER (1993). Cartographie des zones alluviales d'importance nationale—Rapport et annexes. *Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage OFEFP*, 199, 284 p.
- GREET, J., J. A. WEBB & R. D. COUSENS (2011a). The importance of seasonal flow timing for riparian vegetation dynamics: A systematic review using causal criteria analysis : Effects of seasonal flow timing on riparian flora. *Freshwater Biology*, 56(7), pp. 1231–1247 URL : <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02564.x>
- GREET, J., J. A. WEBB & B. J. DOWNES (2011b). Flow variability maintains the structure and composition of in-channel riparian vegetation : Within-channel flow variability sustains riparian plants. *Freshwater Biology*, 56(12), pp. 2514–2528 URL : <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2011.02676.x>
- HANUS, E., C. ROULIER, G. PACCAUD, L. BONNARD & Y. FRAGNIÈRE (2014). *Besoins de valorisation des zones alluviales d'importance nationale—Assainissement du charriage, des débits résiduels, des éclusées. Revitalisation*. Office fédéral de l'environnement OFEV.
- HUBER, L. (2017). *Characterization of alpine willow shrublands and ecological engineering perspectives. Report and Appendices* [Mémoire de master]. Haute école du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève HEPIA, 66 p. et annexes et typologie.
- INFOFLORA. (2022). *Centre national de données et d'informations sur la flore de Suisse*. Infoflora. URL : <https://www.infoflora.ch/> [consulté le 27.04.2022].
- KALNÍKOVÁ, V., K. CHYTRÝ, C. BIŤA-NICOLAE, F. BRACCO, X. FONT, D. IAKUSHENKO, Z. KAČKI, H. KUDRNOVSKY, F. LANDUCCI, P. LUSTYK, D. MILANOVIĆ, J. ŠIBÍK, U. ŠILC, A. K. UZIĘBŁO, M. VILLANI, M., & M. CHYTRÝ (2020). Vegetation of the European mountain river gravel bars : A formalized classification. *Applied Vegetation Science*, 24(1), 27 p. URL : <https://doi.org/10.1111/avsc.12542>
- KARRENBERG, S., P. J. EDWARDS & J. KOLLMAN (2002). The life history of Salicaceae living in the active zone of floodplains. *Freshwater Biology*, 47, pp. 733–748
- LANDOLT, E., B. BAÜMLER, A. ERHARDT, O. HEGG, F. KLÖTZLI, W. LÄMMLER, M. NOBIS, K. RUDMANN-MAURER, F. H. SCHWEINGRUBER, J.-P. THEURILLAT, E. URMI, M. VUST & T. WOHLGEMUTH (2010). *Flora indicativa* (2e éd.). Haupt Verlag, Bern, 376 p.
- LAWSON, J. R., K. A. FRYIRS, T. LENZ, & M. R. LEISHMAN (2015). Heterogeneous flows foster heterogeneous assemblages: Relationships between functional diversity and hydrological heterogeneity in riparian plant communities. *Freshwater Biology*, 60(11), pp. 2208–2225. URL : <https://doi.org/10.1111/fwb.12649>
- MEDDOUR, R. (2011). *La méthode phytosociologique sigmatiste ou Braun-Blanqueto-Tüxenienne*. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou Algérie, Sciences Biologiques et Agronomiques, 40 p.
- MERRITT, D. M., M. L. SCOTT, N. L. POFF, G. T. AUBLE & D. A. LYTLE (2010). Theory, methods and tools for determining environmental flows for riparian vegetation: Riparian vegetation-flow response guilds : Riparian vegetation-hydrologic models. *Freshwater Biology*, 55(1), pp. 206–225. URL : <https://doi.org/10.1111/j.1365-2427.2009.02206.x>
- MOOR, M. (1958). *Pflanzengesellschaften schweizerischer Flussauen* [Thèse de doctorat]. Institut suisse de recherches forestières, Basel, pp. 221–360
- MUCINA, L., G. GRABHERR & S. WALLNÖFER (1993). *Die Pflanzengesellschaften Österreichs* (3e, Teil III, Wälder und Gebüsche éd.). Fischer, Jena, 353 p.

