

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 127 (2001)
Heft: 11

Artikel: Étude sur la revitalisation de cours d'eau dans le canton de Fribourg
Autor: Perrotet, Nathalie / Iorgulescu, Ion
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-80049>

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: 12.01.2026

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

Étude sur la revitalisation de cours d'eau dans le canton de Fribourg

(ENVIRONNEMENT)

Les rivières du plateau suisse représentent un formidable potentiel de revalorisation écologique encore sous-développé actuellement. Mais les modifications de la politique agricole d'une part, la nécessité de rénover certains aménagements dégradés d'autre part, favorisent l'apparition de projets d'envergure qui permettent de ramener à un état plus naturel le profil, voire le tracé de certaines rivières du plateau suisse. Plusieurs projets de revitalisation ont déjà été réalisés dans les Cantons d'Argovie (Wasserschloss, 1993), de Thurgovie, de Vaud, de Fribourg, et des Grisons. Dans le Canton de Zurich, un vaste programme a été mis sur pied sur dix ans (de 1987 à 1997), par exemple la Surb [10]¹.

Le présent article examine les conséquences d'une revalorisation écologique appliquée à certains tronçons d'un cours d'eau seulement, sans toucher au lit majeur globalement canalisé. Le rétablissement d'une dynamique plus naturelle du cours d'eau, son élargissement, la création de corridors écologiques et de refuges pour la faune tout en conservant sa fonction de protection contre les crues amènent-elles des améliorations sensibles des biocénoses?

Pour un suivi des projets de revitalisation

Les projets de revitalisation effectués sur de petits cours d'eau ayant rarement fait l'objet d'un suivi ultérieur, cette étude vient combler une lacune. Un tel suivi est en effet indispensable pour vérifier la réalisation des objectifs et affiner les

projets suivants sans reproduire d'éventuelles erreurs. Par exemple, il a été démontré que beaucoup d'interventions ont échoué, car les aspects géomorphologiques et hydrologiques n'ont pas été pris en compte dans la revitalisation [1]. Or le cours d'eau est un écosystème complexe, interconnecté à la rivière elle-même, aux plaines alluviales et à la nappe phréatique [12].

Une évaluation de cours d'eau revitalisés est effectuée sur des tronçons représentatifs (30 m) par rapport à la situation initiale et aux intentions du projet, sur la base de l'étude de leur morphologie, de la végétation, des paramètres physico-chimiques et de la faune (macroinvertébrés et poissons). Une identification des points forts/faibles des revitalisations effectuées, quelques suggestions d'amélioration et une évaluation de la méthode utilisée sont en outre proposées.

Matériels et méthodes

Le travail a été réalisé en septembre-octobre 2000 sur trois cours d'eau du canton de Fribourg (fig. 1), qui matérialisent différents projets de revitalisation (tableau I).

Sur le Chandon (près de Payerne), seul un secteur de 300 m a été touché par l'intervention; un tronçon représentatif de la situation initiale peut donc être pris comme référence et comparé à un tronçon revitalisé [9].

Le cours d'eau de la Bibera (entre Morat et Fribourg) permet une comparaison dans le temps en examinant des tronçons revitalisés à différentes époques [8].

¹ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

Cours d'eau	Le Chandon	La Bibera	L'Arignon
Bassin versant	40 km ²	55 km ²	75 km ²
Altitude moy.	563 m	530 m	542 m
Morphologie	canal drainé et curé	tracé rectiligne en canal	boisé, en partie endigué
Longueur amén.	300 m	env. 7 km	env. 4 km
Objectif principal	protection contre les crues	protection contre les crues	protection contre les crues
Objectifs 2°	reconstruire passage sous route, réaménager/revitaliser	reconstituer le profil en long	restauration bassin versant, augm. biodiversité faune et flore
Date de l'amén.	hiver 99-00	plusieurs étapes, de 1993 à 2000	1995

Tableau I: Caractéristiques des trois cours d'eau

Fig. 1: Situation des cours d'eau étudiés

Fig. 2: Modules d'étude

Tableau II: Synoptique de la classification des cours d'eau, tiré de la brochure de l'OFEG/OFEFP (1998)

Tableau III: Résultats écomorphologiques sur le Chandon

Quant à la revitalisation de l'Arignon (près d'Estavayer-le-Lac), elle correspond à un projet de grande envergure inscrit dans le cadre des compensations écologiques à la construction de l'autoroute Yverdon-Morat [2 et 3].

Présentation des modules utilisés

Le principe de la méthode d'évaluation est basé sur la brochure de l'OFEG/OFEFP [7] qui propose des méthodes d'analyse partielles (modules) au moyen de paramètres abiotiques et biotiques. Parmi les différentes possibilités, les modules suivants ont été choisis (fig. 2).

