

**Zeitschrift:** Saussurea : journal de la Société botanique de Genève  
**Herausgeber:** Société botanique de Genève  
**Band:** 31 (2000)

**Artikel:** Dynamique de la végétation des zones alluviales : exploration de différentes méthodes pour le suivi  
**Autor:** Kohler, Florian / Gillet, François / Roulier, Christian  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-1098849>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.04.2026

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

# Dynamique de la végétation des zones alluviales : exploration de différentes méthodes pour le suivi

Florian Kohler<sup>1</sup>, François Gillet<sup>1</sup>, Christian Roulier<sup>2</sup> & Franziska Teuscher<sup>3</sup>

## Résumé

KOHLER, F., F. GILLET, C. ROULIER, & F. TEUSCHER (2000). Dynamique de la végétation des zones alluviales : exploration de différentes méthodes pour le suivi. *Saussurea*, 31, p. 85 - 100

Cette recherche a été effectuée dans le but de comparer différentes méthodes de suivi de la végétation, propres à constituer un outil de vérification de l'application de l'Ordonnance fédérale sur la protection des zones alluviales d'importance nationale qui vise notamment le maintien ou le rétablissement de la faune et de la flore de ces milieux.

Les auteurs ont testé différentes méthodes d'analyse destinées à suivre la dynamique du système alluvial. Elles se basent sur des relevés floristiques effectués selon différents protocoles. La phytosociologie classique et la phytosociologie synusiale intégrée sont comparées. La surface des relevés et leur emplacement sont fixés selon diverses méthodes (photos aériennes, transects). Les relevés sont gérés dans une base de données phytocécologiques. Les unités de végétation sont diagnostiquées au moyen de clés de détermination et de calculs automatiques à divers niveaux d'approche correspondant, en phytosociologie synusiale, au syntaxon élémentaire, à l'association végétale, à la classe phytosociologique et enfin à l'homécie. De plus, les unités diagnostiquées sont cartographiées. Différents indices sont calculés sur la base des relevés (alluvialité, biodiversité, valeurs écologiques de Landolt).

En comparant l'ensemble des résultats, les auteurs concluent à la nécessité de baser le suivi d'un milieu tel que les zones alluviales sur des listes d'espèces extraites de placettes fixes (transect), bien que cette méthode nécessite un investissement en temps important.

## MOTS-CLÉS

suivi  
végétation  
zones alluviales  
dynamique  
phytosociologie classique  
phytosociologie synusiale intégrée

## KEYWORDS

monitoring  
vegetation  
alluvial zones  
dynamics  
classical phytosociology  
integrated synusial phytosociology

Recherche

<sup>1</sup> Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de Botanique, Université de Neuchâtel, Rue Émile-Argand 11, CH-2007 Neuchâtel, tél. : 032 718 22 69,

e-mail : florian.kohler@unine.ch et francois.gillet@unine.ch

<sup>2</sup> Service conseil Zones alluviales, Rue du Lac 6, CH-1400 Yverdon-les-Bains, tél. : 024 426 32 28,

e-mail : scza@bluewin.ch

<sup>3</sup> Auenberatungsstelle, Elisabethenstrasse 51, CH-3014 Bern, tél. : 031 331 38 41,

e-mail : auenberatung@naturaqua.ch



Figure 1 : La Singine à Plaffeien présente un cours ramifié. La forte dynamique génère un lit principal large et l'installation d'une mosaïque de communautés pionnières

### **Abstract**

KOHLER, F., F. GILLET, C. ROULIER, & F. TEUSCHER (2000). Vegetation dynamics in floodplains : exploration of different methods for monitoring. *Saussurea*, 31, p. 85 - 100.

This research was carried out with the aim of comparing different methods for the monitoring of the vegetation, in the framework of the application of the federal Ordinance on the protection of the alluvial zones of national importance. This Ordinance aims at the maintenance or the re-establishment of the fauna and the flora in floodplains. The authors have tested various methods of analysis, intended to follow vegetation dynamics and based on records of the floristic composition. Classical phytosociology and integrated synusial phytosociology have been compared. The surface of the relevés and their location were fixed according to various methods (aerial photographs, transects). The relevés were managed using a phytocological database. The vegetation units were diagnosed by means of keys of determination and automatic calculations on different aggregation levels, which correspond to synusial elementary syntaxa, association, class and homoeocy. Moreover, the diagnosed units were mapped. Various ecological indices were calculated : alluviality, biodiversity, indicator values of Landolt.

By comparing the whole of the results, the authors show the need for basing the monitoring of an environment such as floodplains on lists of species extracted from permanent surfaces aligned on a transect, although this method requires a significant investment in time.

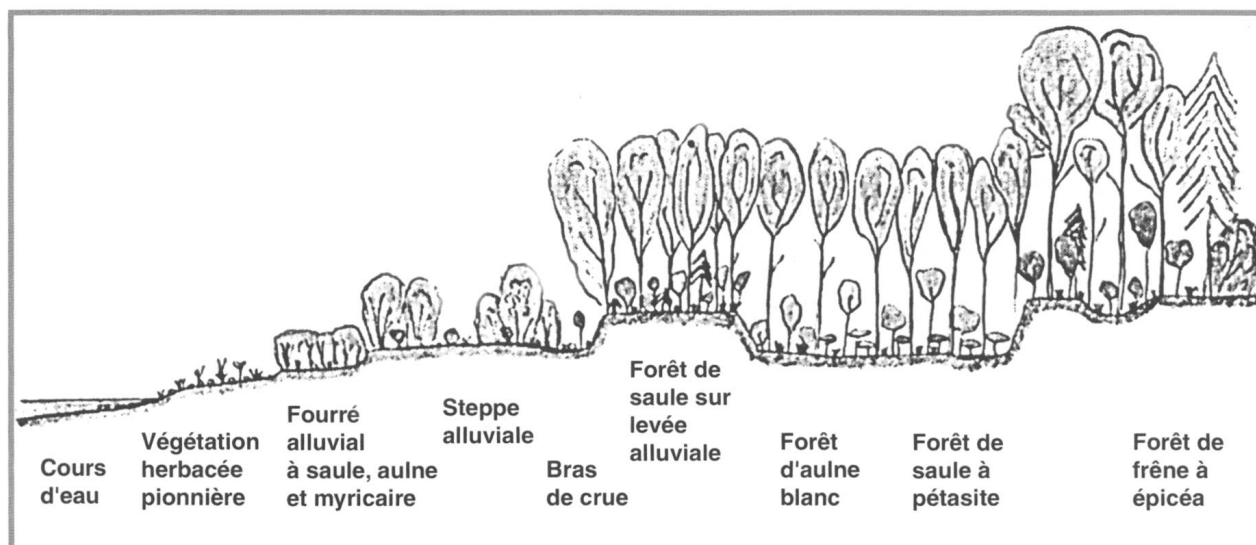


Figure 2 : Organisation de la végétation d'une zone alluviale intacte; exemple d'un transect sur la rive droite de la Singine à Plaffeien (adapté de Roulier et al., 1998)

## Introduction

### Les zones alluviales

Les zones alluviales sont des écosystèmes périodiquement ou épisodiquement inondés bordant les torrents, les rivières, les fleuves et les lacs, dans lesquels les racines des végétaux sont temporairement atteintes par une nappe phréatique à fortes fluctuations (Kuhn & Amiet, 1988) ; on rencontre ainsi en Suisse ce type de milieu à toutes les altitudes.

Nous nous intéresserons principalement dans cet article aux zones alluviales de bord de rivière.

La diversité floristique des zones alluviales est très élevée. Paradoxalement, celles-ci, bien qu'abritant la moitié des espèces de la flore suisse (Gallandat et al., 1993), ne comptent que peu d'espèces qui leur soient strictement liées. Par ailleurs, la diversité des communautés végétales est également élevée et la mosaïque végétale complexe en raison de l'imbrication de différents milieux.

La dynamique, ou plutôt les dynamiques, sont des éléments clés de ces milieux. C'est tout d'abord la dynamique exogène liée au cours d'eau (crues, charriage) qui provoque le rajeunissement des milieux et la mise en place de communautés pionnières (fig. 1). C'est aussi, la dynamique autogène qui caractérise toute communauté végétale tendant vers le stade climacique (ou climax). L'intensité des processus hydrauliques, variable selon le type de zone alluviale, définit le caractère pionnier ou climacique de la végétation. Une zone alluviale inactive (absence de crue,

ou de période d'inondation) perd progressivement son intérêt spécifique, contrairement à d'autres milieux où la stabilité est garante de la conservation du biotope (marais, prairies maigres).

