



LES BRYOPHYTES AQUATIQUES, ASSOCIÉS AU TUF, DU BASSIN VERSANT DU VERS

Geoffroy Seveno¹, Julie Coudreuse², Isabelle Charissou³, Sébastien Durand¹, Jacques Pages⁴, et Ivan Bernez²

Le bassin versant du Vers sur le territoire du Parc naturel régional des Causses du Quercy (Lot) est un bassin relativement préservé. Il héberge un site Natura 2000. Les enjeux liés à l'eau sur ce bassin agricole sont multiples dans un contexte où la protection des milieux aquatiques, en particulier pour le cas des formations tufeuses (pour leur fonctionnement, voir Vareille-Morel, 1979), reconnu d'intérêt communautaire prioritaire 72.20, est nécessaire. Afin de hiérarchiser les enjeux et de répondre à une demande locale sur la gestion de ces tufs, le Parc a mis en place en 2014 un programme pluriannuel de gestion de l'eau sur le bassin, en concertation avec les acteurs locaux, et a choisi d'explorer la possibilité d'utiliser les Bryophytes aquatiques associés au tuf* en tant que futur outil de gestion de l'eau à travers l'étude des taxons* présents sur le bassin versant du Vers.*

1– Objet de l'étude

De nombreuses études ont déjà démontré l'intérêt des Bryophytes aquatiques en tant que bio-indicateurs de la qualité trophique* de l'eau (Ceschin & al., 2012, Vanderpoorten & Palm, 1998, Vanderpoorten & Klein, 2000 ; Vanderpoorten, 1998) ou indicateurs de la permanence des hydro systèmes de tête de bassin versant (Fritz K. M. & al., 2008). Les bryophytes ont aussi été suivis dans les secteurs Méditerranéens Européens comme indicateur de changements climatiques (VIERA & al, 2016). Néanmoins l'analyse de l'influence des variables physiques à différentes échelles, locale et paysagère, sur le développement des bryophytes n'a été que peu explorée (Heino & al., 2005 ; Vieira & al., 2012 ; Scarlett & O'Hare, 2006 ; Suren & al., 2000).

L'étude vise ici à inventorier les Bryophytes aquatiques présents sur le bassin du Vers et à étudier plus particulièrement les formations tufeuses du bassin en lien avec la gestion écologique de l'eau et des milieux aquatiques sur le bassin. Ces résultats contribueront à la mise en œuvre du programme pluriannuel de gestion de l'eau en cours sur le bassin du Vers.

Les inventaires permettront également d'accroître les connaissances écologiques de ces groupes taxonomiques et d'évaluer son état de conservation dans le bassin du Vers. Au final, cette étude devait permettre de bâtir une méthode visant à utiliser ce groupe de taxons comme indicateur de la qualité des eaux.

2– Méthodologie d'échantillonnage et d'analyse des données

D'une longueur de 23 km, le Vers prend sa source en aval de Labastide-Murat et se jette dans le Lot à hauteur de la commune éponyme de Vers, située à une quinzaine de km à l'est de Cahors (Lot). Il est alimenté par trois affluents principaux : la Rauze, le Nougayrol et le Puycavel. L'ensemble du bassin versant couvre une superficie de 120 km².

¹ Parc naturel régional des Causses du Quercy, 11 rue Traversière, 46240 Labastide-Murat

² UMR Ecologie & Santé des Ecosystèmes INRA, Agrocampus ouest 65 r. de St-Brieuc 35042 Rennes cedex

³ Isabelle Charissou, Biard 19130 Voutezac

⁴ BioDev' mlhl - Préservation des écosystèmes et conservation de patrimoine, La Gineste, 34610 Rosis

Les relevés sont réalisés sur un tronçon de cours d'eau d'une longueur de cent mètres selon le protocole de suivi des macrophytes en rivière de plaine (AFNOR, 2004) et de la synthèse européenne (672 sites de 7 pays méditerranéens) de Viera & al (2016) afin de minimiser le risque de manquer une espèce; néanmoins la détermination de la longueur de la station optimale sera discutée dans cette étude pour des préconisations appliquées de suivi sur le Vers.

38 stations (tableau 1) et 175 formations tufeuses ont été échantillonnées sur le bassin versant du Vers (fig. 1) d'Avril à Juillet 2014. Le tronçon est délimité au moyen d'un fil de 100 mètres de long sur lequel ont été indiquées, tous les 10 mètres, les limites des secteurs, permettant donc de tester l'effort d'échantillonnage optimal. Les déterminations sont validées par les co-auteurs spécialisés en bryologie, le premier auteur ayant utilisé les guides de Bailly & al (2004) et Coudreuse & al. (2005) en première approche.

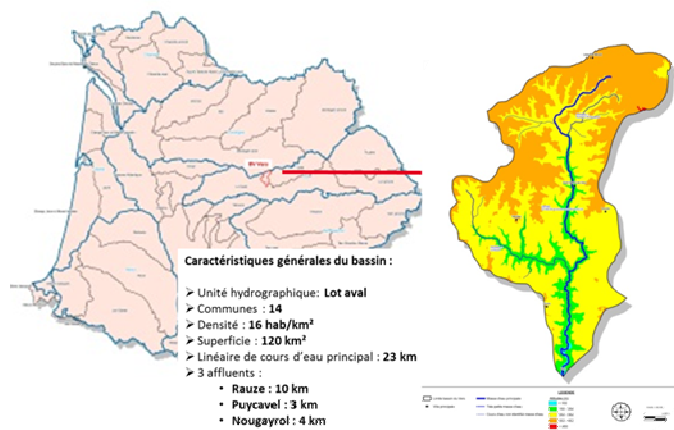


Figure 1 : Carte du bassin versant du Vers, Lot, France

Cours d'eau	Longueur (Km)	Nb de Stations	Linéaire d'échantillonnage (m)
Rauze	9,80	6	600
Bouyssières	0,93	1	100
Puycauel	2,38	2	200
St-Georges	3,06	1	100
Mazard	1,60	1	100
Londès	2,09	1	100
Goudal	4,68	4	400
Nougayrol	4,67	4	400
Lespinasse	1,74	1	100
Grépon	1,03	1	100
St-Martin	0,22	1	100
Le Vers	18,38	15	1500
Total	51.12	38	3800