Module Ecomorphologie

Un relevé des données structurelles dans le cours d'eau et sur les berges est effectué à l'aide de formulaires de relevés [6] afin d'observer une éventuelle différence avant/après revitalisation.

Module Végétation

Une cartographie des espèces présentes est effectuée pendant la période de végétation sur des transects transversaux aux cours d'eau. Les relevés s'effectuent sur des bandes larges de 1 m pour des rives type «surface ouverte», et larges de 5 m pour des rives type «forêt continue». Une analyse des groupes écologiques présents [4] permet de mettre en évidence si la végétation est typique ou non d'un cours d'eau et si l'on observe un effet de la revitalisation sur la richesse en espèces présentes.

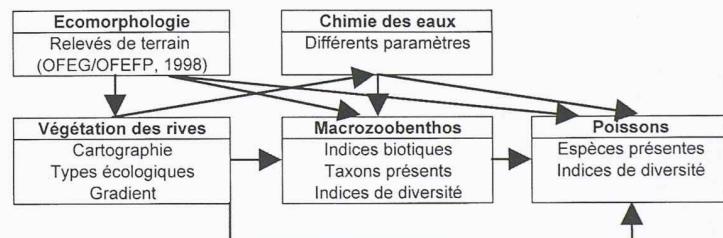
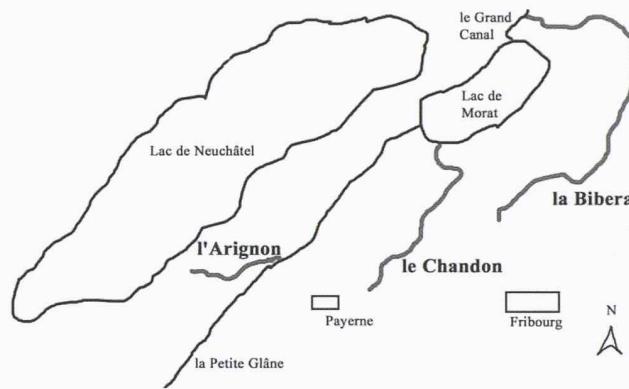
Module Chimie

Plusieurs paramètres peuvent être mesurés directement sur le terrain grâce à l'appareillage Hatch (pH, conductivité, oxygène dissous). Les autres paramètres sont mesurés en laboratoire par analyse chromato-ionique (azote ammoniacal, nitrates, phosphates, chlorures, DOC) après prise d'échantillons d'eau sur le terrain. Les mesures sont comparées à des classes de qualité [5].

Module Macrozoobenthos

S'appuyant sur l'étude des communautés de macroinvertébrés benthiques, la méthode implique des prélèvements dans la rivière [11].

Sur cette base, un indice biologique global normalisé (IBGN) peut être calculé, qui permet d'évaluer la qualité générale des cours d'eau. La note obtenue est comprise entre 1 et 20 (> 17 excellente; 16-13 bonne; 12-9 moyenne; 8-1 médiocre). Une comparaison des familles présentes permet aussi une analyse plus fine.



Somme des points	Classe	Etat ou type d'atteinte
0 et 1	I	naturel/semi-naturel
2 à 5	II	peu atteint
6 à 9	III	très atteint
10 à 12	IV	non naturel/artificiel

	avant aménagement	après aménagement
Largeur moyenne [m]	1.9	3.6
Variabilité largeur et profondeur	nulle	moyenne
Constitution du lit	limon et vase	pierres + graviers
Renforcement pied de berge	nul	longrines, fascines, pierres
Largeur des rives	1 - 3 m	5 - 6 m
Nature des rives	dégagée	arbustes

Fig. 3: Le Chandon, coupe transversale en amont du tronçon revitalisé

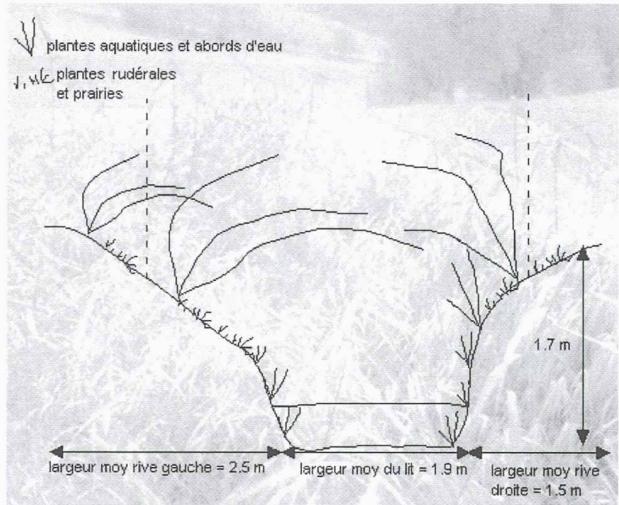
Fig. 4: Le Chandon, coupe transversale du tronçon aménagé