Une zone alluviale intacte de l'étage montagnard inférieur du pied des Alpes présente théoriquement la zonation végétale suivante (Roulier, 1998) : cours d'eau - végétation herbacée pionnière - fourré de saule - aulnaie à *Alnus incana* - frênaie. À titre d'illustration, la situation décrite au bord de la Singine est présentée dans les figures 2 et 3.

### Contexte

L'Ordonnance sur la protection des zones alluviales d'importance nationale (OZA) est entrée en vigueur le 15 novembre 1992 (Confédération suisse, 1992). Elle vise à protéger les 169 objets d'importance nationale réunis dans un inventaire fédéral (Kuhn & Amiet, 1988) et couvrant 11'022 hectares.

La "conservation des objets intacts" constitue le but visé par la protection, de même que la "conservation et le développement de la flore et de la faune indigènes typiques des zones alluviales et des éléments écologiques indispensables à leur existence et (...) le rétablissement de la dynamique naturelle du régime des eaux et du charriage".

L'OZA contient également une série de mesures de protection et d'entretien pour atteindre les buts visés par la protection.

L'objectif du suivi général des zones alluviales d'importance nationale est de vérifier si les buts



Figure 3 : La zonation de la végétation alluviale (organisation spatiale des communautés végétales) est particulièrement visible et compréhensible dans une zone alluviale intacte comme celle de la Singine

fixés par l'Ordonnance sont atteints, en totalité ou en partie. Le suivi a également pour but de détecter des évolutions négatives, nécessitant des mesures correctives ; il constitue le garant que les moyens affectés à la protection des zones alluviales sont utilisés de manière judicieuse.

Compte tenu de la sensibilité des communautés végétales à l'égard des conditions du milieu et de son évolution, le suivi de la végétation constitue une base importante de la surveillance de l'état du milieu. Le suivi des communautés végétales débouche ainsi sur la détection précoce de leurs tendances évolutives.

C'est dans ce cadre que, mandatés par l'Office Fédéral de l'Environnement, des Forêts et du Paysage (OFEFP), les auteurs ont exploré différentes méthodes d'étude de la végétation. La recherche s'est effectuée sur deux saisons de terrain : en 1997 sur la Singine (FR) (Roulier et al., 1998) et en 1999 sur la Simme et l'Emme (BE) (Kohler et al., 2000).

Les méthodes s'intégreront dans un concept de suivi du biotope qui comprendra également le suivi de la faune et de la géomorphologie. Quant au suivi du biotope, il s'intégrera dans un concept général de suivi des zones alluviales, qui englobe également le suivi des mesures administratives, légales et techniques. Ce concept général se fonde sur une procédure mise au point par l'IDHEAP (Institut des hautes études en administration publique, Lausanne, Prof. Knoepfel). Elle a été testée dans le cadre d'un projet de recherche du Programme prioritaire Environnement du Fonds national pour la recherche scientifique (Baettig et al., 2000).

Cet article présente les différentes méthodes utilisées, leurs avantages et leurs inconvénients.

### Buts et exigences préalables

Notre but est de comparer différents procédés de suivi des zones alluviales d'importance nationale. Nous devons, dans une deuxième phase, mettre en place, en accord avec l'OFEFP, un outil permettant de contrôler l'effet des mesures de protection prises pour maintenir intacts les différents objets (Confédération Suisse, 1992).

Les investigations effectuées au cours des saisons de végétation 1997 et 1999 nous ont permis d'évaluer la pertinence de différentes méthodes de relevé pour le suivi de la végétation.

La mise en place de telles méthodes repose sur des exigences préalables. Ces méthodes doivent être adaptées à l'écosystème observé et à la problématique des zones alluviales. Dans le domaine de la botanique, elles relèvent principalement de l'étude des communautés végétales. Elles doivent être propres à décrire un état et à déceler les tendances évolutives. De plus, elles doivent être reproductibles dans l'espace et dans le temps et organisées en fonction du long terme (l'échelle de temps pertinente est au minimum de l'ordre de la décennie). Enfin, elles doivent, dans la mesure du possible, traduire nos résultats en termes généraux pour permettre des comparaisons entre des sites géographiquement éloignés, présentant des communautés végétales différentes en raison de la chorologie des espèces.

D'un point de vue opérationnel, nous privilégierons les méthodes présentant un rapport favorable entre le temps investi et la qualité des informations obtenues, ainsi qu'une application simplifiée et standard permettant à plusieurs opérateurs d'obtenir des résultats équivalents et comparables.

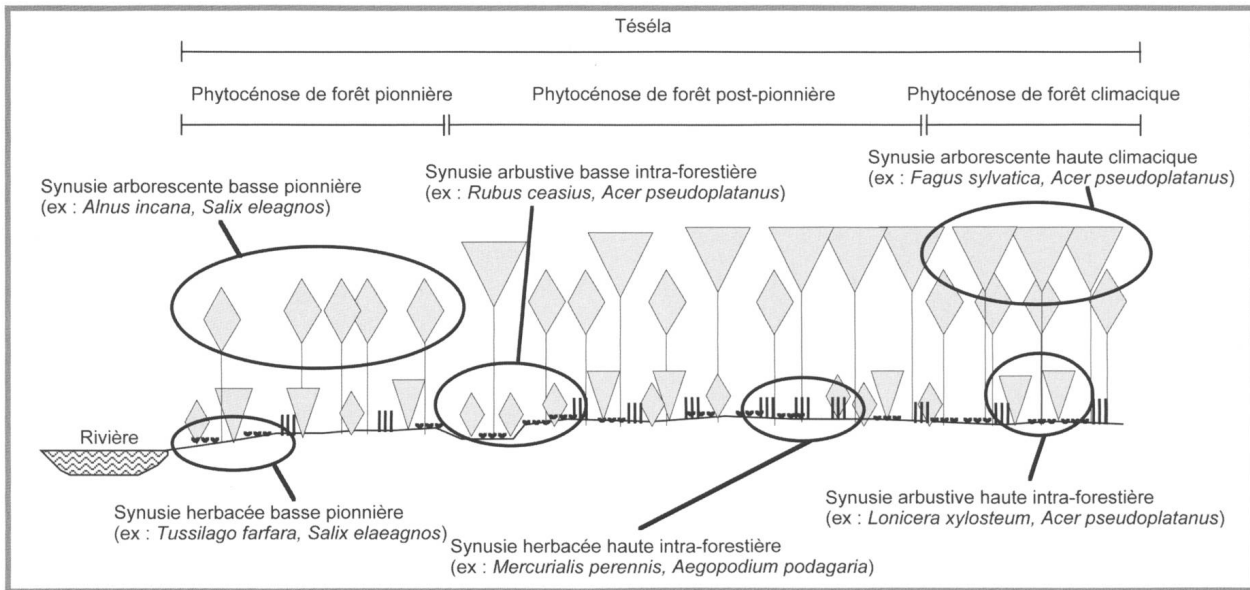


Figure 4 : Les trois premiers niveaux hiérarchiques de la phytosociologie synusiale intégrée; représentation semi-schématique d'un transect en zone alluviale (le niveau synusial est représenté par des exemples de situations de synusies)

## Méthodes

### Le relevé phytosociologique : deux concepts

Nous avons relevé la végétation selon deux concepts distincts, celui de la phytosociologie classique et celui de la phytosociologie synusiale intégrée, afin de définir lequel s'adapte le mieux à notre problématique.

La phytosociologie classique est communément appliquée pour décrire la végétation contenue dans les biotopes d'importance nationale. La méthode détaillée se basant sur des relevés de la végétation est exposée notamment dans l'ouvrage de Braun-Blanquet (1964).

La phytosociologie synusiale intégrée, déjà utilisée en milieu alluvial (Roulier & Werffeli, 1995 et Roulier, 1998), est conçue comme un perfectionnement de la phytosociologie classique. Son développement est récent (Gillet et al., 1991). Elle reconnaît quatre niveaux fondamentaux d'organisation : la synusie, la phytocénose, la téséla et la caténa. Nous nous intéresserons ici aux trois premiers niveaux, qui sont les plus pertinents à l'échelle à laquelle nous travaillons (fig. 4).