Tableau 1 : Echantillonnage du Vers et des têtes des bassins (Rauze et Vers)

Les analyses statistiques des relations entre les Bryophytes et l'environnement ont été effectuées à l'aide du logiciel de traitement statistique CANOCO™. La méthode choisie pour traiter les données est l'Analyse Canonique des Correspondances (CCA) (Ter Braak, 1997) dans la mesure où elle privilégie une approche globale exploratoire qui convient dans notre démarche. De ce fait, les données ont directement été organisées en deux matrices afin de mettre en relation les variables de typologie physique des stations étudiées (voir les six typologies retenues dans le paragraphe Résultat) avec la composition bryophytique de chaque station.

La CCA consiste en une ordination des valeurs propres développée pour relier directement entre elles des matrices de données écologiques. La CCA produit un diagramme sur lequel sont représentées à la fois les variables réponses (espèces, stations...), symbolisées par un point et les variables explicatives par des flèches pointant dans la direction de la variation maximale du facteur. Le positionnement des variables réponse sur le diagramme résulte de leur poids moyen et la longueur de la flèche indique l'importance de la variable explicative. La proximité des points entre eux sur le plan de la CCA, ou avec des flèches, indique une relation positive entre les variables explicatives associés à ces points, l'éloignement de points entre eux indique une relation négative entre ces variables (Bernez & al., 2005).

3– Résultats

Biodiversité des communautés bryophytiques aquatiques du Vers

Le tableau 2 présente les 40 taxons de Bryophytes aquatiques et semi-aquatiques recensés sur le bassin versant du Vers au cours de l'étude avec leur occurrence sur les 38 stations, leur occurrence uniquement dans le lit du cours d'eau, ou sur la berge, et finalement dans ces deux habitats à la fois.

A l'aide de ce tableau, il est déjà possible de voir que certaines espèces se révèlent relativement ubiquistes* sur le bassin en termes de tolérance à la hauteur d'eau, *Cratoneuron filicinum* et *Pellia cf. endiviifolia*, ce qui en fait, par conséquent, les taxons les plus présents sur le bassin avec, respectivement, une présence à la fois en berge et dans le lit dans 25 des 38 stations.

D'autres peuvent être considérées très présentes sur le bassin tout en étant néanmoins spécifiques d'un habitat tels qu'*Amblystegium riparium*, *Rhynchostegium riparioides* et *Fissidens crassipes*, spécifiques dans cette étude au milieu aquatique et *Fissidens taxifolius*, *Pohlia melanodon* et *Plagiomnium undulatum* au milieu semi-aquatique. D'autres espèces, plus ubiquistes, sont retrouvées aussi fréquemment en conditions aquatiques que semi-aquatiques : *Cratoneuron filicinum*, *Pellia endiviifolia* et *Brachythecium rivulare*. Il est à noter que ces espèces sont fréquemment retrouvées sur ces deux habitats au sein de la même station.

Tableau 2 – Liste des taxons de Bryophytes aquatiques et semi-aquatiques recensés et leurs acronymes (Code) sur le BV du Vers en 2014 ; leur occurrence sur les 38 stations étudiées, le nombre de station où ils sont recensés uniquement dans le lit (L), ou sur les pieds de berges (B) et dans les deux habitats (B+L)

Taxon	Code	Occur L	Occur B	Occur B+L
<i>Amblystegium riparium</i>	Am-bRip	16	0	0
<i>Anomodon viticulosus</i>	AnoVit	0	1	0
<i>Brachythecium cf. rutabulum</i>	BraRut	0	2	0
<i>Brachythecium rivulare</i>	BraRiv	8	12	3
<i>Brachythecium sp.</i>	BraSpx	1	2	0
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	BryPse	3	5	2
<i>Bryum sp.</i>	BrySpx	1	1	0
<i>Calliergonella cuspidata</i>	CalCus	4	7	2
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	ChiPol	10	1	1
<i>Cinclidotus fontinaloides</i>	CinFon	1	1	1
<i>Conocephalum conicum</i>	ConCon	1	9	1
<i>Cratoneuron filicinum</i>	CraFil	32	28	25
<i>Didymodon tophaceus</i>	DidTop	3	8	1
<i>Eucladium verticillatum</i>	EucVer	3	13	1
<i>Eurynchium praelongum</i>	EurPra	1	3	0
<i>Fissidens adianthioides</i>	FisAdi	0	3	0
<i>Fissidens crassipes</i>	FisCra	18	5	3
<i>Fissidens sp.</i>	FisSpx	0	1	0
<i>Fissidens taxifolius</i>	FisTax	2	27	2
<i>Fissidens viridulus</i>	FisVir	1	0	0
<i>Fontinalis antipyretica</i>	FonAnt	11	1	0
<i>Jungermannia atrovirens</i>	JunAtr	7	2	2
<i>Leiocollea turbinata</i>	LeiTur	1	3	2
<i>Lunularia cruciata</i>	LunCru	2	3	0
<i>Marchantia polymorpha</i>	MarPol	4	2	0
<i>Palustriella commutata</i>	PalCom	5	2	1
<i>Pellia cf. endiviifolia</i>	PelEnd	30	30	25
<i>Plagiochila porelloïdes</i>	PlaPor	0	1	0
<i>Plagiomnium affine</i>	PlaAff	1	1	0
<i>Plagiomnium affine var. ellipticum</i>	PlaEll	0	1	0
<i>Plagionium undulatum</i>	PlaUnd	0	17	0
<i>Pohlia melanodon</i>	PohMel	0	17	0
<i>Pohlia sp.</i>	PohSpx	1	5	1
<i>Porella pinnata</i>	PorPin	0	1	0
<i>Rhynchostegium riparioides</i>	RhyRip	32	7	5
<i>Southbya tophacea</i>	SouTop	0	1	0
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	ThaAlo	0	3	0
<i>Trichostomum sp.</i>	TriSpx	0	1	0