Fig. 5: Le Chandon, tronçon non aménagé

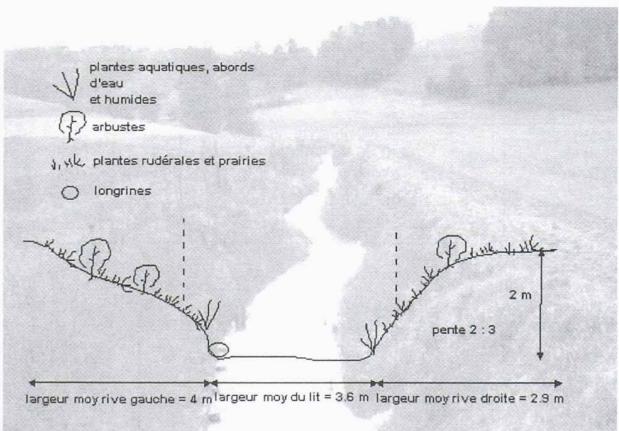
Fig. 6: Détail des berges du Chandon

Fig. 7: Après revitalisation, le Chandon présente des rives élargies et une végétation variée

3



4



Module Poissons

Un relevé des espèces présentes est effectué par la méthode de la pêche électrique, soit directement sur le terrain soit par compilation des données fournies par les garde-faune.

Résultats principaux et discussion

Module Ecomorphologie

La brochure de l'OFEF [6] propose une attribution de points aux différents critères relevés ci-dessus (tableau II) afin de déterminer l'état du cours d'eau. La situation optimale et la plus naturelle ne donnant aucun point, tout ajout artificiel pénalisant le score final. Pour les deux tronçons étudiés sur le Chandon (tableau III), on aboutit à un même résultat, soit un état «très atteint» du cours d'eau. Cela est dû au critère du «renforcement de pied de berge», en vertu duquel deux points sont attribués au tronçon revitalisé - qui possède des berges renforcées par l'aménagement récent, mais de nature végétale -, tandis qu'aucun point n'est imputé au tronçon non revitalisé. Or celui-ci possède des berges érodées, très pentues, et le lit y est régulièrement curé, si bien qu'une végétation arbustive typique et une faune variée ne peuvent s'y installer. Ce critère biaise donc la classification, car on observe une amélioration évidente de la morphologie du cours d'eau (voir chaque critère pris séparément, ainsi que les fig. 3, 4, 5, 6 & 7).

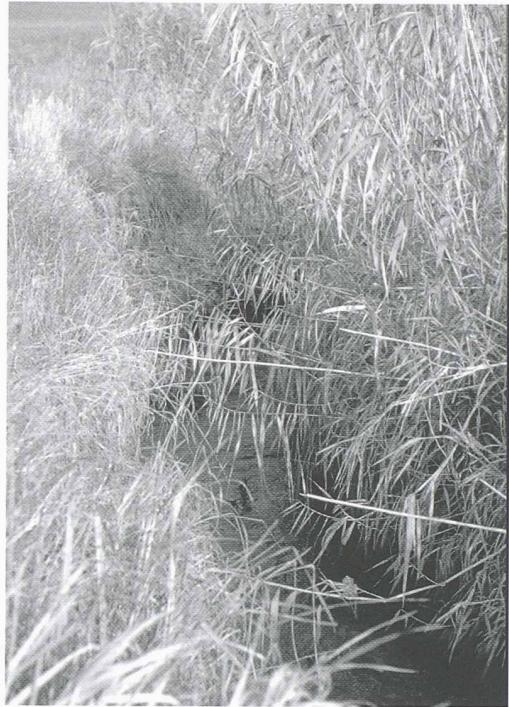
Sur la Bibera (fig. 8 & 9) on observe aussi une amélioration des qualités écomorphologiques de tous les tronçons étudiés. De plus, on peut observer sur cette rivière une évolution dans le temps vers un état de plus en plus naturel. En effet, les deux tronçons les plus anciens sont dans un état «peu atteint», critère qui correspond à un état assez naturel (tableau IV), alors que les deux tronçons les plus récents (tableau V) sont dans un état «très atteint» (décomposition avec le temps des renforcements de berge en matière végétale).