- OBERDORFER, E. (1992). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften* (2e, Teil IV, Wälder und Gebüsche éd.). G. Fischer, Jena, 282 p.
- OBERDORFER, E. (1962). *Pflanzensoziologische Exkursionsflora für Süddeutschland und die angrenzenden Gebiete* (2e élargie Aufl.). E. Ulmer, Stuttgart, 987 p.
- POTT, R. (1995). *Die Pflanzengesellschaften Deutschlands* (2e éd.). E. Ulmer, Stuttgart, 427p.
- PRUNIER, P., F. GREULICH, C. BÉGUIN, A. BOISSEZON, R. DELARZE, O. HEGG, F. KLÖTZLI, R. PANTKE, J. STEFFEN, P. STEIGER & P. VITTOZ (2019). *PhytoSuisse : Un référentiel pour les associations végétales de Suisse*. V4. Infoflora. URL : <https://www.infoflora.ch/fr/milieux/phytosuisse.html> [consulté le 10.05.2022].
- ROULIER, C. (1998). *Typologie et dynamique de la végétation des zones alluviales de Suisse* [Thèse de doctorat]. Université de Neuchâtel, 138 p. et annexes.
- SCHUBERT, R., W. HILBIG & S. KLOTZ (2010). *Bestimmungsbuch der Pflanzengesellschaften Deutschlands* (2e éd.). Spektrum Akademie Verlag, Heidelberg, 472 p.
- SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT SEN. (2008). *Qualité hydrobiologique—La Gérine* (p. 2). Etat de Fribourg.
- SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT SEN. (2009). *Qualité hydrobiologique—La Haute Sarine* (p. 2). Etat de Fribourg.
- SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT SEN. (2010). *Qualité hydrobiologique—La Singine* (p. 2). Etat de Fribourg.
- SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT SEN. (2013). *Monitoring de la Gérine*. Etat de Fribourg.
- SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT SEN. (2015). *Monitoring de la Haute-Sarine*. Etat de Fribourg.
- SERVICE DE L'ENVIRONNEMENT SEN. (2016). *Monitoring de la Singine*. Etat de Fribourg.
- SITZIA, T., H. KUDRNOVSKY, N. MÜLLER & B. MICHIELON (2021). Biological flora of Central Europe : *Myricaria germanica* (L.) Desv. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 52, 16 p. URL : <https://doi.org/10.1016/j.ppees.2021.125629>
- THEURILLAT, J., W. WILLNER, F. FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, H. BÜLTMANN, A. ČARNI, D. GIGANTE, L. MUCINA & H. WEBER (2021). International Code of Phytosociological Nomenclature. 4th edition. *Applied Vegetation Science*, 24(1), 62 p. URL : <https://doi.org/10.1111/avsc.12491>
- TOCKNER, K. & J. A. STANFORD (2002). *Riverine flood plains: Present state and future trends*. , *Environmental Conservation*, 29(3), pp. 308–330. URL : <https://doi.org/10.1017/S037689290200022X>
- WARD, J. V., K. TOCKNER, D. B. ARSCOTT & C. CLARET (2002). Riverine landscape diversity. *Freshwater Biology*, 47, pp. 517–539
- WEBER, E. (2013). *Plantes invasives de Suisse*. Rossolis, 224 p.
- WOELLNER, R., C. SCHEIDEGGER & S. FINK (2021). Gene flow in a highly dynamic habitat and a single founder event : Proof from a plant population on a relocated river site. *Global Ecology and Conservation*, 28, 12 p. URL : <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2021.e01686>
- ZEH WEISSMANN, H., C. KÖNITZER & A. BERTILLER (2009). Ecomorphologie des cours d'eau suisses. Etat du lit, des berges et des rives. Résultats des relevés écomorphologiques. *Office fédéral de l'environnement OFEV*, 0928, 100 p.



Annexe 1: relevé type ger7plas

Projet et observateur	master richard arthur dupont
Rivière concernée	Gérine
Identité du relevé	ger7plas
unité correspondante	1.1
Lieu du relevé	Plasselb
Date	8/8/2020
Altitude	786m
Coordonnées CH1903/LV03	584'995/176'284
Surface	108m ²
Description floristico-écologique	cordon arbustif élevé sur petit terrassement abrupt
Physionomie	fourré
Recouvrements	
Strate arborée	0%
Strate arbustive	95%
Strate herbacée	50%
Litière	10%
Roche	40%
Sol nu	0%
Eau libre	5%
Hauteurs (min-max)	
Strate arborée	
Strate arbustive	3-6m
Strate herbacée	0.1-0.7m
/B strate arborée, /S strate arbustive, pas d'indication strate herbacée	
<i>Salix elaeagnos</i> Scop. /S	4
<i>Populus nigra</i> aggr. /S	3
<i>Salix daphnoides</i> Vill. /S	2
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P. Beauv.	1
<i>Buddleja davidii</i> Franch. /S	1
<i>Clematis vitalba</i> L.	1
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) P. Beauv.	1
<i>Galium album</i> Mill.	1
<i>Plantago lanceolata</i> L.	1
<i>Salix elaeagnos</i> Scop.	1
<i>Stachys sylvatica</i> L.	1
<i>Tussilago farfara</i> L.	1
<i>Buddleja davidii</i> Franch.	+
<i>Campanula cochleariifolia</i> Lam.	+
<i>Cirsium oleraceum</i> (L.) Scop.	+
<i>Elymus caninus</i> (L.) L.	+
<i>Fragaria vesca</i> L.	+
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	+
<i>Geranium robertianum</i> L.	+
<i>Heracleum sphondylium</i> L.	+
<i>Hieracium murorum</i> aggr.	+
<i>Holcus lanatus</i> L.	+
<i>Impatiens glandulifera</i> Royle	+
<i>Leucanthemum vulgare</i> aggr.	+
<i>Melilotus albus</i> Medik.	+
<i>Mentha longifolia</i> (L.) Huds.	+
<i>Picris hieracioides</i> L. subsp. hieracioides	+
<i>Plantago major</i> L.	+
<i>Populus nigra</i> aggr.	+
<i>Rubus caesius</i> L.	+
<i>Rubus idaeus</i> L.	+
<i>Salix daphnoides</i> Vill.	+
<i>Taraxacum officinale</i> aggr.	+
<i>Trifolium pratense</i> L.	+