D'après la liste des taxons du tableau 2, différentes associations végétales sont présentes sur le bassin du Vers. Cette étude ne portant pas sur la description des communautés de Bryophytes du bassin, l'ensemble de ces associations ne sera pas détaillé. Néanmoins, on peut noter que plusieurs d'entre elles relèvent de l'habitat 72.20 d'intérêt communautaire prioritaire : *Cratoneuretum commutati* (Gams 1927) Walther 1942, *Fegatelletum conicae* Schade 1934, *Cratoneuretum filicino – commutati* Kuh. 1937, *Eucladietum verticillati* Allorge 1922 ex. Braun 1968, *Brachythecio rivularis – Hygrohypnetum luridi* Philippi 1965.

La présence d'un certain nombre de taxons non caractéristiques du milieu aquatique (*Anomodon viticulosus*, *Brachythecium rutabulum*, *Calliergonella cuspidata*, *Didymodon tophaceus*, *Trichostomum sp.*...) peut s'expliquer par l'échantillonnage en berge et le caractère intermittent de la plupart des cours d'eau du bassin du Vers.

Effort d'échantillonnage optimal des communautés de bryophytes aquatiques du Vers

Les résultats obtenus concernant la sectorisation des stations en sous-stations de 10 m linéaires permettent de juger de l'effort d'échantillonnage pour atteindre l'exhaustivité bryophytique sur chaque station. Ainsi la figure 2 se lit de la manière suivante :

- l'axe des ordonnées représente le pourcentage de stations atteignant leur Richesse Spécifique maximum, c'est-à-dire le nombre maximal de taxons relevés par station. Il est important de comprendre qu'il ne s'agit pas ici de la RS_{max} du bassin versant du Vers mais de la RS_{max} de la station.
- l'histogramme empilé représente, quant à lui, la part des différentes sous-stations atteignant la RS_{max} sur leur station dans le pourcentage global de stations atteignant la RS_{max} .

Notre bassin versant étant constitué du cours principal (CP) du Vers et d'affluents en tête de bassin (TB), il nous a été possible de voir les différences d'effort d'échantillonnage nécessaires entre ces secteurs, puisqu'ils semblaient fonctionner écologiquement de manière différente (ex : intermittence plus forte de l'amont, ombrage, biodiversité, etc.).

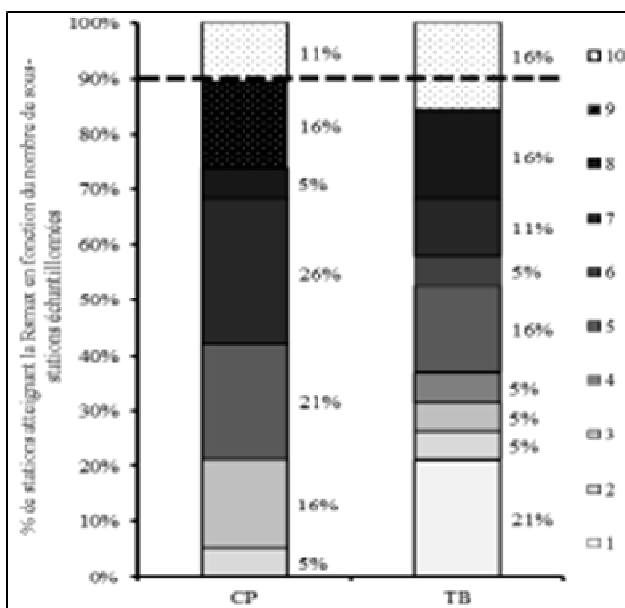


Fig. 2 : Représentation graphique de l'effort d'échantillonnage nécessaire à l'obtention d'une richesse spécifique maximale de 90% (seuil à 0,1 en pointillés) de la réalité des stations du cours principal (CP) et des têtes de bassin (TB) de la Rauze et du Vers. La légende représente les tronçons (de 1 à 10) successifs de 10 m de long.

Ainsi, pour obtenir la RS_{max} sur 90 % des stations de la tête de bassin (TB), il est toujours nécessaire de réaliser l'échantillonnage sur un tronçon de 100 mètres de long alors que sur les stations du cours principal (CP) 90 mètres serait une longueur suffisante.

Typologie des barres tufeuses du Vers pour leur gestion écologique

Il est possible d'étudier la répartition des bryophytes sur les formations tufeuses du bassin du Vers selon le type de barre (formation tufeuse) sur lesquelles ils sont présents et ce, dans le but d'identifier les formations à préserver en priorité sur le bassin.