Pour l'Arignon, on observe une amélioration générale de l'écomorphologie, en raison notamment de la très grande largeur accordée au cours d'eau après revitalisation, soit 17 m en moyenne (contre quelque 3 m seulement avant revitalisation).

Module Végétation

Pour le Chandon (fig. 10), on observe une richesse en espèces plus importante sur le tronçon revitalisé (trente-trois espèces, contre neuf sur le tronçon en amont non revitalisé).

Par contre, le tronçon non revitalisé présente une végétation typique (aquatiques et abords d'eau), alors que le tron-



con revitalisé cette année présente une végétation de type plutôt rudérale, prairie ou pionnière.

Pour la Bibera, les tronçons étudiés présentent une végétation égale en espèces humides et espèces supportant les milieux secs (fig. 11). Les espèces présentes ne sont donc pas typiques d'un milieu riverain.

Sur l'Arignon, les espèces présentes sur les tronçons étudiés ne sont pas non plus typiques de milieux humides.

Module Chimie

Pour la qualité chimique de l'eau, on n'observe aucune amélioration réelle. En effet, les facteurs physico-chimiques dépendent principalement du bassin versant du cours d'eau et ne sont donc pas affectés par les revitalisations effectuées.

Module Macrozoobenthos pour le Chandon

L'IBGN (indice biologique global normalisé) est de 12 sur le tronçon revitalisé et de 5 sur celui qui n'a pas été touché en amont (fig. 12). On observe donc une amélioration de la qualité du cours d'eau sur le tronçon revitalisé.

Le nombre de taxons (fig. 13) est plus élevé sur le tronçon revitalisé (dix-huit familles différentes, contre onze sur le tronçon non revitalisé). Deux familles indicatrices - les *Taeniopterygidae* (Plécoptères) et les *Ecnomidae* (Trichoptères) - sont observées sur le tronçon revitalisé qui n'apparaissent pas sur celui en amont. Des taxons indicateurs de pollution humaine - les *Gammaridae* et les *Simuliidae* (Diptères) - sont présents sur les deux tronçons.

Une explication possible réside dans la plus grande diversité des substrats sur le tronçon revitalisé, amenant une richesse accrue en macroinvertébrés qui y sont très sensibles. En effet, certaines familles sont spécialisées sur certains substrats spécifiques (par exemple certains Trichoptères attachés à des pierres ou certains Ephéméroptères vivant dans le sable).

Il est à noter que, malgré l'augmentation de l'indice observé, la qualité de l'eau reste moyenne.



Module Poissons

Le substrat et la végétation après revitalisation sont plus favorables à la venue d'espèces de poissons différentes (gravier assez fin pour la fraie, présence de caches). Sur la Bibera, on observe par exemple la présence de *Cottus gobio*, *Gasterosteus aculeatus*, *Phoxinus phoxinus* et *Salmo trutta fario*, alors que seule cette dernière espèce s'y trouvait avant revitalisation. De plus, l'enlèvement de seuils jusque-là infranchissables permet le passage de poissons présents plus en aval.



Tableau IV: Résultats écomorphologiques sur la Bibera, tronçons revitalisés en 1993 et 1995-97

Tableau V: Résultats écomorphologiques sur la Bibera, tronçons revitalisés en 1997-98 et 1999-2000

IV

	avant aménagement	après aménagement
<i>Largeur moyenne [m]</i>	3 m	3.3 m
<i>Variabilité largeur et profondeur</i>	nulle	limitée/moyenne
<i>Constitution du lit</i>	limon ou sablon	pierres + graviers
<i>Renforcement pied de berge</i>	non mais canal rectiligne	longrines, fascines de saules, pierres
<i>Largeur des rives</i>	4.5 - 6 m	4.5 - 6 m
<i>Nature des rives</i>	dégagée, quelques arbres et arbustes	atypique à typique, cordon boisé pratiquement en continu

V

	avant aménagement	après aménagement
<i>Largeur moyenne [m]</i>	1 m	1.5 m
<i>Variabilité largeur et profondeur</i>	nulle	limitée/moyenne
<i>Constitution du lit</i>	limon ou sablon	pierres + graviers
<i>Renforcement pied de berge</i>	non mais canal rectiligne	longrines, fascines de saules, pierres
<i>Largeur des rives</i>	env. 3 m	env. 3 m
<i>Nature des rives</i>	dégagée, quelques arbres et arbustes	atypique à typique, cordon boisé pratiquement en continu

Points forts des revitalisations effectuées

De manière générale, la revitalisation se traduit par des effets positifs. La reconstitution du lit en matériau naturel amène une augmentation de la biodiversité de la faune. L'espace supplémentaire accordé au cours d'eau (largeur des rives plus importante) entraîne une plus grande variabilité de la largeur du lit, ce qui aboutit à une diversité floristique accrue des berges.