La synusie végétale est la communauté végétale élémentaire que l'on relève sur le terrain par une liste d'espèces ; elle est caractérisée par une composition floristique homogène, ainsi que par la forte représentation d'une stratégie adaptative, d'un type morphologique végétatif et d'un type biologique déterminés. À titre d'exemple, les figures 5 à 10 présentent quelques types de synusies.



Figure 5 : Synusie herbacée colonisatrice des graviers (*Melilotus albus*)



Figure 6 : Synusie intraforestière de hautes herbes hygro- et nitrophiles (*Petasites hybridus*)

La phytocénose est formée d'un complexe de synusies végétales organisées spatialement, temporellement et fonctionnellement. Une forêt, par exemple, est décrite comme un ensemble organisé de synusies muscinales, herbacées, arbustives et arborescentes présentant une dépendance écologique, génétique et dynamique. Dans un milieu en pleine dynamique comme les zones alluviales, la délimitation d'un tel complexe n'est pas toujours évidente, puisqu'il existe un grand nombre de situations de transition.

La téséla est définie comme un complexe de phytocénoses dérivant les unes des autres par des successions progressives ou régressives et correspondant à un même climax potentiel actuel. Dans notre cas, une téséla serait par exemple constituée du complexe : communauté pionnière des sédiments - fourré de saule - forêt d'aulne - forêt de frêne (Roulier, 1998).

Figure 7 : Synusie herbacée intraforestière des stations stables (*Mercurialis perennis*)

## Délimitation et relevé des surfaces d'échantillonnage : deux méthodes

### Les surfaces élémentaires

La méthode de délimitation et de relevé des surfaces élémentaires a été développée dans le cadre du suivi biologique des bas-marais (WSL & Topos, 1996). Les surfaces élémentaires sont délimitées par l'interprétation des photographies aériennes infrarouges à grande échelle (1 : 5000 ou 1 : 10'000) à l'aide d'un stéréoscope. Ces surfaces présentent une composition végétale de la strate supérieure, une hauteur et une structure homogènes ; elles sont délimitées par un trait sur un calque superposé à la photographie (voir fig. 13). Leur aire peut varier d'une centaine de mètres carrés à plusieurs hectares.

Durant la première campagne de terrain, nous avons relevé l'ensemble des espèces en parcourant toute l'aire de la surface élémentaire et en distinguant les strates arborescente, arbustive et herbacée.

Durant la deuxième saison (fig. 11), nous avons relevé l'ensemble des espèces de la strate arborescente de toute l'aire de la surface élémentaire. Par contre, les strates arbustive et herbacée sont échantillonnées autour d'un point situé approximative-

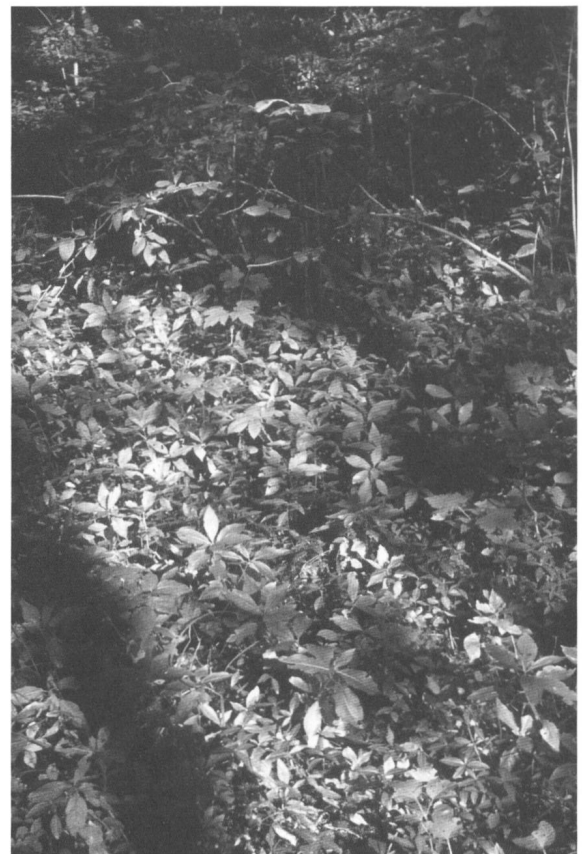




Figure 8 : Synusie herbacée pionnière xérophile (*Epipactis atrorubens*)

ment au centre de la surface élémentaire dans une placette circulaire de 4,88 m de rayon ( $S=75 \text{ m}^2$ ) pour la strate arbustive et de 2,82 m ( $S=25 \text{ m}^2$ ) pour la strate herbacée. L'aire des relevés (25 et 75  $\text{m}^2$ ) a été fixée après la saison de 1997, afin qu'elle soit assez grande pour être représentative de la végétation et suffisamment limitée pour être homogène. Les relevés sont effectués pour cette méthode selon les protocoles de la phytosociologie classique (Braun-Blanquet, 1964) et de la phytosociologie synusiale intégrée (Gillet et al., 1991 et Gillet, 2000).

Deux indices semi-quantitatifs (dominance - classes de recouvrement - agrégation - sociabilité) sont attribués à chaque espèce. Ceci est valable pour toutes les listes d'espèces, quelle que soit la méthode.

#### Les transects

Nous définissons un transect orienté perpendiculairement au cours d'eau. L'emplacement précis de ce dernier est fixé après examen de la carte de

végétation et de la photographie aérienne infrarouge, et suite à la visite détaillée de la zone, afin qu'il soit représentatif de la situation de la station.

Nous subdivisons le transect en bandes de 5 m de longueur dans lesquelles nous relevons la liste exhaustive des espèces herbacées sur une largeur de 5 m ( $S=25 \text{ m}^2$ ), des espèces arbustives sur une largeur de 15 m ( $75 \text{ m}^2$ ) et des espèces arborescentes sur une largeur de 25 m ( $125 \text{ m}^2$ ) (fig. 12). De plus, pour analyser plus finement la structure liée à la dynamique, nous subdivisons chaque strate en deux sous-strates sur la base de la hauteur de la végétation (tab. 1). Il s'agit d'une adaptation de la phytosociologie synusiale intégrée au suivi. La méthode d'origine (Gillet, 2000) laisse la liberté à l'observateur de fixer la hauteur et la surface des relevés selon l'aire minimale et la physionomie de la végétation. Des hauteurs (tab. 1), ainsi que des surfaces fixes (fig. 12) permettent de standardiser la méthode et ainsi d'obtenir une meilleure reproductibilité.

Les relevés sont donc effectués ici uniquement selon le protocole de la phytosociologie synusiale intégrée.



Figure 9 : Synusie arbustive colonisatrice des graviers (*Salix elaeagnos*, *S. daphnoides*)

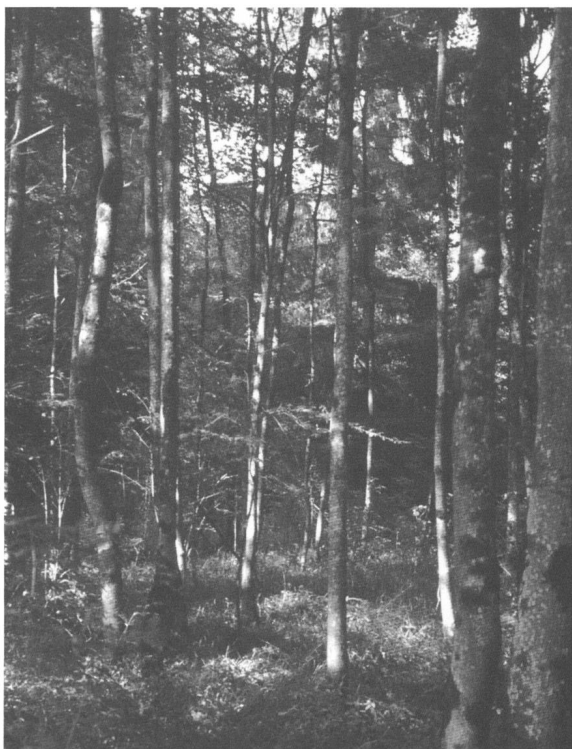


Figure 10 : Synusie arborescente post-pionnière  
(*Fraxinus excelsior*, *Acer pseudoplatanus*)

### Stockage et exploitation des données

Nous avons choisi comme outil de stockage à long terme des relevés de végétation la base de données phytoécologiques *Phytobase* (Gillet, 1999).