Les six types de barres identifiés sont les suivants : T1 = Barrage, T2 = Cascade, T3 = Chute, T4 = Escalier, T5 = Fluvatile, T6 = Seuil. Ils ne proviennent pas d'une classification officielle, mais de l'observation de l'ensemble des barres échantillonnées au cours de l'étude (soit 174 barres) et du travail de prospection des formations tufeuses du Vers réalisé en 2012 par le Parc en préalable à notre étude, ayant permis de regrouper les barres par type selon leur allure générale et leur impact sur la dynamique fluviale (barrage, etc.). Parmi les six types de barres analysées, seuls les types 3, 4, 5 et 6 sont suffisamment représentatifs pour donner des résultats significatifs (P-Value < 0.05).

La figure 3 associe aux différents types de barres une ou plusieurs espèces. Ainsi *Palustriella commutata* est associée au type 3 « Chute » de même que *Jungermannia atrovirens* dans une moindre mesure, alors que *Fontinalis antipyretica* et *Bryum pseudotriquetrum* semblent plutôt associés au type 5 « Fluvatile » (annexe « matrice de corrélations »). Les barres de type 4 « Escalier » semble plutôt abriter des espèces semi-aquatiques telles que *Conocephalum conicum* ou *Eucladium verticillatum*. Néanmoins *Fissidens crassipes*, qui se trouve être la plus hygrophile des muscinées du genre *Fissidens*, est également associé au type 4. Le type 6 « Seuil », qui est le type de barre le plus représenté sur le bassin du Vers, semble être l'habitat privilégié d'*Amblystegium riparium* et de *Brachythecium rivulare*. Certains taxons tels que *Cratoneuron filicinum* ou encore *Rhynchostegium riparioides* ne sont pas associés à un type de barre en particulier, mais semblent éviter les barres de type 5 « Fluvatile ».



Palustriella commutata (J. Pages)



Fontinalis antipyretica (J. Pages)



Southbya tophacea thalles (J. Pages)



Fissidens crassipes (J. Pages)

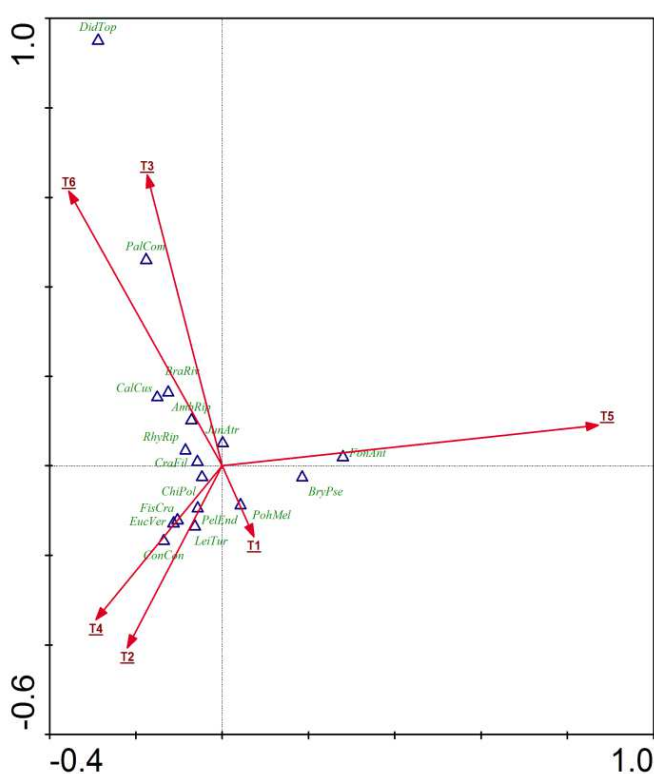


fig. 3 : Analyse Canonique des Correspondances de la répartition des taxons de bryophytes en fonction de 6 types (typologie inédite et adaptée au contexte local : T1 = Barrage, T2 = Cascade, T3 = Chute, T4 = Escalier, T5 = Fluvatile, T6 = Seuil) de barres de tuf du bassin versant du Vers. Pour les acronymes des Bryophytes, voir le Tableau 2.

4– Interprétation des résultats

Enjeux patrimoniaux des bryophytes du Vers

D'un point de vue de la richesse spécifique, avec 40 taxons ont été recensés sur ses 20 km, le Vers héberge un niveau de biodiversité important (116 répertoriés à l'échelle des 676 sites d'Europe méditerranéenne (7 pays) dans l'étude Viera & al, 2016).

D'après Bensettiti & al. (2002) et la nature de la zone d'étude (altitude comprise entre 120 et 360 m), les taxons du Vers appartiendraient au groupement de basse altitude (inférieur à 1000 m, étage planitiaire à montagnard) auquel appartiennent les associations *Cratoneuretum commutati* (communautés des sols riches en calcium plus ou moins thermophiles* à bryophytes tufigènes), *Cratoneuretum filicino-commutati* (communauté hydrophile*, basophile*, des substrats minéraux, planitiaire*-montagnard, photophile*, oligotherme*, des sources oxygénées des tufs) et *Eucladietum verticillati* (communauté amphibie exondable, basophile, des substrats minéraux, planitiaire septentrional à montagnard, photophile, oligotherme, des sources oxygénées des tufs).

Plusieurs taxons recensés peuvent être associés à la classe du *Platyhypnidio-fontinalietea antipyreticae* Philippi 1956, qui regroupe les communautés hygrophiles* à hydrophiles plus ou moins rhéophiles* avec les associations des alliances du *Racomitrium acicularis* : *Rhynchostegium riparioïdes*, *Chiloscyphus polyanthos*, *Brachythecium rivulare*, *Bryum pseudotriquetrum*, *Jungermannia atrovirens*, *Amblystegium riparium*, *Fontinalis antipyretica*, *Thamnobryum alopecurum*, *Calliergonella cuspidata*, *Fissidens crassipes*, *Porella pinnata*, *Fissidens adianthoides*, *Cinclidotus fontinaloides*. Cette classe relève de l'Habitat d'intérêt communautaire 3260-4 « Rivières à Renoncules oligo-mésotrophes à méso-eutrophes, neutres à basiques » (Hugonnot, 2007).