Quant à la création de biotopes humides sur la Bibera et l'Arignon, elle autorise la venue de nombreuses espèces végétales et animales.

Enfin, grâce à la comparaison historique que permet la Bibera, une amélioration des techniques de revitalisation a pu y être observée (stabilisation des berges moins importante, plus hétérogène, matériel végétal utilisé).

Points faibles des revitalisations effectuées

Quelques points problématiques ont également été observés. Tout d'abord, la stabilisation des berges effectuée dans les cas étudiés semble d'une envergure exagérée pour ces cours d'eau dont la puissance hydraulique n'est pas très importante.

Ensuite, la variabilité de la profondeur de l'eau reste limitée, c'est pourquoi on ne trouve pas plus d'espèces de poissons (seulement quatre espèces différentes pour la Bibera par exemple). Un niveau d'eau assez faible est certes favorable à la fraie, mais les adultes ont besoin de davantage de profondeur à mesure que leur taille augmente. Seul l'Arignon abrite un grand nombre d'espèces de poissons (quatorze au total), car les moyens mis en œuvre dans ce projet étaient beaucoup plus importants (fig. 14, 15, 16). De plus, une grande partie de ce cours d'eau était déjà proche de l'état naturel avant revitalisation.

Quant à l'espace accordé à la Bibera et au Chandon (largeur des rives), il demeure insuffisant [6] et la sinuosité de leur lit est faible, voire inexiste.

Enfin, les plantations restent trop importantes. En principe, leur but principal dans le cadre d'une revitalisation est de protéger momentanément les berges contre l'érosion et de les stabiliser à plus long terme (ce qui était le cas pour le Chandon et la Bibera) ou, encore, de favoriser la diversification des berges (pour l'Arignon). Or les plantations d'arbustes effectuées étaient en général trop denses et la plupart des espèces amenées ont été évincées.

On peut dès lors se demander s'il n'est pas préférable de laisser la végétation venir naturellement et n'effectuer des plantations que là où c'est vraiment nécessaire. Il est donc important de connaître le but des plantations.

Fig. 8: La Bibera avant revitalisation

Fig. 9: Lors de la revitalisation, les pieds de berges ont été renforcés avec des longrines, des fascines de saules et des pierres

Suggestions d'amélioration

Des objectifs clairs et précis doivent être définis dans le projet (par exemple: protection contre les crues, augmentation de la biodiversité végétale). Ils facilitent l'élaboration ultérieure de critères d'évaluation mesurables, qui permettent de vérifier si les objectifs ont bien été atteints et d'améliorer les projets futurs. Pour chaque objectif, il importe également de fixer les moyens d'y parvenir. Par exemple, si l'on souhaite augmenter la biodiversité en poissons, il s'agira de poser des longrines surélevées, de construire des caches à partir de matériel végétal ou d'aménager le lit avec des pierres naturelles.

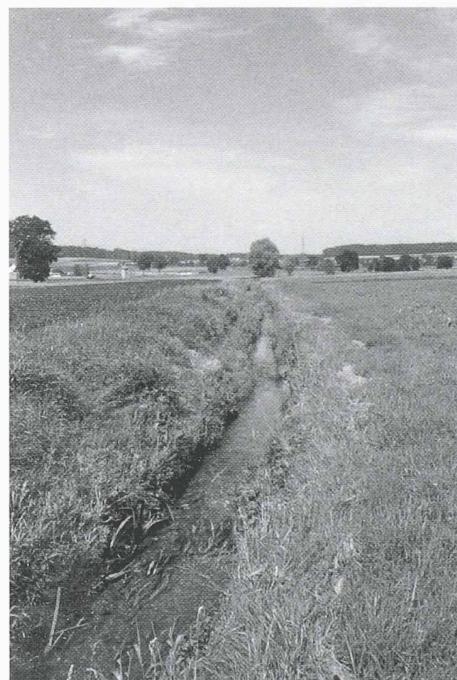
Le suivi doit d'emblée être inclus dans le projet. Ainsi, un relevé de l'état initial est effectué avant la revitalisation. Outre qu'il constitue une référence avant intervention, il met en évidence les valeurs naturelles actuelles de l'hydro-système qu'il s'agit de préserver et que les mesures envisagées ne doivent pas mettre en péril. Comme on a pu l'observer dans cette étude, le succès peut être aisément mesuré par des critères tels que la répartition des macro-invertébrés (IBGN), la richesse en espèces végétales ou en poissons, les indices de diversité, la présence des espèces cibles (poissons par exemple). Le suivi peut démarrer moins d'une année déjà après la revitalisation si l'on utilise des indicateurs comme l'IBGN et devrait être reproduit après plusieurs années (idéalement, deux ans après au maximum), afin d'attester l'évolution dans le temps des revitalisations effectuées. Des techniques de reproductibilité devraient en outre être appliquées à la récolte des données, alliées à une description détaillée des méthodes utilisées pour garantir des comparaisons aussi rigoureuses que possible.