*Phytobase* a été développée avec le logiciel *4ème Dimension* par l'un d'entre nous, au Laboratoire d'écologie végétale de l'Université de Neuchâtel. Elle permet la saisie et la classification des relevés phytosociologiques, ainsi que le tri des relevés et l'édition de tableaux de végétation. De plus, *Phytobase* fournit pour chaque relevé un diagnostic écologique par l'intermédiaire des valeurs indicatrices de Landolt (1977) de chaque espèce et un diagnostic automatique de l'unité phytosociologique. *Phytobase* permet également de calculer des indices de biodiversité.

Nous travaillons avec deux versions de *Phytobase*. La première, développée pour les relevés phytosociologiques classiques, contient à titre de référence les 547 relevés classiques de la cartographie des zones alluviales (Gallandat et al., 1993). La deuxième, développée pour les relevés phytosociologique synusiaux, contient à titre de référence les 1139 relevés synusiaux de Roulier (1998). Les noms des syntaxons synusiaux se réfèrent à Julve (1993).

### Analyse des données

*Détermination des différentes unités de végétation : clés de détermination et diagnostics automatiques*

Nous avons testé deux clés directement sur le terrain pour déterminer les unités phytosociologiques. Les clés permettent d'éviter le relevé exhaustif de la végétation, ce qui se traduit par un gain de temps.

Pour les relevés phytosociologiques classiques, nous avons utilisé la clé ZONAL, mise en place lors de la cartographie des zones alluviales d'importance nationale (Gallandat et al., 1993). Pour les relevés phytosociologiques synusiaux, nous avons utilisé la clé élaborée par Jeannerat (1998).

À l'aide d'indices de similarité, *Phytobase* permet une diagnose automatique des relevés de végétation sur la base d'une typologie préexistante (Gallandat et al., 1993 pour les relevés classiques ; Roulier, 1998 pour les relevés synusiaux)

Chaque relevé est comparé aux relevés centroïdes des syntaxons élémentaires classiques (unités de cartographie) ou synusiaux. Le syntaxon élémentaire, unité de base en phytosociologie, est défini par un certain nombre de relevés regroupés lors de la phase de typologie. Le relevé centroïde est le relevé moyen de ce groupe de relevés.

Il existe deux diagnostics de base : le diagnostic standard et le diagnostic avec l'indice de caractérisation. Les calculs effectués par *Phytobase* pour établir ces deux diagnostics sont présentés dans l'encadré 1.

De plus, nous calculons un diagnostic avec un indice de fiabilité qui prend en compte les résultats des indices de similarité des deux diagnostics de base ci-dessus.

Il est évident que la qualité du diagnostic est dépendante du nombre de relevés contenus dans la base. Les indices sont ici calculés sur la base d'un grand nombre de relevés (voir "Stockage et exploitation des données").

Tableau 1 : Hauteurs prédéfinies des différentes strates

Nom de la strate	Hauteur prédéfinie
Arborescente haute (A)	15 m et +
Arborescente basse (a)	8 à 15 m
Arbustive haute (B)	2 à 8 m
Arbustive basse (b)	0,25 à 2 m
Herbacée haute (H)	0,25 et +
Herbacée basse (h)	0 à 0,25 m

Nous avons testé ces différents modes de calcul du diagnostic sur l'ensemble de nos relevés phytosociologiques.

### Les différents niveaux d'analyse

La classification phytosociologique est organisée en différents niveaux hiérarchiques. Nous avons analysé les relevés synusiaux à différentes "résolutions", afin de définir la plus pertinente.

Le **syntaxon élémentaire (SyE)** est le niveau fondamental de la phase opérationnelle de la typologie. Ce niveau est diagnostiqué à partir des listes d'espèces (voir point précédent). Les niveaux supérieurs sont déduits de celui-ci.

Dans la classification phytosociologique des zones alluviales, les SyE correspondent souvent à des sous-associations. Nous pouvons donc les réunir en **associations** qui sont les unités de base de la classification hiérarchique. À leur tour, les associations peuvent être agrégées dans des **classes** phytosociologiques. Nous avons écarté les niveaux intermédiaires que sont les alliances et les ordres.

Nous avons également analysé le niveau des classes directement à partir de la liste d'espèces, en construisant des spectres de classes (fig. 16). Le spectre est calculé à partir de la contribution (recouvrement relatif) des espèces caractéristiques de chaque classe dans le relevé phytosociologique. L'information contenue dans un tel spectre nous permet de mettre en valeur des groupes d'espèces peu représentés qui peuvent nous indiquer des tendances évolutives du milieu. Par exemple, la présence d'espèces des sous-bois mésophiles dans la strate herbacée annonce une tendance à la banalisation de la zone alluviale.

Nous avons finalement utilisé un autre niveau d'intégration, celui des **homécies**, qui découle de la démarche systémique. Une homécie réunit les SyE de physionomie comparable qui occupent une fonction écologique homologue dans différents systèmes phytocénétiques, indépendamment de leur composition floristique. Nous avons, pour la végétation des zones alluviales, trois à cinq types d'homécie selon la strate (Roulier, 1998) (tab. 2). Un peuplement d'*Alnus incana* et un peuplement de saules seront par exemple réunis dans l'homécie des synusies arborescentes pionnières.

Nous avons représenté les résultats des diagnostics des différents niveaux d'analyse sur une carte des surfaces élémentaires ou des transects. Cela nous permet également d'avoir une représentation synthétique et facile à lire de nos résultats.

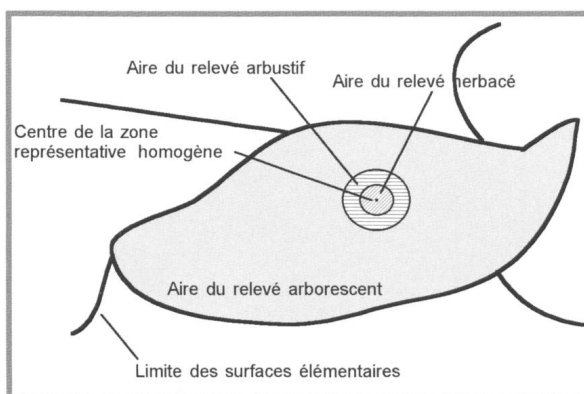


Figure 11 : Représentation schématique de la situation des différents relevés dans le cadre de la méthode des surfaces élémentaires

### Indices écologiques, de biodiversité et d'alluvialité

Nous avons calculé les valeurs des indices de Landolt (1977) pour les relevés effectués en 1997. Ces indices sont calculés en effectuant des moyennes, pondérées par le recouvrement des indices écologiques des espèces (Werffeli et al., 1997). Nous représentons ces différents indices sur des écogrammes ou sur des graphiques montrant leur variation le long des transects.

Nous avons aussi calculé deux indices de biodiversité. Il s'agit du nombre d'espèces (richesse floristique) et de l'équitabilité (Hill, 1973). L'équitabilité rend compte uniquement de la différence des indices de recouvrement des espèces dans

Recherche

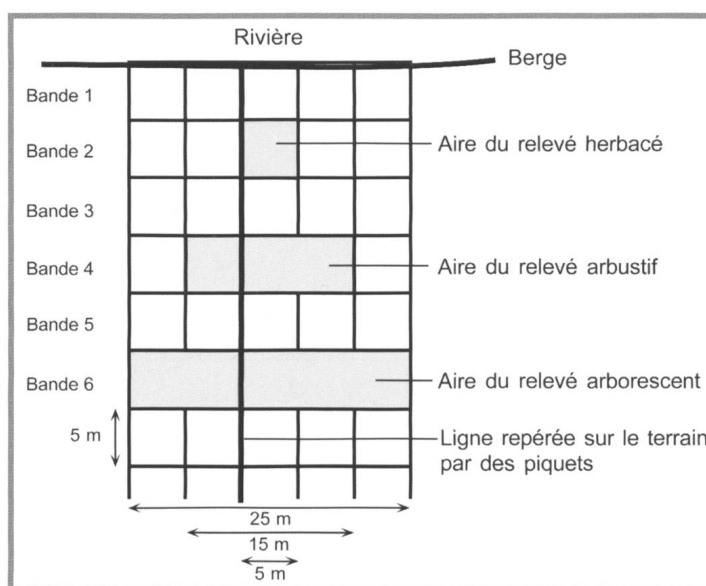


Figure 12 : Représentation schématique de quelques bandes du transect, ainsi que de l'aire des différents relevés