Concernant les statuts de protection des Bryophytes, une liste rouge européenne a été publiée en 1995. En France, seule une étude préalable à l'établissement du Livre Rouge des Bryophytes menacées liste un certain nombre de taxons jugés rares (Deperiers-Robbe, 2000). Pour la région Midi-Pyrénées, une liste rouge régionale des bryophytes menacées, menée par le Conservatoire Botanique National des Pyrénées et de Midi-Pyrénées est parue récemment (Sanchez, 2015). Parmi les taxons recensés sur le bassin versant du Vers, seuls *Southbya tophacea* (figurant également dans la liste provisoire des Bryophytes déterminants pour les ZNIEFF Midi-Pyrénées), *Cinclidotus fontinaloides* et *Fissidens crassipes* sont des espèces vulnérables en Midi-Pyrénées. L'atlantique *Porella pinnata* est identifiée en danger pour la région, restreinte aux rivières acides du nord du Lot et en régression. De plus, de par la protection de l'habitat 72.20, les taxons *Palustriella commutata*, *Cratoneuron filicinum* et *Eucladium verticillatum* sont indirectement protégés (Bensettiti & al., 2002).

Relations entre Briophytes et tuf

A propos des relations entre les Bryophytes et les types de formations tufeuses, Couderc en 1977 a associé le *Cratoneuretum commutati* Aichinger et l'*Eucladio-Barbuletum tophaceae* Hébrard, à deux ensembles de formations tufeuses, respectivement « les cascadelles, les bourrelets bordant les eaux courantes et les amas tufeux des zones à embruns » et « les zones d'écoulements intermittents, de suintement et d'une façon générale les parois et les surplombs ». Les résultats de l'analyse réalisées sur le Vers concordent avec les constations de Couderc. En effet, les taxons caractéristiques du *Cratoneuretum commutati* présents sur le bassin (*C. filicinum*, *P. commutata*, *P. endiviifolia*) sont associés aux types de barres 1, 2, 3 et 6 (Barrage, Cascade, Chute et Seuil) et rentrent dans le premier ensemble décrit par Couderc. Ceux de l'*Eucladio-Barbuletum tophaceae* Hébrard, qui se rapproche de l'*Eucladietum verticillati* (*E. verticillatum*), sont associés aux barres de type 4 (Escalier).

Différentes classifications des formations tufeuses apparaissent dans la bibliographie, certains auteurs adoptant une approche botanique en classant les formations au travers de la végétation qui leur est associée, par exemple « Tuf à Bryophytes » etc. (Irion & Muller, 1968 ; Schneider & al., 1983 ; Pentecost & Lord, 1988...), d'autres selon une approche pétrologique (Buccino & al., 1978 ; Ordonnez & Garcia del Cura, 1983), géomorphologique (Symoens & al., 1951) ou encore biophysicochimique (Geurts, 1976). La classification ici utilisée pour différencier les tufs du bassin versant du Vers est issue des observations de terrain réalisées au cours de l'étude et diffère de celles décrites dans la bibliographie en raison de sa précision et de sa spécificité pour le bassin du Vers. Les travaux de Pedley (1990) confirment que les distinctions utilisées pour différencier ces formations sont correctes même en étant spécifiques à la zone d'étude et plus détaillées. En effet selon Pedley, les formations de types 2, 3 et 6 seraient considérées en tant que « Cascade model », les formations de type 1 et 5, respectivement en tant que « Barrage model » et « Braided fluvatile model » appartenant aux « Fluvatile models » et les formations de type 4 en tant que « Proximal deposits » appartenant aux « Perched springline model ».

La typologie utilisée a permis de mettre en évidence que les différents types de formations tufeuses du bassin sont globalement répartis en deux groupes selon un gradient Lotique*-Lentique*. Le groupe associé au faciès lotique est composé des types 1, 2, 3 et 5 que l'on peut subdiviser en deux autres groupes, les types 1 et 2 (Barrage et Cascade) qui répondent au recouvrement par les Bryophytes et les types 3 et 5 (Chute et Fluviale) répondant à la couverture forestière (CF). Ensuite l'augmentation de la surface des barres de tuf est corrélée à la dominance du faciès lentique. D'autre part, il semble logique que les types « Barrages, Cascades, Chutes et Fluviale » soient associés au faciès lotique car ces types nécessitent un courant rapide pour ne pas dépérir.

Le premier sous-groupe de formations tufeuses associé au faciès lotique est composé des types « Barrages » et « Cascade ». Le type « Barrage » désigne sur le bassin une formation tufeuse de taille moyenne (inférieure à 50 cm le plus souvent) qui bloque de manière plus ou moins importante l'écoulement des eaux et forme une cuvette plus ou moins profonde à l'amont immédiat de la formation. On retrouve sur ce type de formation l'espèce *P. melanodon* qui, étant une espèce semi-aquatique de berge, trouve ici un milieu émergé mais humide idéal pour son développement. Le type « Cascade » désigne, quant à lui, une formation tufeuse de taille intermédiaire. En effet sur le bassin, 3 types de formations tufeuses se ressemblent et impactent l'hydrodynamisme de manière semblable, « le seuil », « la cascade » et « la chute ». La « cascade » va désigner une formation tufeuse comprise entre environ 30 cm et 80 cm de hauteur alors qu'un « seuil » aura une hauteur inférieure 30 cm et une « chute » une hauteur supérieure à 80 cm. Ces formations peuvent ne constituer que la partie inférieure d'un gros amas de tuf néanmoins s'il y a une rupture de pente et par conséquent une chute d'eau, il s'agit d'une de ces 3 formations. Les taxons associés à la « cascade » sont *P. endiviifolia* et *L. turbinata*.