La prise en compte des dimensions aussi bien latérales - plaines alluviales, verticales (relation avec la zone hyporhéique [12]) et la nappe phréatique - que longitudinales est un point important (fonction clé de la géomorphologie) qui est fréquemment négligé.

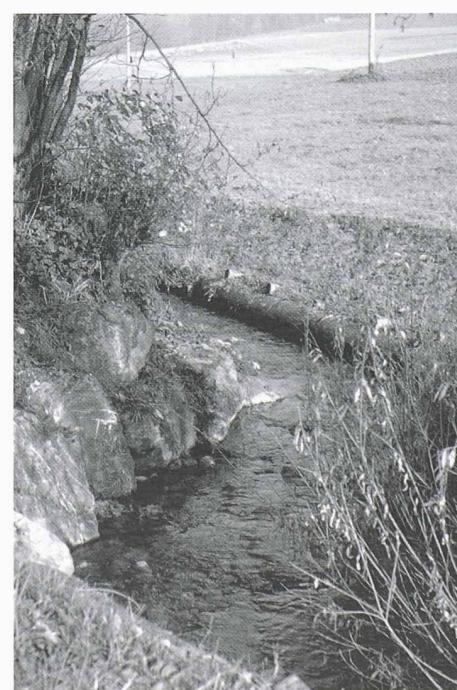
Signalons encore qu'il est possible d'améliorer les techniques de revitalisation par l'installation de seuils/déflecteurs de courant peu élevés pour provoquer des variations de profondeur. Il serait plus intéressant aussi de laisser les longrines abîmées à elles-mêmes et de diminuer la protection des berges.

Evaluation de la méthode utilisée

La méthode appliquée dans la présente étude présente plusieurs avantages. Les modules peuvent être employés indépendamment les uns des autres et un ou plusieurs d'entre eux peuvent être retenus en fonction des objectifs



8



9

Fig. 10: Comparaison des types écologiques présents sur le Chandon

Fig. 11: Nombre d'espèces différentes et types écologiques présents sur le total des tronçons de la Bibera

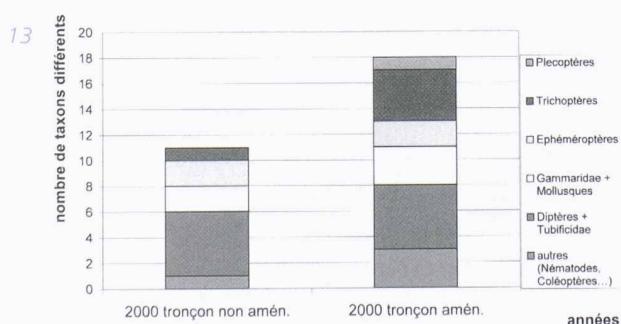
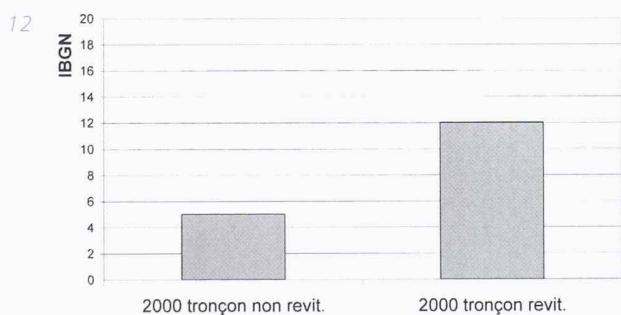
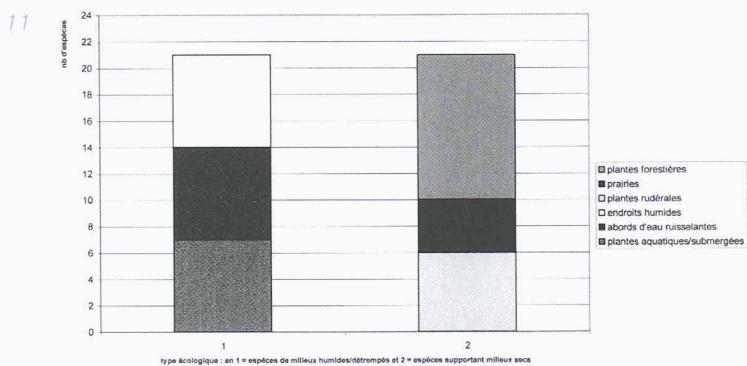
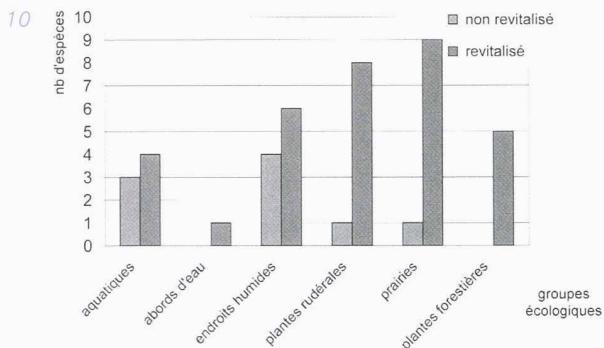
Fig. 12: Comparaison de l'IBGN (indice biologique global normalisé) pour le Chandon entre les tronçons non revitalisé et revitalisé