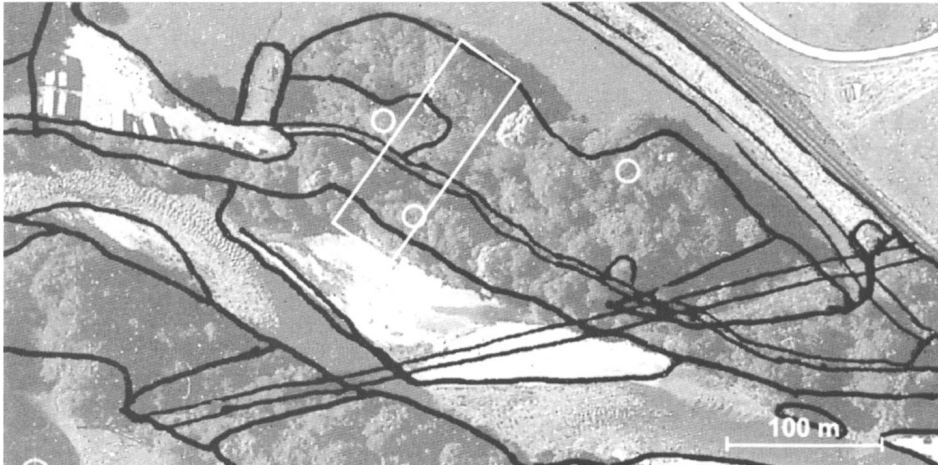


Figure 13 : Photographie aérienne du site de Wilerau avec les surfaces élémentaires (trait noir), l'emplacement du transect (rectangle blanc) et des relevés herbacés et arbustifs de surfaces élémentaires (ronds blancs)

le relevé. Un indice faible (proche de 0) indique de grandes différences de recouvrement ; un indice élevé (proche de 1) caractérise des recouvrements égaux de toutes les espèces. Nous analysons ici la variation des indices le long des transects.

Roulier et al. (1998) ont défini trois indices d'alluvialité qui ont pour but de fournir une appréciation synthétique de l'état de la végétation. Ces trois indices sont calculés à partir de la surface relative occupée par différents groupements végétaux (ex. : communauté pionnière, fourrés et forêt de bois tendre, forêts d'essences à bois dur) sur le transect.

## Résultats et discussion

### Sites étudiés

Pour appuyer les discussions, nous présentons ici quelques exemples des résultats obtenus en 1997 à Senseauen, le long de la Singine (FR), et en 1999 à

Wilerau, le long de la Simme (BE).

Senseauen constitue une des zones les plus étendues et les plus riches de notre pays (fig. 1). Elle fait partie des 20 % de zones alluviales encore intactes du point de vue du débit et du charriage (transport des sédiments).

Wilerau (fig. 13) est un site peu endigué de l'éta-gé montagnard. Cet objet constitue une zone alluviale dont le régime hydraulique est modifié par l'usage hydroélectrique de l'eau. Le débit résiduel de la rivière est égal à 0-20 % du débit naturel, ce qui permet l'établissement d'une végétation climacique.

### Les surfaces élémentaires

Nous avons effectué les relevés de végétation des surfaces élémentaires selon les deux protocoles, classique et synusial. Nous présentons, à titre d'exemple, une carte construite à partir des relevés phytosociologiques classiques (fig. 14). On observe sur celle-ci la

Tableau 2 : Différents types d'homécies selon Roulier (1998)

Type d'homécie		
Synusies arborescentes	Synusies arbustives	Synusies herbacées
Pionnière	Pionnière	Pionnière
Post-pionnière	Hygrophiles à mésophile	Hygrophile
Climacique	Mésophiles à xérocline	Sciaphile à mésophile
-	Palustre	Palustre
-	-	Xérocline

### Encadré 1. Calcul des diagnostics

L'indice de similarité du diagnostic standard (équation 1) se calcule à partir de la dominance  $D_{ir}$  (indice Braun-Blanquet transformé en recouvrement relatif) de l'espèce  $i$  dans le relevé testé  $r$  et de la dominance  $D_{ic}$  multipliée par la fréquence  $F_{ic}$  de l'espèce  $i$  pour le relevé centroïde  $c$ .

$$S_{rc} = \frac{2 \sum_{i=1}^{Nr \cap c} \min(D_{ir}; D_{ic} \cdot F_{ic})}{\sum_{i=1}^{Nr} (D_{ir}) + \sum_{i=1}^{Nc} (D_{ic} \cdot F_{ic})} \quad (1)$$

Pour le deuxième indice (diagnostic avec l'indice de caractérisation), la fréquence de l'espèce est remplacée par l'indice de caractérisation (IC). Cet indice quantitatif (équation 2) mesure la fidélité relative d'une espèce à un syntaxon élémentaire par rapport à l'ensemble des syntaxons contenus dans la base de données (entre 0 et 1). L'indice de caractérisation d'une espèce  $i$  dans le syntaxon  $j$  se calcule à partir de  $F_{ij}$ , la fréquence relative de l'espèce  $i$  dans le syntaxon  $j$ ,  $F_{ik}$ , la fréquence relative de l'espèce  $i$  dans le syntaxon  $k$ ,  $A_{ij}$ , la fréquence absolue de l'espèce  $i$  dans le syntaxon  $j$ ,  $A_{ik}$ , la fréquence absolue de l'espèce  $i$  dans le syntaxon  $k$ , et  $n$ , le nombre total de syntaxons dans lesquels l'espèce  $i$  est présente. Un indice élevé pour une espèce signifie que celle-ci est fidèle à un syntaxon élémentaire, c'est-à-dire qu'on ne la retrouve que très rarement dans les autres syntaxons. À l'inverse, une espèce avec un indice de caractérisation faible se retrouve dans un grand nombre de syntaxons élémentaires.

$$IC_{ij} = \frac{1}{2} \left( \frac{F_{ij}}{\sum_{k=1}^n F_{ik}} + \frac{A_{ij}}{\sum_{k=1}^n A_{ik}} \right) \quad (2)$$

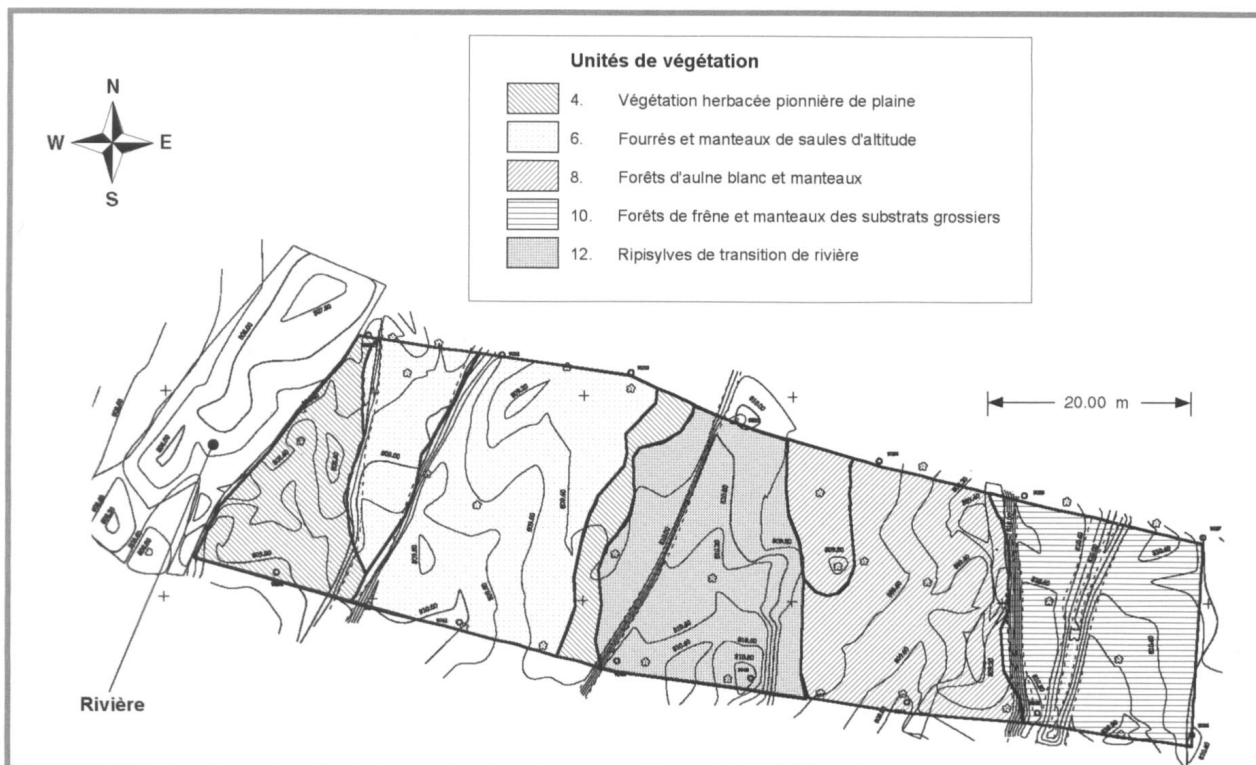


Figure 14 : Carte des surfaces élémentaires du transect de la rive droite de Senseauen illustrant le diagnostic de l'unité de végétation basée sur la classification de la phytosociologie classique (relevé topographique effectué par le Service de la protection de la nature du canton de Fribourg)