Le second sous-groupe associé au faciès lentique regroupe les types 3 et 5, c'est-à-dire les « chutes » (cf. ci-dessus) et les « fluviales ». Les « fluviales » sont les formations tufeuses immergées ou légèrement émergées mais dont la présence impacte beaucoup moins l'écoulement des eaux que pour les autres types. Le taxon principal associé aux « fluviales » est *F. antipyretica* qui peut aller jusqu'à les recouvrir totalement. Pour les « chutes » le taxon principal associé est *P. commutata* qui est relativement rare sur le bassin tout comme ces formations.

Surveillance de la qualité écologique et gestion du Vers et au-delà

Des recouvrements très importants de *F. antipyretica* (Nougayrol) ou d'*A. riparium* ont été observés à l'aval de la Rauze et pourraient traduire une élévation de la trophie du cours d'eau au niveau de ces zones. Néanmoins, ces espèces relativement ubiquistes peuvent également se développer de manière importante dans des conditions non dégradées, par exemple dans des cours d'eau oligotrophes pour *F. antipyretica* (Vanderpoorten, 1999) ou dans des conditions difficiles avec des assècs fréquents qui empêchent d'autres taxons aquatiques de s'implanter durablement. L'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (AFNOR, 2004) ne variant pas entre deux stations suivies, une à l'amont de l'enrichissement en *A. riparium* (station amont : IBMR= 12.7) et une à l'aval au niveau de l'enrichissement en *F. antipyretica* (IBMR=12.8), il ne semble pas y avoir de dégradation de la qualité trophique de l'eau sur la Rauze.

Ce point de référence sur le Vers est important pour le suivi temporel écologique du Vers, pour les rivières du Parc, mais il pourra être aussi plus largement utilisé sur les bassins versants de la Dordogne et du Lot, par exemple dans le cadre des travaux de restauration écologiques de barres tufeuses du Céou (Le Gall et al., 2016), voire au-delà vers le Massif Central (Charrissou, comm. pers.), ou ailleurs dans le Sud-Ouest (Jacques Pages, comm. pers.).

Une méthode d'échantillonnage a été validée par des données de terrain sur tout le bassin versant, compatible avec les méthodes de surveillance standardisées sur les Macrophytes aquatiques en rivière de plaine en Europe (Viera et al., 2016) s'intéressant à un groupe de taxons inféodés à la qualité des eaux, permettant donc une veille écologique à l'échelle de ce bassin-versant.

Un autre élément important à noter est la validation de la longueur de tronçon de cours d'eau choisi pour l'échantillonnage des Bryophytes aquatiques du bassin versant du Vers. En effet ce paramètre varie beaucoup en fonction des auteurs, passant de tronçons de 30 mètres de long sur 5 centimètres de large pour déterminer si des groupes de Bryophytes peuvent être indicateurs de la permanence hydrologique sur les cours d'eau forestiers en tête de bassin (Fritz & al., 2008) à des tronçons de 100 mètres de long pour explorer le lien entre des groupes taxonomiques de Bryophytes et les paramètres environnementaux à l'échelle du microhabitat (Vieira & al., 2012) ou des tronçons de 50 mètres de long sur 2 mètres de large afin de définir la niche écologique de certains Bryophytes en relation avec des paramètres environnementaux (Ceschin & al., 2011) et parfois simplement des quadrats pour observer les relations entre l'abondance des Bryophytes et leur distribution à différentes échelles (Heino & Virtanen, 2006). Le milieu aquatique étant un milieu graduel souvent en mosaïque, il n'y a pas d'entités stables (surtout en tête de bassin versant) permettant d'appliquer une méthode phytosociologique. C'est pourquoi pour cette étude, dont un des objectifs était de recenser le plus exhaustivement possible les Bryophytes aquatiques du bassin, il a été décidé de se baser sur une longueur de tronçon relativement longue (100 mètres). Par la suite on a validé cette longueur afin de savoir si elle était suffisante ou non pour atteindre la RS_{max} .

Cela a été fait au moyen de courbes d'accumulation d'espèces par station qui ont montré que l'asymptote est atteinte dans les 100 premiers mètres dans la plupart des cas. Il est intéressant de voir que la longueur choisie et validée pour le protocole d'échantillonnage correspond à la longueur choisie pour les stations de l'Indice Biologique Macrophytes en Rivières (NF T90-395) et de l'étude de Viera et al. (2016) à l'échelle Européenne qui utilisent ces protocoles pour répondre à la DCE.

Ainsi en termes de préconisations de gestion des Bryophytes sur le bassin du Vers, certains taxons tels que *P. endiviifolia*, *C. filicinum* ou encore *R. riparioïdes* sont plutôt ubiquistes et ne nécessitent pas de mesures de gestion particulière afin de se maintenir sur le bassin. Néanmoins des taxons plus rares comme *P. commutata* qui est lié à la présence de formation tufeuse de type « Chute » et dans le même temps est caractéristique de l'habitat 72.20, tout comme *C. filicinum*, ou les hépatiques à thalles telles que *C. conicum*, *L. cruciata* ou encore *M. polymorpha* qui ont besoin d'un écoulement permanent pour se maintenir, devraient faire l'objet de mesures de suivi et dans l'idéal de la mise en place de mesures de conservation au niveau de leur habitat pour éviter leur disparition du bassin. Le fait que la présence de ces hépatiques à thalles soit conditionnée par la permanence hydrologique peut également en faire de bons indicateurs en termes de gestion quantitative de la ressource en eau de surface sur le bassin du Vers, et un suivi des changements climatiques sur le long terme comme dans l'étude Vieira et al. (2016).