Annexe 2 : Tableau synthétique commun

	groupe 1	unité 1.1	unité 1.2	unité 1.3		groupe 2	unité 2.1	unité 2.2
Altitude (m)	795.75	848.6	743.429	889.4		646.5	720	615
Recouvrements (%)								
Strate arborée	0.00	0.01	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00
Strate arbustive	0.69	0.74	0.71	0.59		0.42	0.00	0.60
Strate herbacée	0.32	0.53	0.24	0.31		0.51	0.40	0.55
Litière	0.18	0.18	0.19	0.14		0.13	0.10	0.14
Roche	0.26	0.29	0.25	0.26		0.28	0.48	0.19
Sol nu	0.24	0.02	0.30	0.28		0.09	0.02	0.12
Eau libre	0.00	0.01	0.00	0.01		0.00	0.00	0.00
	classes de fréquence					classes de fréquence		
Strate arborée					Strate arbustive			
<i>Alnus incana</i>	I	II			<i>Salix alba</i>	IV		V
Strate arbustive					<i>Salix elaeagnos</i>	III		IV
<i>Salix daphnoides</i>	V	V	V	V	<i>Buddleja davidii</i>	II		II
<i>Salix elaeagnos</i>	V	V	V	V	<i>Salix fragilis</i>	II		II
<i>Salix purpurea</i>	V	IV	V	V	<i>Salix purpurea</i>	II		II
<i>Alnus incana</i>	IV	V	III	V	<i>Alnus incana</i>	I		I
<i>Buddleja davidii</i>	III	V	II	III	<i>Clematis vitalba</i>	I		I
<i>Myricaria germanica</i>	II		II	V	<i>Lonicera xylosteum</i>	I		I
<i>Populus nigra</i>	I	II	I		<i>Salix daphnoides</i>	I		I
<i>Salix alba</i>	I	II	I		<i>Salix triandra</i>	I		I
<i>Acer pseudoplatanus</i>	I	II			<i>Ulmus glabra</i>	I		I
<i>Betula pendula</i>	I	II			Strate herbacée			
<i>Rosa sp.</i>	I	II			<i>Impatiens glandulifera</i>	V	V	V
<i>Salix appendiculata</i>	I	II			<i>Elymus caninus</i>	IV	V	III
<i>Corylus avellana</i>	I		I		<i>Geranium robertianum</i>	IV	V	III
<i>Frangula alnus</i>	I		I		<i>Galeopsis tetrahit</i>	IV	V	III
<i>Lonicera xylosteum</i>	I		I		<i>Galium album</i>	IV	V	III
<i>Populus alba</i>	I		I		<i>Plantago lanceolata</i>	IV	V	III
<i>Rhamnus cathartica</i>	I		I		<i>Holcus lanatus</i>	IV	V	III
<i>Ulmus glabra</i>	I		I		<i>Tussilago farfara</i>	IV	IV	IV
<i>Salix aurita x cinerea</i> (cf. <i>multinervis</i>)	I			II	<i>Epilobium hirsutum</i>	IV	IV	III
<i>Salix caprea x cinerea</i>	I			II	<i>Deschampsia cespitosa</i>	IV	IV	III
Strate herbacée					<i>Rumex obtusifolius</i>	IV	IV	III
<i>Salix elaeagnos</i>	V	V	V	V	<i>Rubus caesius</i>	IV	II	IV
<i>Galium album</i>	V	V	IV	V	<i>Mentha spicata</i>	IV	II	IV
<i>Tussilago farfara</i>	IV	V	IV	V	<i>Cirsium oleraceum</i>	III	V	II
<i>Rubus caesius</i>	IV	V	IV	IV	<i>Lotus corniculatus</i>	III	V	II
<i>Elymus caninus</i>	IV	V	III	V	<i>Plantago major</i>	III	V	I
<i>Daucus carota</i>	IV	IV	IV	V	<i>Mycelis muralis</i>	III	V	I
<i>Cirsium oleraceum</i>	IV	IV	III	V	<i>Sonchus asper</i>	III	V	I
<i>Acer pseudoplatanus</i>	III	V	III	IV	<i>Agrostis gigantea</i>	III	IV	III
<i>Buddleja davidii</i>	III	V	III	II	<i>Melilotus albus</i>	III	IV	III
<i>Plantago lanceolata</i>	III	V	II	V	<i>Daucus carota</i>	III	IV	III
<i>Agrostis gigantea</i>	III	V	II	III	<i>Buddleja davidii</i>	III	IV	III
<i>Leucanthemum vulgare</i>	III	V	I	V	<i>Dactylis glomerata</i>	III	IV	II
<i>Alnus incana</i>	III	IV	III	V	<i>Salix elaeagnos</i>	III	IV	II
<i>Sanguisorba minor</i>	III	IV	III	III	<i>Acer pseudoplatanus</i>	III	IV	II
<i>Fragaria vesca</i>	III	IV	II	V	<i>Medicago lupulina</i>	III	IV	II
<i>Carex flacca</i>	III	IV	II	V	<i>Taraxacum officinale</i> aggr.	III	IV	II
<i>Deschampsia cespitosa</i>	III	IV	II	III	<i>Salix alba</i>	III	II	III
<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>hieracioides</i>	III	III	III	V	<i>Solidago gigantea</i>	III		IV
<i>Salix daphnoides</i>	III	III	III	IV	<i>Equisetum arvense</i>	III		III
<i>Melilotus albus</i>	III	III	III	III	<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>	II	V	
<i>Lotus corniculatus</i>	III	III	III	III	<i>Conyza canadensis</i>	II	IV	I
<i>Taraxacum officinale</i> aggr.	III	III	II	V	<i>Erigeron annuus</i>	II	IV	I
<i>Salix purpurea</i>	III	II	III	IV	<i>Hypericum perforatum</i>	II	IV	I
<i>Clematis vitalba</i>	II	V	II	III	<i>Impatiens noli-tangere</i>	II	IV	I
<i>Fraxinus excelsior</i>	II	V	II	III	<i>Sanguisorba minor</i>	II	IV	I
<i>Campanula cochleariifolia</i>	II	V	I	II	<i>Silene vulgaris</i>	II	IV	I
<i>Geranium robertianum</i>	II	IV	II	III	<i>Lactuca serriola</i>	II	IV	