Fig. 13: Comparaison des taxons présents sur le Chandon entre les tronçons non revitalisé et revitalisé

Fig. 14: L'Arignon avant revitalisation

Fig. 15: L'Arignon à la confluence

Fig. 16: L'Arignon, vue générale à l'amont



visés, des moyens et du temps à disposition. L'évaluation par ces modules est par ailleurs rapide et peu coûteuse.

Les modules Ecomorphologie et Macrozoobenthos constituent les instruments les plus efficaces et sont complémentaires (facteur abiotique + biotique).

En effet, l'écomorphologie détermine en grande partie la possibilité de recolonisation par la faune (notamment par la qualité du substrat du fond du lit) et la flore (largeur des berges). Les macroinvertébrés sont quant à eux des indicateurs types, car ils sont assez sensibles pour mettre en évidence un changement dans le milieu, faciles à mesurer et peu coûteux.

Le module Ecomorphologie selon la brochure OFEG/OFEFP pourrait être adapté (moins de poids accordé à l'aménagement des berges ou prise en compte du type d'aménagement), afin de mieux refléter l'amélioration apportée par une revitalisation, même si celle-ci n'est pas optimale (pondération des contraintes).

Limites de la méthode

L'échantillonnage à la base de notre étude étant ponctuel (l'analyse devrait être reproduite ultérieurement et au même moment) et le nombre de cas réduit (trois rivières), l'objectif était d'aboutir à une approche qualitative.

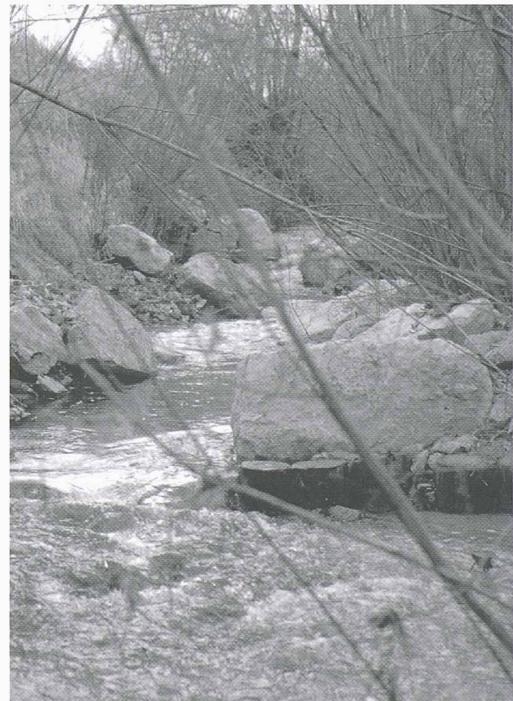
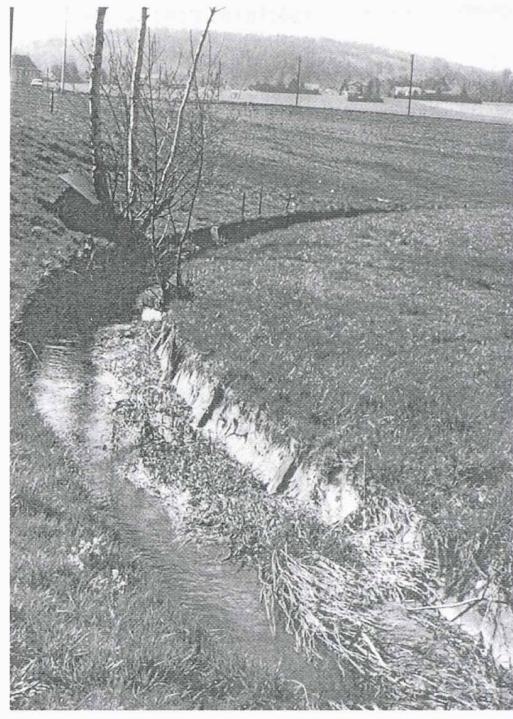
Cela étant, une comparaison entre les modules a pu être effectuée, afin d'éviter les erreurs d'interprétation possibles et de contrôler la validité des résultats.