Concernant les formations tufeuses, il n'existe pas dans la bibliographie de mode de gestion unique et applicable à tous les hydro systèmes. Néanmoins d'après Bensettiti & al. (2002), la gestion de cet habitat doit se faire en évitant toute perturbation, qu'elle soit physico-chimique, biologique ou structurale, du fait des conditions écologiques strictes nécessaires au développement et au maintien des communautés s'y développant ainsi qu'à la taille réduite des biotopes d'accueil. Cela implique de sensibiliser les usagers des cours d'eau par rapport au fait de marcher sur les formations tufeuses, ou de les raboter sous prétexte qu'elles bloquent l'écoulement des eaux et peuvent provoquer des inondations. D'après Spoljar & al., 2011, la formation du tuf étant facilitée notamment par des conditions oligotrophiques* et un courant important, il est nécessaire, dans la mesure du possible, d'éviter toute perturbation physico-chimique et de faire en sorte de maintenir l'écoulement des eaux, en entretenant a minima la rivière (gestion des embâcles et de la ripisylve).

En termes de perspectives, cette étude montre qu'adapter la gestion d'un bassin versant à ses spécificités écologiques est important. En effet, cette richesse bryophytique du Vers était méconnue. Par ailleurs, il est intéressant de noter que ce travail constitue une étude originale sur les discontinuités naturelles de la rivière et présente l'impact positif des barres de tuf sur l'écologie du cours d'eau, alors que beaucoup de projets actuels en restauration de cours d'eau œuvrent pour des continuités des masses d'eau et de la libre circulation piscicole (Trame bleue). Donc, une fois encore, adapter la gestion aux réalités écologiques locales semble une évidence.

Les prochaines étapes de ce travail seraient de faire le lien avec la physico-chimie des eaux du Vers, de proposer une gestion des barres de tuf par rapport au risque inondation et une sélection de sites pour la bioindication et le suivi à long terme (qualité chimique et changement climatique).

Glossaire

Basophile : espèce qui préfère ou nécessite des sols ou des substrats alcalins (calcaires), au pH basique.

Formations tufeuses : le tuf est une roche poreuse très légère provenant de l'encroûtement de la végétation aquatiques et des plantes riveraines.

Hydrophile : qui a une affinité pour l'eau et a tendance à s'y dissoudre.

Hygrophile : qui aime l'humidité, qui vit dans les milieux humides, en zone lacustre ou palustre (marais).

Lentique : un système lentique est propre aux eaux douces calmes, avec un caractère des eaux stagnantes ou faiblement courantes (type étangs, lacs ou mares).

Lotique : un système *lotique*, est ce qui est propre aux eaux courantes. Les eaux lotiques sont l'opposé des eaux stagnantes.

Oligotherme

Oligotrophique : il s'agit d'un milieu pauvre en matières organiques autrement dit en matières nutritives.

Photophile : un organisme *photophile* apprécie la lumière, il nécessite un éclairage important et ne se développe que dans une station bien exposée à la lumière.

Planitiaire : une zone, une région *planitiaire*, s'utilise à propos de l'étage correspondant aux plaines et collines et des plantes qui y vivent.

Rhéophile : il désigne les espèces qui vivent dans le courant d'eau, typiquement dans les rapides des rivières.

Taxons : un taxon correspond à une entité d'êtres vivants regroupés parce qu'ils possèdent des caractères en communs du fait de leur parenté, et permet ainsi de classer le vivant à travers la systématique.

Thermophile : organisme qui affectionne les températures élevées, qui aime la chaleur

Trophique :

Trophique : se rapporte à la nutrition

Ubiquiste : se dit d'une espèce dont l'aire de répartition est très étendue

Bibliographie

- AFNOR. (2004) Qualité de l'eau. Détermination de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière (IBMR). Norme française T pp. 90-395.
- BAILLY G., VADAM J.C. (2004), VERGON J.P. Guide pratique d'identification des bryophytes aquatiques. Ministère de l'écologie et du développement durable. DIREN Franche-Comté. 157p.
- BARDAT J.& HAUGEL (2002). Synopsis bryologique pour la France. Cryptogamie, Bryologie, 23 (4) pp 279-343.
- BERNEZ, I., PINGRAY, A., LE CŒUR, D. (2005), Entretien des berges de petits cours d'eau dans le bocage Sud Manche : Réponses de la végétation herbacée aux processus écologiques et agricoles, Ingénieries-EAT, n°43 pp 55-69.
- BENSETTITI F., GAUDILLAT V., HAURY J. (2002) Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/ MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p + cédérom.
- BUCCINO G., D'ARGENIO B., FERRERI V., BRANCACCIO L., FERRERI M., PANICHI C., STANZIONE D., 1978. I travertinidella bassa valle d'El Tanagro (Campania). Studio geomorphologia, sedimentologia e geochimico. Boll. Soc. Geol. It. (97) pp 617-646.
- CESCHIN S., ALEFFI M., BISCEGLIE S., SAVO V., ZUCCARELLO V., Aquatic bryophytes as ecological indicators of the water quality status in the Tiber River Basin (Italy). Ecological Indicators (14) pp 74-81.
- COUDREUSE J., HAURY J., BARDAT J. & REBILLARD J.P. (2005). Les bryophytes aquatiques et supra-aquatiques. Clé d'identification pour la mise en oeuvre de l'Indice Biologique Macrophytique en Rivière. Les Etudes de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne, Toulouse. 132 p.
- COUDERC J.M. (1977). Les tufs de Touraine. Norois (95). 59p.
- DEPERIERS-ROBBE S. (2000). Etude préalable à l'établissement du livre rouge des Bryophytes menacées de France métropolitaine, Ministère de l'Environnement, D.N.P., Laboratoire de Phytogéographie, Université de Caen, 221 p.ECCB, 1995.Red Data Book of European Bryophytes. E.C.C.B., Trondheim, 291p.
- FRITZ K.M., GLIME J.M., HRIBLJAN J., GREENWOOD J.L. (2009). Can bryophytes be used to characterize hydrologic permanence in forested headwater streams? Ecological Indicators. Vol 9 pp 681-692.
- GEURTS M.A. (1976). Formation de travertins postglaciaires en Belgique. In: VOGT T. (Editor): Colloque Types de croûtes et leur répartition régionale, Strasbourg 9-11 Janvier 1975. Université de Louis Pasteur. Strasbourg pp 76-79.
- HEINO J., PAAVOLA R., VIRTANEN R., MUOTKA T. (2005). Searching for biodiversity indicators in running waters: Do bryophytes, macroinvertebrates, and fish show congruent diversity patterns? Biodiv. Cons. (14) pp 415-428
- HEINO J. & VIRTANEN R. (2006). Relationships between distribution and abundance vary with spatial scale and ecological group in stream Bryophytes. Freshwaterbiology.,(51) pp1879-1889.