	groupe 3	unité 3.1	unité 3.2		unité 4
Altitude (m)	788.6	800.1	777.0		559.7
Recouvrements (%)					
Strate arborée	0.66	0.68	0.64		0.65
Strate arbustive	0.37	0.46	0.29		0.22
Strate herbacée	0.55	0.66	0.44		0.82
Litière	0.23	0.17	0.28		0.12
Roche	0.08	0.09	0.08		0.00
Sol nu	0.13	0.07	0.18		0.07
Eau libre	0.01	0.01	0.01		0.00
	classes de fréquence				classes de fréquence
Strate arborée				Strate arborée	
<i>Alnus incana</i>	V	V	IV	<i>Salix alba</i>	V
<i>Salix elaeagnos</i>	V	IV	V	<i>Alnus incana</i>	IV
<i>Fraxinus excelsior</i>	II	III	I	<i>Salix elaeagnos</i>	II
<i>Ulmus glabra</i>	II	III	I	<i>Acer pseudoplatanus</i>	II
<i>Picea abies</i>	I	II	I	<i>Alnus glutinosa</i>	II
<i>Salix caprea</i>	I	II	I	<i>Fagus sylvatica</i>	II
<i>Salix alba</i>	I	II		Strate arbustive	
<i>Salix daphnoides</i>	I	I	II	<i>Cornus sanguinea</i>	II
<i>Salix purpurea</i>	I	I	II	<i>Salix alba</i>	II
<i>Acer pseudoplatanus</i>	I	I	I	<i>Acer pseudoplatanus</i>	II
<i>Fagus sylvatica</i>	I	I	I	<i>Alnus incana</i>	II
<i>Salix appendiculata</i>	I	I		<i>Corylus avellana</i>	II
<i>Clematis vitalba</i>	I		I	<i>Euonymus europaeus</i>	II
<i>Populus nigra</i>	I		I	<i>Fagus sylvatica</i>	II
<i>Populus tremula</i>	I		I	<i>Humulus lupulus</i>	II
<i>Sorbus aria</i>	I		I	<i>Lonicera xylosteum</i>	II
<i>Sorbus aucuparia</i>	I		I	<i>Prunus sp.</i>	II
Strate arbustive				<i>Rubus fruticosus</i>	II
<i>Alnus incana</i>	V	V	IV	<i>Salix daphnoides</i>	II
<i>Salix elaeagnos</i>	IV	IV	IV	<i>Salix elaeagnos</i>	II
<i>Cornus sanguinea</i>	IV	III	IV	<i>Viburnum opulus</i>	II
<i>Acer pseudoplatanus</i>	III	III	III	Strate herbacée	
<i>Lonicera xylosteum</i>	III	III	III	<i>Rubus fruticosus</i>	IV
<i>Corylus avellana</i>	II	III	II	<i>Phalaris arundinacea</i>	IV
<i>Salix caprea</i>	II	III		<i>Brachypodium sylvaticum</i>	IV
<i>Fraxinus excelsior</i>	II	II	II	<i>Impatiens glandulifera</i>	IV
<i>Picea abies</i>	II	II	II	<i>Equisetum arvense</i>	IV
<i>Salix alba</i>	II	II	II	<i>Galium album</i>	IV
<i>Salix daphnoides</i>	II	II	II	<i>Carex cf. acutiformis</i>	II
<i>Salix purpurea</i>	II	II	II	<i>Carex pendula</i>	II
<i>Ulmus glabra</i>	II	II	II	<i>Nasturtium officinale</i>	II
<i>Viburnum opulus</i>	II	II	II	<i>Rubus caesius</i>	II
<i>Salix appendiculata</i>	II	II	I	<i>Acer pseudoplatanus</i>	II
<i>Acer campestre</i>	I	II	I	<i>Aegopodium podagraria</i>	II
<i>Viburnum lantana</i>	I	II	I	<i>Calamagrostis epigejos</i>	II
<i>Euonymus europaeus</i>	I	II		<i>Circaea lutetiana</i>	II
<i>Clematis vitalba</i>	I	I	II	<i>Cornus sanguinea</i>	II
<i>Crataegus monogyna</i>	I	I	II	<i>Corylus avellana</i>	II
<i>Fagus sylvatica</i>	I	I	I	<i>Deschampsia cespitosa</i>	II
<i>Rosa sp.</i>	I	I	I	<i>Dryopteris filix-mas</i>	II
<i>Salix myrsinifolia</i>	I	I	I	<i>Elymus caninus</i>	II
<i>Cornus sericea</i>	I	I		<i>Epilobium hirsutum</i>	II
<i>Frangula alnus</i>	I	I		<i>Fagus sylvatica</i>	II
<i>Philadelphus coronarius</i>	I	I		<i>Filipendula ulmaria</i>	II
<i>Populus nigra</i>	I	I		<i>Glechoma hederacea</i>	II
<i>Rubus fruticosus</i>	I	I		<i>Humulus lupulus</i>	II
<i>Rubus idaeus</i>	I	I		<i>Juncus effusus</i>	II
<i>Salix triandra</i>	I	I		<i>Lythrum salicaria</i>	II
<i>Sambucus nigra</i>	I	I		<i>Myosoton aquaticum</i>	II
<i>Buddleja davidii</i>	I		II	<i>Poa compressa</i>	II
<i>Calystegia sepium</i>	I		I	<i>Polygonum persicaria</i>	II
<i>Hedera helix</i>	I		I	<i>Prunus sp.</i>	II