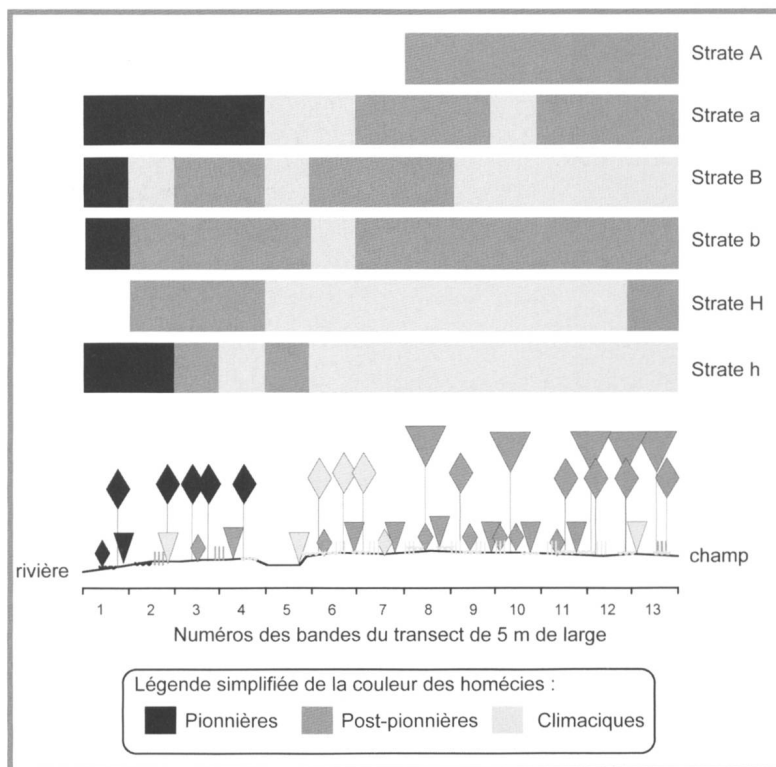


Figure 15 : Carte et représentation semi-schématique du transect sur le site de Wilerau illustrant les homécies dans les différentes strates (A et a : strates arborescentes haute et basse; B et b : strates arbustives haute et basse; H et h : strates herbacées haute et basse)

zonation entre la végétation herbacée pionnière (bord de la rivière) et la forêt de frêne.

La méthode des surfaces élémentaires, quel que soit le mode de relevé, a l'avantage d'être simple, rapide et standardisée, et d'être utilisée dans les autres biotopes d'importance nationale. L'aire du relevé est très grande et celui-ci présente une richesse spécifique élevée liée à l'effet de bordure. Les relevés perdent ainsi de leur spécificité. L'homogénéité des relevés est de plus rarement garantie. Durant la saison de terrain 1999, nous avons corrigé ce problème en limitant la surface des relevés arbustifs et herbacés. Les relevés sont ainsi plus représentatifs de la situation, mais nous perdons la standardisation puisque le choix de l'emplacement des placettes est dépendant de l'observateur.

L'aire des surfaces élémentaires est souvent trop importante pour déceler des changements qui ont lieu à une petite échelle, et les limites de celles-ci ne correspondent pas toujours aux limites des phytocénoses, ce qui pose des problèmes pour la détermination de l'unité de végétation.

De plus, le couvert végétal évoluant dans le temps, la délimitation des surfaces élémentaires sur les photos aériennes varie, et par là même l'emplacement des placettes. Il paraît difficile, dans ces conditions d'interpréter les changements dans la composition floristique de deux relevés distants dans le temps et n'étant pas issus de la même placette.

## Les transects

Durant la saison de terrain 1999, plusieurs transects ont été définis pour effectuer des relevés phytosociologiques synusiaux. Cette méthode est lourde puisqu'à Wilerau (fig. 13), le transect pris ici comme exemple présentait 13 bandes de 5 m de long, avec un maximum de 6 relevés par bande (2 relevés herbacés, 2 arbustifs et 2 arborescents), soit 70 relevés. Par contre, cette méthode est la plus standardisée. Une fois l'emplacement du transect fixé, l'observateur n'a plus de choix à faire. Cette méthode présente aussi une très grande pertinence pour le suivi puisque les comparaisons entre deux campagnes de terrain distantes dans le temps se fondent sur des relevés qui proviennent des mêmes placettes. De plus, le relevé de bandes contiguës de 5 m de long permet une analyse très complète et très fine de la situation.

Nous avons représenté le transect avec les diagnostics aux différents niveaux de résolution. Cela nous permet d'avoir une vue synthétique de la situation. La figure 15 présente la carte des résultats les homécies identifiées sur le transect de Wilerau. On observe que la première bande a un caractère pionnier. Seule la strate arborescente garde ce caractère jusqu'à la bande 4. Ceci est le signe que le débit de la rivière, en particulier lors des crues, n'est pas suffisant pour maintenir la végétation pionnière. On peut ici

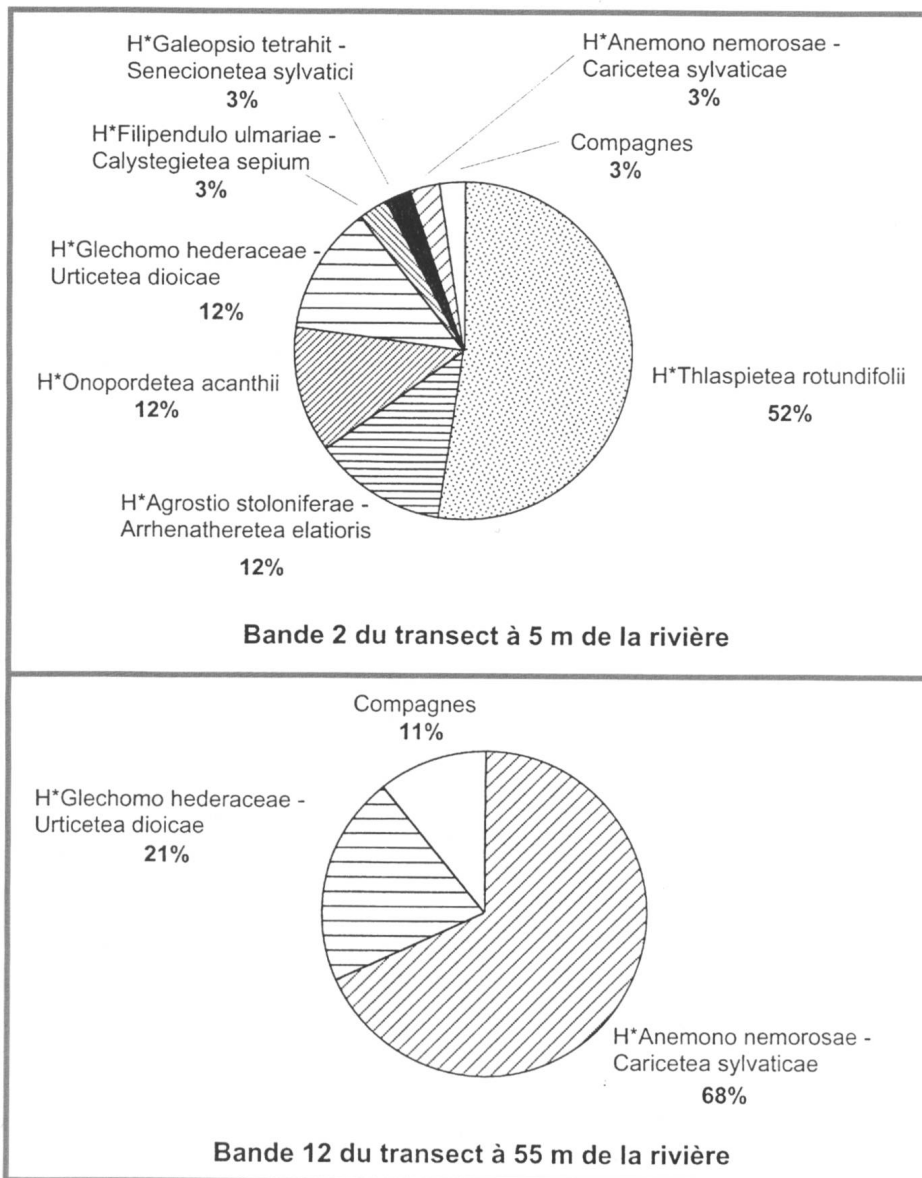


Figure 16 : Spectre de classes (strate herbacée basse) de deux bandes du transect du site de Wilerau. La bande 2 se situe près de la rivière et la bande 12 à l'autre extrémité du transect (voir fig. 15)