Enfin, il est important de préciser que la saison d'échantillonnage la plus favorable pour la flore et la faune - entre le printemps et l'été - n'a malheureusement pas pu être retenue dans le cadre de ce travail. Ce sont-là autant de points dont il faudrait tenir compte lors d'une étude ultérieure.

Conclusions

Malgré les problèmes rencontrés, des résultats très intéressants ont tout de même été dégagés:

- la revitalisation des cours d'eau étudiés a créé de nouveaux habitats propices à la colonisation par une flore et une faune plus diversifiées grâce à l'amélioration générale des conditions morphologiques et ce, même si le cours d'eau n'est pas revenu à un état naturel;
- l'aspect écologique est de plus en plus présent dans les projets de revitalisation: il ne s'agit plus seulement d'une action physique sur la rivière, mais il est tenu compte de l'intégrité de l'habitat et de ses ressources et des mesures sont prises pour accroître la biodiversité;
- bien que la qualité physico-chimique des eaux soit une contrainte importante sur laquelle on n'a guère prise, il



importe de noter que l'on peut favoriser la diversité végétale et animale en agissant sur d'autres facteurs décisifs comme l'ecomorphologie;

- un suivi est indispensable pour vérifier que les objectifs ont bien été atteints et pour l'amélioration des projets futurs.

Remerciements

Nous tenons tout particulièrement à remercier les professeurs R. Schlaepfer (GECOS, EPFL), P. Hainard (IBSG, UNIL) et Messieurs O. Overney et D. Pugin (Service des eaux et endiguements du Canton de Fribourg), ainsi que toutes les autorités cantonales qui ont permis la réalisation de cette étude grâce à leur encadrement et leurs conseils scientifiques.

Bibliographie

- [1] BROOKES A., SHIELDS F.D.J.: «River Channel Restoration Guiding Principles for Sustainable Projects», 1996
- [2] ECONAT, Yverdon et Ribi SA, Fribourg: «Aménagement du couloir de l'Arignon, rapport de synthèse R-487-429-4», Canton de Fribourg, Direction des travaux publics, Bureau des autoroutes, 1993
- [3] ECONAT, Yverdon et Ribi SA, Fribourg: «Projet définitif de l'autoroute A1», Canton de Fribourg, Direction des travaux Publics, Bureau des Autoroutes, 1998
- [4] LANDOLT, E.: «Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora», Zurich, 1977
- [5] NOËL F., FASEL D., Office Cantonal de Protection de l'Environnement (OCPE), 1985 et réactualisation 1991-1993: «Etude de l'état sanitaire des cours d'eau du Canton de Fribourg», *Bulletin de la Société fribourgeoise des sciences naturelles*, volume spécial N° 74, fascicules 1/2/3, pp. 1-332
- [6] Office fédéral de l'environnement et al.: «Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse: Ecomorphologie, niveau R (région)», Berne, 1998
- [7] Office fédéral de l'environnement et al.: «Méthodes d'analyse et d'appréciation des cours d'eau en Suisse: Système modulaire gradué», Berne, 1998
- [8] Ribi SA, Ingénieurs: «Aménagement de la Bibera supérieure», Fribourg, 1991
- [9] Ribi SA, Ingénieurs: «Ruisseau du Chandon, aménagement secteur Biberou, commune de Léchelles», Fribourg, 1999
- [10] STOCKER, M.: «Ausbau und Wiederbelebung der Surb in Niederweningen», Gwa No 5, 1998, pp. 337-345
- [11] VERNEAUX J. et al: «Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN)», NF T 90-350, 1992, pp. 1-9
- [12] WARD, J. V.: «Riverine Landscapes: Biodiversity patterns, disturbance regimes, and aquatic conservation», *Biological Conservation*, vol. 83, N° 3, 1998, pp. 269-278

Photos: Nathalie Perrotet