	groupe 1	unité 1.1	unité 1.2	unité 1.3		groupe 2	unité 2.1	unité 2.2
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	II	IV	II	II	<i>Chaenorrhinum minus</i>	II	IV	
<i>Picea abies</i>	II	IV	I	II	<i>Clematis vitalba</i>	II	IV	
<i>Hieracium murorum</i> aggr.	II	IV	I	II	<i>Hypochaeris radicata</i>	II	IV	
<i>Centaurea jacea</i> subsp. <i>jacea</i>	II	IV		III	<i>Leucanthemum vulgare</i>	II	IV	
<i>Dactylis glomerata</i>	II	III	II	IV	<i>Polygonum aviculare</i>	II	IV	
<i>Hypericum perforatum</i>	II	III	II	III	<i>Populus nigra</i>	II	IV	
<i>Potentilla erecta</i>	II	III	I	III	<i>Senecio vulgaris</i>	II	IV	
<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>hispidus</i>	II	II	III		<i>Solanum dulcamara</i>	II	IV	
<i>Medicago lupulina</i>	II	II	II	IV	<i>Veronica beccabunga</i>	II	IV	
<i>Trifolium</i> sp.	II	II	II	IV	<i>Nasturtium officinale</i>	II	II	II
<i>Conyza canadensis</i>	II	II	II	III	<i>Polygonum persicaria</i>	II	II	II
<i>Valeriana officinalis</i>	II		II	IV	<i>Eupatorium cannabinum</i>	II	II	II
<i>Solanum dulcamara</i>	II		II	III	<i>Salix purpurea</i>	II	II	II
<i>Mentha spicata</i>	II		II	III	<i>Glechoma hederacea</i>	II	II	II
<i>Equisetum arvense</i>	II		II	III	<i>Alnus incana</i>	II	II	II
<i>Hieracium piloselloides</i>	II		II	III	<i>Trifolium</i> sp.	II	II	II
<i>Cornus sanguinea</i>	II		II		<i>Urtica dioica</i>	II	II	II
<i>Myricaria germanica</i>	II		I	IV	<i>Echinochloa crus-galli</i>	II	II	II
<i>Rubus idaeus</i>	I	IV		II	<i>Epilobium</i> cf. <i>roseum</i>	II	II	II
<i>Mentha longifolia</i>	I	IV			<i>Fraxinus excelsior</i>	II	II	II
<i>Holcus lanatus</i>	I	III	I		<i>Brachypodium sylvaticum</i>	II	II	I
<i>Trifolium pratense</i>	I	III	I		<i>Stachys sylvatica</i>	II	II	I
<i>Viola</i> sp.	I	III		II	<i>Ulmus glabra</i>	II	II	I
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	I	III			<i>Aegopodium podagraria</i>	II	II	I
<i>Angelica sylvestris</i>	I	II	II		<i>Alliaria petiolata</i>	II	II	I
<i>Stachys sylvatica</i>	I	II	I	III	<i>Barbarea vulgaris</i>	II	II	I
<i>Trifolium medium</i>	I	II	I	III	<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>hispidus</i>	II	II	I
<i>Vicia cracca</i>	I	II	I	II	<i>Ranunculus acris</i>	II	II	I
<i>Alchemilla vulgaris</i> aggr.	I	II	I	II	<i>Setaria viridis</i>	II	II	I
<i>Calamagrostis varia</i>	I	II	I	II	<i>Trifolium medium</i>	II	II	I
<i>Plantago major</i>	I	II	I	II	<i>Valeriana officinalis</i>	II	II	I
<i>Populus nigra</i>	I	II	I	II	<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	II		III
<i>Calamagrostis epigejos</i>	I	II	I		<i>Festuca arundinacea</i>	II		III
<i>Impatiens glandulifera</i>	I	II	I		<i>Cornus sanguinea</i>	II		II
<i>Mycelis muralis</i>	I	II	I		<i>Angelica sylvestris</i>	II		II
<i>Ajuga reptans</i>	I	II	I		<i>Carex flacca</i>	II		II
<i>Festuca arundinacea</i>	I	II	I		<i>Filipendula ulmaria</i>	II		II
<i>Lycopus europaeus</i>	I	II	I		<i>Mentha aquatica</i>	II		II
<i>Phleum pratense</i> aggr. (cf. <i>bertolonii</i>)	I	II	I		<i>Phalaris arundinacea</i>	II		II
<i>Sonchus asper</i>	I	II	I		<i>Ranunculus repens</i>	II		II
<i>Salix caprea</i>	I	II		II	<i>Cirsium vulgare</i>	I	II	
<i>Salix appendiculata</i>	I	II		II	<i>Achillea millefolium</i>	I	II	
<i>Lathyrus pratensis</i>	I	II		II	<i>Agrostis stolonifera</i>	I	II	
<i>Veronica officinalis</i>	I	II		II	<i>Anthyllis vulneraria</i>	I	II	
<i>Veronica urticifolia</i>	I	II		II	<i>Arrhenatherum elatius</i>	I	II	
<i>Aster</i> cf. <i>novi-belgii</i>	I	II			<i>Campanula cochleariifolia</i>	I	II	
<i>Briza media</i>	I	II			<i>Centaurea cyanus</i>	I	II	
<i>Epilobium</i> cf. <i>roseum</i>	I	II			<i>Cerastium tomentosum</i>	I	II	
<i>Heracleum sphondylium</i>	I	II			<i>Chenopodium album</i>	I	II	
<i>Knautia dipsacifolia</i>	I	II			<i>Crepis capillaris</i>	I	II	
<i>Melica nutans</i>	I	II			<i>Cynosurus cristatus</i>	I	II	
<i>Ranunculus acris</i>	I	II			<i>Diploaxis muralis</i>	I	II	
<i>Saxifraga aizoides</i>	I	II			<i>Euphorbia lathyris</i>	I	II	
<i>Sorbus aucuparia</i>	I	II			<i>Euphorbia myrsinites</i>	I	II	
<i>Trifolium hybridum</i>	I	II			<i>Euphorbia platyphyllos</i>	I	II	
<i>Trifolium repens</i>	I	II			<i>Heracleum sphondylium</i>	I	II	
<i>Veronica serpillifolia</i>	I	II			<i>Impatiens balfourii</i>	I	II	
<i>Eupatorium cannabinum</i>	I		II		<i>Lapsana communis</i>	I	II	
<i>Cirsium arvense</i>	I		II		<i>Linaria vulgaris</i>	I	II	
<i>Betula pendula</i>	I		II		<i>Lolium perenne</i>	I	II	
<i>Fagus sylvatica</i>	I		II		<i>Mentha longifolia</i>	I	II	
<i>Petasites hybridus</i>	I		I	II	<i>Myosotis arvensis</i>	I	II	