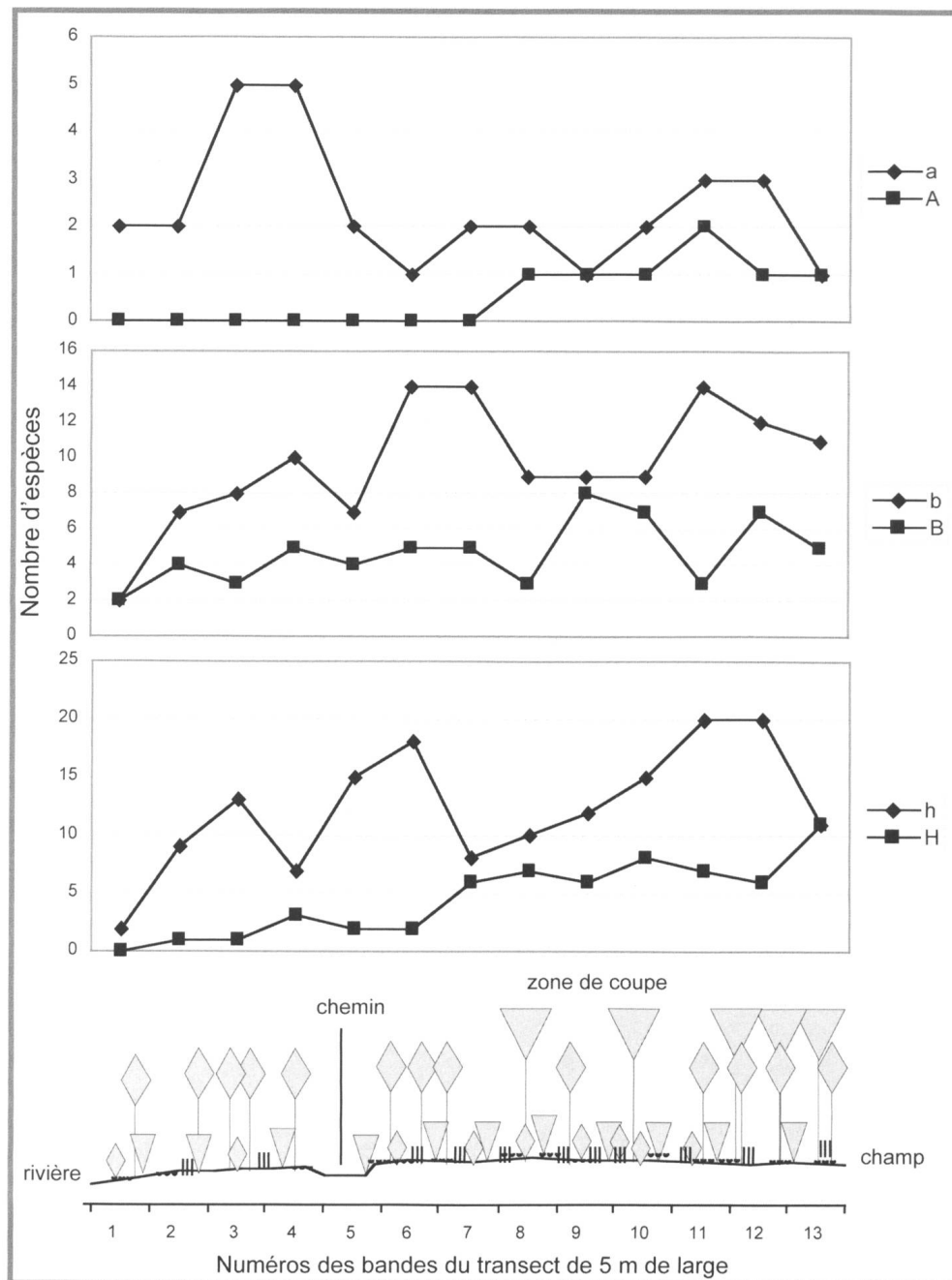
Recherche

prédire la disparition à moyen terme de la forêt d'*Alnus incana* (pionnière), puisque cette espèce et ses compagnes ne sont pas présentes dans les strates inférieures (arbustives) représentant la forêt de l'avenir. Ce phénomène est appelé décalage floristique, puisque la végétation des strates inférieures est à un stade de la succession plus avancé que les strates supérieures. Nous avons dans la bande 4 le cas typique d'un décalage floristique mis en évidence grâce à la phytosociologie synusiale intégrée ; par comparaison, ce phénomène n'apparaît pas dans la figure 14. Dans les bandes 6 à 12, la strate herbacée est de type climacique, alors que les autres strates sont majoritairement de type post-pionnier. La strate herbacée réagissant plus vite que les autres strates aux changements, on peut, dans ce site, conclure à une évolution de la

végétation vers le climax, qui ne pourrait être entravée que par une crue importante.

Dans la figure 16, la bande 2 (près de la rivière) du transect de Wilerau présente une prédominance de la classe des *Thlaspietea* qui colonise les alluvions d'une crue récente. Les autres classes sont de types très divers, ce qui indique une végétation en pleine dynamique, non encore stabilisée. Nous avons par exemple les *Agrostio - Arrhenatheretea* (prairies de fauche et près pâturés), les *Onopordetea* (groupements rudéraux), les *Filipendulo - Calystegietea* (mégaphorbiaies collinéennes) ou les *Galeopsio - Senecionetea* (groupements d'annuelles pionnières des clairières).

Par contre, dans la bande 12, nous avons une situation beaucoup plus stable avec une prédominance des *Anemono - Caricetea*, constituées d'espèces de



sous-bois mésophiles, et la présence importante des *Glechomo - Urticetea*, indiquant une eutrophisation du milieu (espèces des friches et ourlets nitrophiles).

### Phytosociologie classique ou phytosociologie synusiale intégrée

Nos comparaisons entre les deux modes de relevé (voir point précédent) nous permettent de conclure que la phytosociologie synusiale intégrée est plus à même de dépister de façon précoce les changements de la végétation que la phytosociologie classique.

En effet, au cours du temps, certaines synusies répondent plus rapidement que d'autres à un changement des conditions du milieu («inerties» différentes des synusies herbacées et des synusies arborescentes). La prise en compte séparée des différentes synusies des phytocénoses constitue donc ici un avantage décisif par rapport à la démarche classique qui ne distingue qu'un seul niveau d'approche.

### Clés de détermination et diagnostics automatiques

Les deux clés présentent des problèmes liés à l'objectivité du diagnostic. La complexité de la végétation

des zones alluviales rend difficile la conception de clés constituées uniquement de choix objectifs.

Par ailleurs, les clés, très utiles pour donner un diagnostic rapide et ponctuel d'une situation puisque ne nécessitant aucun relevé, posent des problèmes dans la perspective d'un suivi. En l'absence de relevé, la détermination d'une unité sur le terrain à l'aide d'une clé ne peut être remise en cause une fois qu'elle est établie. Par contre, un diagnostic établi à partir d'une liste d'espèces peut être revu par la suite si la classification évolue. La classification phytosociologique n'étant pas stable, il est très important de pouvoir faire évoluer les diagnostics en fonction des progrès de la recherche. La clé de détermination est un instrument figé, difficile à mettre à jour.

Les diagnostics automatiques à partir d'une base de données présentent l'avantage de l'objectivité, puisqu'ils dépendent de calculs d'indices de similarité. De plus, si le calcul de l'indice change, le diagnostic peut être refait de manière automatique sur l'ensemble des relevés stockés dans la base de données.