Bibliographie (suite)

- HUGONNOT V. (2007). Etude d'incidences du projet d'autoroute A48 sur le site Natura 2000 FR8201727 de l'Isle Crémieu. Recherche et caractérisation d'habitats tufeux. ALB. OGE. 27 p.
- IRION G. & MULLER G. (1968). Mineralogy, petrology and chemical composition of sommé calcareous tufa from the Swabische Alb, Germany. In: MULLER G. & FRIEDMEN G.M. (Editors): Recent developments in carbonate sedimentology in Central Europe. Springer-Verlag. Berlin pp 157-171.
- LE GALL, P., FRIDRICK, L., PIOCH, S. (2016) (en cours). Restauration écologique de barres de tuf en ruisseau karstique 21p.
- PEDLEY H.M. (1990). Classification and environmental models of cool freshwater tufas. *Sediment Geol.*, (68) pp 143-154
- PENTECOST A.&LORD T. (1988). Postglacial tufas and travertines from the Craven District of Yorkshire. *Cave Science*. (15) pp 15-19.
- SCHNEIDER J., SCHROEDER H.G., LE CAMPION-ALSUMARD T., 1983. Algal micro-reefs-coated grains from freshwater environments. In: PERYT T.M. (Editor) Coated grains. Springer-Verlag. Berlin pp 284-298.
- SPOLJAR M., STAFIĆ D., OSTOJIC A., DRAZINA T., MATONICKIN-KEPCIJA., KRAJL BOROJEVIC K., PRIME B., (2011). Tufa deposition in a karst stream as an indicator of water quality (Papuk Nature Park, Croatia). *Ribarstvo*. (69) pp 137-151.
- SYMOENS J.J., DUVIGNEAUD P., VANDEN BERGEN C. (1951). Aperçu sur la végétation des tufs calcaires de la Belgique. *Bull. Soc. R. Bot. Belg.*(83) pp 329-352.
- Ter BRAAK, C.J.F. (1997). CANOCO for Windows. Wageningen.
- VANDERPOORTEN A.& DURWAEL L. (1999). Trophic response curves of aquatic bryophyte in lowland calcareous streams. *The Bryologist*. 102(4) pp 720-728.
- VANDERPOORTEN A. (1998). Observations bryologiques dans les rivières bien minéralisées des bassins de la Meuse et de l'Escaut en Wallonie. *Natura Mosana*, 51 (3) pp 54-59.
- VANDERPOORTEN A., KLEIN J.P. (2000). Aquatic bryophyte assemblages along a gradient of regulation in the river Rhine. *Hydrobiologia* (410) pp 11-16.
- VANDERPOORTEN A., PALM R., (1998). Canonical variables of aquatic bryophyte combinations for predicting water trophic level. *Hydrobiologia* (386) pp 85-93.
- VAREILLE-MOREL C. (1979) Les milieux biotiques du Céou (Affluent de la Dordogne) : Etude spéciale des dépôts calcaires et de leur rôle. Mémoire de Thèse, Université des Sciences et Techniques du Languedoc.
- VIEIRA C., SENECA A., SERGIO C., FERREIRA M.T. (2012). Bryophyte taxonomic and functional groups as indicators of fine scale ecological gradients in mountain streams. *Ecological Indicators*,(18) pp 98-107.
- C. VIEIRA . F. C. AGUIAR . A. P. PORTELA . J. MONTEIRO .P. J. RAVEN . N. T. H. HOLMES . J. CAMBRA . N. FLOR-ARNAU .C. CHAUVIN . S. LORIOT . T. FERET . G. DORFLINGER . M. GERM . U. KUJAR . E. PAPASTERGIADOU . P. MANOLAKI . M. R. MINCIARDI . A. MUNNE . G. URBANIC . M. T. FERREIRA (2016), Bryophyte communities of Mediterranean Europe: a first approach to model their potential distribution in highly seasonal rivers, *Hydrobiologia* 18p.



Regards sur le Parc
Bulletin du Conseil scientifique et de prospective
du Parc naturel régional des Causses du Quercy

Edition du Parc naturel régional des Causses du Quercy
Directrice de publication : Catherine Marlas

Numéro 35, mai 2017