Evolution des communautés de saules en zone alluviale active des Préalpes fribourgeoises (1958-2020)

	groupe 3	unité 3.1	unité 3.2		unité 4
<i>Prunus avium</i>	I		I	<i>Salix alba</i>	II
<i>Prunus padus</i>	I		I	<i>Saponaria officinalis</i>	II
<i>Rubus caesius</i>	I		I	<i>Solidago gigantea</i>	II
<i>Sorbus aria</i>	I		I	<i>Veronica beccabunga</i>	II
Strate herbacée					
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	V	V	V		
<i>Rubus caesius</i>	V	IV	V		
<i>Galium album</i>	IV	IV	IV		
<i>Cirsium oleraceum</i>	IV	IV	IV		
<i>Acer pseudoplatanus</i>	III	III	IV		
<i>Geranium robertianum</i>	III	III	III		
<i>Stachys sylvatica</i>	III	III	III		
<i>Alnus incana</i>	III	III	II		
<i>Elymus caninus</i>	III	III	II		
<i>Picea abies</i>	III	II	IV		
<i>Cornus sanguinea</i>	III	II	IV		
<i>Lonicera xylosteum</i>	III	II	IV		
<i>Fragaria vesca</i>	III	II	III		
<i>Filipendula ulmaria</i>	II	III	II		
<i>Deschampsia cespitosa</i>	II	III	II		
<i>Glechoma hederacea</i>	II	III	II		
<i>Petasites hybridus</i>	II	III	I		
<i>Dryopteris filix-mas</i>	II	III	I		
<i>Tussilago farfara</i>	II	II	III		
<i>Carex flacca</i>	II	II	III		
<i>Angelica sylvestris</i>	II	II	II		
<i>Aegopodium podagraria</i>	II	II	II		
<i>Festuca arundinacea</i>	II	II	II		
<i>Sanguisorba minor</i>	II	II	II		
<i>Mentha spicata</i>	II	II	II		
<i>Chaerophyllum hirsutum</i>	II	II	II		
<i>Lotus corniculatus</i>	II	II	II		
<i>Valeriana officinalis</i>	II	II	II		
<i>Leucanthemum vulgare</i>	II	II	II		
<i>Phalaris arundinacea</i>	II	II	II		
<i>Urtica dioica</i>	II	II	I		
<i>Fraxinus excelsior</i>	II	I	III		
<i>Salix elaeagnos</i>	II	I	III		
<i>Salix daphnoides</i>	II	I	II		
<i>Crataegus monogyna</i>	II	I	II		
<i>Fagus sylvatica</i>	II	I	II		
<i>Buddleja davidii</i>	II	I	II		
<i>Mercurialis perennis</i>	I	II	I		
<i>Acer campestre</i>	I	II	I		
<i>Agrostis gigantea</i>	I	II	I		
<i>Rubus idaeus</i>	I	II			
<i>Impatiens noli-tangere</i>	I	II			
<i>Galeopsis tetrahit</i>	I	II			
<i>Dactylis glomerata</i>	I	II			
<i>Epilobium hirsutum</i>	I	II			
<i>Impatiens glandulifera</i>	I	II			
<i>Melica nutans</i>	I	II			
<i>Melilotus albus</i>	I	II			
<i>Mycelis muralis</i>	I	II			
<i>Ranunculus repens</i>	I	II			
<i>Rosa sp.</i>	I	II			
<i>Salix caprea</i>	I	II			
<i>Vicia sepium</i>	I	II			
<i>Viburnum lantana</i>	I	I	II		
<i>Epilobium cf. roseum</i>	I	I	II		
<i>Eupatorium cannabinum</i>	I	I	II		
<i>Hypericum perforatum</i>	I	I	II		
<i>Vicia sp.</i>	I	I	II		
<i>Equisetum arvense</i>	I	I	I		
<i>Salix purpurea</i>	I	I	I		
<i>Calamagrostis varia</i>	I	I	I		

	groupe 1	unité 1.1	unité 1.2	unité 1.3		groupe 2	unité 2.1	unité 2.2
<i>Ranunculus repens</i>	I		I	II	<i>Myosoton aquaticum</i>	I	II	
<i>Achillea millefolium</i>	I		I	II	<i>Oenothera biennis</i> aggr.	I	II	
<i>Barbarea vulgaris</i>	I		I	II	<i>Papaver rhoeas</i>	I	II	
<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	I		I	II	<i>Pastinaca sativa</i>	I	II	
<i>Crepis capillaris</i>	I		I	II	<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>hieracioides</i>	I	II	