Le mode de calcul des diagnostics est à l'heure actuelle tout à fait satisfaisant. La concordance entre les résultats des différents indices est d'autant meilleure que le niveau d'analyse est élevé. Au niveau des classes, le diagnostic standard et le diagnostic avec l'indice de caractérisation présentent dans 90 % des cas un résultat identique.

### **Pertinence des différents niveaux d'analyse**

Le niveau des syntaxons élémentaires paraît peu pertinent, car l'identité des unités varie trop le long des transects. Les bandes voisines obtiennent rarement le même diagnostic. Le nombre de syntaxons élémentaires définis par Roulier (1998) est ici trop important dans notre perspective.

Par contre, les unités déterminées pour les classes synusiales présentent une très grande homogénéité le long des transects, surtout pour les strates arbustives et arborescentes. Ce niveau est probablement trop élevé pour observer des changements fins. Le niveau de l'association synusiale paraît ici un bon compromis en ce qui concerne la quantité d'information.

Le niveau des homécies (fig. 15) présente l'avantage d'être très simple et informatif. Son interprétation est facile même pour des non-spécialistes et un diagnostic sur la situation de l'objet peut être fait de manière rapide.

Les spectres de classes (fig. 16) sont plus compliqués à interpréter, mais sont très riches en informations. De plus, ils permettent une analyse très fine, puisque des groupes de plantes peu représentés appa-

raissent dans les analyses, ce qui n'est pas le cas pour les diagnostics. Dans la perspective d'un suivi, cela permet d'observer des changements fins qui annoncent des tendances de l'évolution de la végétation.

### **Indices écologiques, de biodiversité et d'alluvialité**

Les indices sont des compléments aux différents résultats présentés ci-dessus. Ils sont d'ailleurs calculés à partir des résultats des analyses précédentes. Ils permettent de suivre la dynamique de la végétation de manière synthétique.

Les indices écologiques constituent un outil simple et performant de détermination de la situation écologique de la station. Dans le cadre d'un suivi, ils pourraient permettre de faire l'économie des mesures directes de facteurs environnementaux. Par ailleurs, si l'on effectue des relevés phytosociologiques à intervalles réguliers et que l'on représente pour chaque étape du suivi une courbe de l'évolution des différents indices écologiques le long du transect, on peut, par simple superposition des courbes, émettre un diagnostic sur les tendances évolutives du milieu.

Le même raisonnement peut être reconduit pour les indices de biodiversité. Ils nous permettent de suivre globalement l'évolution de la végétation en perdant évidemment l'information sur l'écologie. Dans la figure 17, on observe que le nombre d'espèces herbacées est faible près de la rivière. Les fortes crues du printemps 1999 expliquent ce phénomène. On observe aussi que la zone de coupe est favorable pour la biodiversité de la strate arbustive. L'intérêt d'un tel graphique serait évidemment plus grand avec les données de plusieurs saisons de relevés, ce qui permettrait de mettre en évidence un appauvrissement ou un enrichissement du nombre d'espèces dans le temps et de le localiser sur le transect.

Les indices d'alluvialité, bien que présentant encore des problèmes de définition, permettraient de faire un diagnostic rapide des conditions de la végétation d'un site ou d'une partie du site.

### **Conclusion et suite des travaux**

Une récolte de données brutes selon des méthodes standardisées et reproductibles constitue la base d'un suivi fiable à long terme. Cette condition implique l'utilisation de méthodes relativement lourdes telles que celle du transect.

Il est envisageable de combiner les différentes méthodes en fonction du niveau d'approche désiré. Il serait possible de contrôler de manière fine seulement quelques sites et de manière plus globale les autres.

Les données synthétiques, comme celles des clés, ne donnent pas des résultats suffisamment fiables en raison de la complexité des situations rencontrées sur le terrain. Cela ne signifie pas qu'il faille abandonner les clés. La clé ZONAL a d'ailleurs déjà fait ses preuves dans le cadre de la cartographie à échelle moyenne (1 :5'000 à 1 :10'000).

Les acteurs qui appliqueront en routine et à long terme les différentes méthodes de suivi ne sont pas encore déterminés. Une répartition des tâches entre la Confédération et les cantons sera faite. Différents niveaux d'approche seront définis. Les méthodes présentées ci-dessus correspondent à une approche détaillée qui ne pourra être appliquée qu'à un nombre restreint d'objets représentatifs.

## Remerciements

Nous remercions les différentes personnes qui ont participé à cette étude : Jean-Daniel Jeannerat et Kathrin Peter, ainsi que Jean-Daniel Gallandat pour ses précieux conseils lors de la rédaction de l'article.

## Bibliographie

- BAETTIG, C., P. KNOEPFEL, K. PETER, C. BAECHTIGER & F. TEUSCHER (2000). *Politikbeobachtung im Naturschutz. Schlussbericht*. Module Biodiversité du Programme Prioritaire Environnement. FNRS.
- BRAUN-BLANQUET, J. (1964). *Pflanzensoziologie*. Wien. Springer.
- CONFÉDÉRATION SUISSE (1992). *Ordonnance sur la protection des zones alluviales d'importance nationale (Ordonnance sur les zones alluviales) du 28 octobre 1992*. RS 451.31.
- GALLANDAT, J.-D., GOBAT, J.-M. & ROULIER, CH. (1993). *Cartographie des zones alluviales d'importance nationale - Cahier de l'environnement n° 199*. Berne. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEPF). 112 p.
- GILLET, F. (1999). *Guide d'utilisation de Phytobase 5, base de données phytosociologiques*. Documents du Laboratoire d'Ecologie végétale, Institut de Botanique, Université de Neuchâtel.
- GILLET, F. (2000). *Guide méthodologique de la phytosociologie synusiale intégrée*. Documents du Laboratoire d'Ecologie végétale, Institut de Botanique, Université de Neuchâtel.
- GILLET, F., B. DE FOUCAULT & P. JULVE (1991). La phytosociologie synusiale intégrée: objets et concepts. *Candollea*, 46, p. 315 - 340.
- HILL, M. O. (1973). Diversity and evenness : a unifying notation and its consequences. *Ecology*, 54, p. 427 - 431.
- JEANNERAT, J.-D. (1998). *Clé de détermination des synusies des zones alluviales de Suisse*. Travail de diplôme, Université de Neuchâtel.
- JULVE, P. (1993). Synopsis phytosociologique de la France (communautés de plantes vasculaires). *Lejeunia*, 140, p. 1 - 160. Liège.
- KOHLER, F., F. GILLET, C. ROULIER & F. TEUSCHER (2000). *Suivi des zones alluviales, Suivi de la végétation, Travaux réalisés en 1999, Rapport intermédiaire*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.
- KUHN, N. & R. AMIET (1988). *Inventaire des zones alluviales d'importance nationale*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.
- LANDOLT, E. (1977). *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Zürich. *Veröff. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel Zürich*, 64, p. 1 - 208.
- ROULIER, C. (1998). Typologie et dynamique de la végétation des zones alluviales de Suisse. Vol. I : texte, tableaux, figures. Vol II : tableaux de végétation. *Matér. Levé Géobot. Suisse*, 72, p. 1 - 138.
- ROULIER, C., F. TEUSCHER, F. GILLET, J.-D. JEANNERAT & K. PETER (1998). *Suivi des zones alluviales, Suivi de la végétation, Travaux réalisés en 1997, Rapport intermédiaire*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.
- ROULIER C. ET WERFFELI B. (1995) «Intégrétrie pflanzensoziologische synusiale Methode und Untersuchung der Dynamik der Auenwälder der Schweiz». Stuttgart. Arch. Hydrobiol. Suppl. 101. Large Rivers 9. E. Schweizbart'sche Verlagsbuchhandlung, p. 357 - 365.
- WERFFELI, B., C. ROULIER & A. BUTTLER (1997). The methodology of integrated synusial phytosociology applied to a floodplain sector of the Sarine River, Switzerland. *Global Ecol. Biogeogr. Lett.*, 6, p. 237 - 245.
- WSL & TOPOS (1996). *Erfolgskontrolle Moorbiotop-schutz Schweiz, Teil Wirkungskontrolle interner, technischer Schlussbericht zum Pilotprojekt «Methodentests 1994-1995*. Erfolgskontrolle im Natur- und Landschaftschutz. Institut fédéral de recherches sur la forêt, la neige et le paysage, Birmensdorf.