<i>Epilobium angustifolium</i>	I		I	II	<i>Poa compressa</i>	I	II	
<i>Erigeron annuus</i>	I		I	II	<i>Poa pratensis</i>	I	II	
<i>Rosa</i> sp.	I		I	II	<i>Polygonum lapathifolium</i> subsp. <i>lapathifolium</i>	I	II	
<i>Silene vulgaris</i>	I		I	II	<i>Reseda lutea</i>	I	II	
<i>Ulmus glabra</i>	I		I	II	<i>Robinia pseudoacacia</i>	I	II	
<i>Euphorbia cyparissias</i>	I		I		<i>Rumex acetosa</i>	I	II	
<i>Erucastrum nasturtiifolium</i>	I		I		<i>Salix triandra</i>	I	II	
<i>Artemisia vulgaris</i>	I		I		<i>Scrophularia nodosa</i>	I	II	
<i>Oenothera biennis</i> aggr.	I		I		<i>Senecio erucifolius</i>	I	II	
<i>Cirsium vulgare</i>	I		I		<i>Setaria pumila</i>	I	II	
<i>Echium vulgare</i>	I		I		<i>Stellaria media</i>	I	II	
<i>Saponaria officinalis</i>	I		I		<i>Trifolium pratense</i>	I	II	
<i>Senecio jacobea</i>	I		I		<i>Veronica persica</i>	I	II	
<i>Solidago gigantea</i>	I		I		<i>Viola tricolor</i>	I	II	
<i>Verbascum lychnitis</i>	I		I		<i>Carex pendula</i>	I		I
<i>Vicia</i> sp.	I		I		<i>Lonicera xylosteum</i>	I		I
<i>Abies alba</i>	I		I		<i>Abies alba</i>	I		I
<i>Acer campestre</i>	I		I		<i>Artemisia vulgaris</i>	I		I
<i>Achnatherum calamagrostis</i>	I		I		<i>Betula pendula</i>	I		I
<i>Amelanchier ovalis</i>	I		I		<i>Cirsium arvense</i>	I		I
<i>Anthyllis vulneraria</i>	I		I		<i>Cirsium</i> sp.	I		I
<i>Aster</i> cf. <i>x salignus</i>	I		I		<i>Corylus avellana</i>	I		I
<i>Calystegia sepium</i>	I		I		<i>Crataegus monogyna</i>	I		I
<i>Cardamine</i> sp.	I		I		<i>Euphorbia cyparissias</i>	I		I
<i>Clinopodium vulgare</i>	I		I		<i>Geum urbanum</i>	I		I
<i>Epilobium hirsutum</i>	I		I		<i>Hesperis matronalis</i>	I		I
<i>Festuca gigantea</i>	I		I		<i>Juncus effusus</i>	I		I
<i>Filipendula ulmaria</i>	I		I		<i>Juncus inflexus</i>	I		I
<i>Galeopsis tetrahit</i>	I		I		<i>Lycopersicon esculentum</i>	I		I
<i>Juncus articulatus</i>	I		I		<i>Picea abies</i>	I		I
<i>Knautia arvense</i>	I		I		<i>Plantago media</i>	I		I
<i>Larix decidua</i>	I		I		<i>Poa nemoralis</i>	I		I
<i>Lolium multiflorum</i>	I		I		<i>Portulaca oleracea</i>	I		I
<i>Mentha</i> sp.	I		I		<i>Primula acaulis</i>	I		I
<i>Origanum vulgare</i>	I		I		<i>Prunus padus</i>	I		I
<i>Phalaris arundinacea</i>	I		I		<i>Rosa</i> sp.	I		I
<i>Phragmites australis</i>	I		I		<i>Salix daphnoides</i>	I		I
<i>Poa compressa</i>	I		I		<i>Saponaria officinalis</i>	I		I
<i>Poa nemoralis</i>	I		I		<i>Viburnum lantana</i>	I		I
<i>Polygonum aviculare</i>	I		I		<i>Vicia</i> sp.	I		I
<i>Potentilla</i> sp.	I		I					
<i>Prunus padus</i>	I		I					
<i>Quercus</i> sp.	I		I					
<i>Salix alba</i>	I		I					
<i>Scrophularia nodosa</i>	I		I					
<i>Solidago canadensis</i>	I		I					
<i>Urtica dioica</i>	I		I					
<i>Viburnum lantana</i>	I		I					
<i>Vicia sepium</i>	I		I					
<i>Potentilla reptans</i>	I			II				
<i>Carum carvi</i>	I			II				
<i>Crataegus monogyna</i>	I			II				
<i>Rudbeckia hirta</i>	I			II				
<i>Rumex obtusifolius</i>	I			II				
<i>Salix myrsinifolia</i>	I			II				
<i>Saxifraga rotundifolia</i>	I			II				
<i>Teleckia speciosa</i>	I			II				

Evolution des communautés de saules en zone alluviale active des Préalpes fribourgeoises (1958-2020)

	groupe 3	unité 3.1	unité 3.2	unité 4
<i>Calystegia sepium</i>				
<i>Clematis vitalba</i>				
<i>Erigeron annuus</i>				
<i>Heracleum sphondylium</i>				
<i>Plantago major</i>				
<i>Taraxacum officinale</i> aggr.				
<i>Trifolium</i> sp.				
<i>Equisetum hyemale</i>				
<i>Rubus armeniacus</i>				
<i>Abies alba</i>				
<i>Agrostis stolonifera</i>				
<i>Alchemilla vulgaris</i> aggr.				
<i>Athyrium filix-femina</i>				
<i>Calamagrostis epigejos</i>				
<i>Carex montana</i>				
<i>Carex pendula</i>				
<i>Cirsium arvense</i>				
<i>Clinopodium vulgare</i>				
<i>Dipsacus fullonum</i>				
<i>Epilobium angustifolium</i>				
<i>Epilobium montanum</i>				
<i>Galeopsis ladanum</i>				
<i>Geum urbanum</i>				
<i>Melilotus officinalis</i>				
<i>Oxalis acetosella</i>				
<i>Polystichum aculeatum</i>				
<i>Potentilla erecta</i>				
<i>Ranunculus acris</i>				
<i>Reynoutria japonica</i>				
<i>Scrophularia nodosa</i>				
<i>Silene vulgaris</i>				
<i>Solidago canadensis</i>				
<i>Valeriana tripteris</i>				
<i>Veronica officinalis</i>				
<i>Veronica urticifolia</i>				
<i>Daucus carota</i>				
<i>Picris hieracioides</i> subsp. <i>hieracioides</i>				
<i>Leontodon hispidus</i> subsp. <i>hispidus</i>				
<i>Plantago lanceolata</i>				
<i>Viola</i> sp.				
<i>Frangula alnus</i>				
<i>Hedera helix</i>				
<i>Hippocrepis comosa</i>				
<i>Achillea millefolium</i>				
<i>Asarum europaeum</i>				
<i>Daphne mezereum</i>				
<i>Equisetum telmateia</i>				
<i>Equisetum variegatum</i>				
<i>Festuca gigantea</i>				
<i>Hieracium murorum</i> aggr.				
<i>Lathyrus pratensis</i>				
<i>Medicago lupulina</i>				
<i>Mentha aquatica</i>				
<i>Mentha</i> cf. <i>arvensis</i>				
<i>Paris quadrifolia</i>				
<i>Poa nemoralis</i>				
<i>Prunus avium</i>				
<i>Solanum dulcamara</i>				
<i>Solidago gigantea</i>				
<i>Sorbus aucuparia</i>				
<i>Trifolium medium</i>				

ISSN-: 0373-2525
52 : 1-196 (2024)

ISBN : 978-2-8278-0057-5

ISBN 978-2-8278-0055-1



9 782827 800551 >