

LES VÉGÉTATIONS BRYOPHYTIQUES des formations tufeuses de Nouvelle-Aquitaine

Typologie, composition floristique, répartition,
patrimonialité et état de conservation



LES VÉGÉTATIONS BRYOPHYTIQUES

des formations tufeuses

de Nouvelle-Aquitaine

RÉDACTION et ANALYSE

Pierre LAFON et Isabelle CHARISSOU

INVENTAIRE DE TERRAIN

Isabelle CHARISSOU

GESTION DE LA BASE DE DONNEES

Aurélien BELAUD

SAISIE DES DONNÉES

Isabelle CHARISSOU

RELECTURE

Aurélien BELAUD, Emilie BERNARD, Grégory CAZE, Marta INFANTE-SANCHEZ, Cécile PONTAGNIER

DIRECTION SCIENTIFIQUE

Grégory CAZE

Remerciements

Nous avons le plaisir de remercier le réseau de botanistes, géologues et spéléologues qui nous ont indiqué des stations de tufs et sans qui nous n'aurions pas pu réaliser ces campagnes d'inventaires : Michel AUDOUIN (SFESS), Gabriel BALLOUX (CRES/GEREVeP), Stéphane BARBIER (Deux-Sèvres Environnement), Jean-Christophe BARTOLUCCI (CEN-N-A), Bernard BÉDÉ (SBP), Emilie BERNARD (CBNSA), Gérard BOUSQUET (Club de Recherche et d'Exploration Souterraine), Eric BRUGEL (LPO), Monique BRUN (SBCO), Nicolas COTREL (Deux-Sèvres Environnement), Julie DABKOWSKI (CNRS), Marie-Christine DELMASURE (CSR Nouvelle-Aquitaine), Danielle DOUCET (Association de recherches spéléologiques de La Rochefoucauld), Sébastien FOURNIER (CEN-N-A), Frédéric FY (CBNSA), Denis GIBELIN (CSR Nouvelle-Aquitaine), Corine OOSTERLEE (SBP), Stéphane RENIÉ (Responsable Département Hydrogéologie), Jean TERRISSE. Nous remercions également plusieurs d'entre eux pour nous avoir guidés et accompagnés sur le terrain.

Merci à Christophe LAPLACE-TREYTURE (INRAE) et à Pascal LABROUSSE (Université de Limoges) pour leur aide à la détermination.

Enfin merci à Margaux MISTARZ et Vincent GAUDILLAT (Patrinat/MNHN) pour nos échanges sur l'habitat UE 7220.

Référencement bibliographique

LAFON P. & CHARISSOU I., 2021 - *Les végétations bryophytiques des formations tufeuses de Nouvelle-Aquitaine. Typologie, composition floristique, répartition, patrimonialité et état de conservation*. Audenge : Conservatoire botanique national Sud-Atlantique. 50 p.

Crédits photos couverture

Photo 1 : Cascade tufeuse à Condat-sur-Vézère en Dordogne (P. Lafon) ; Photo 2 : *Eucladium verticillatum* (A. Belaud) ; Photo 3 : Ruisseau en cascade à Azerat en Dordogne (P. Lafon) ; Photo 4 : *Apopellia endiviifolia* (A. Belaud).

Les photos de ce rapport sont d'Isabelle Charissou et Pierre Lafon sauf mention contraire.

PARTENAIRE FINANCIER

Ce travail a été financé par la DREAL Nouvelle-Aquitaine dans le cadre de la politique Natura 2000.



Partenaires financiers du syndicat mixte du CBNSA :



SOMMAIRE

Introduction.....	4
I Objet d'étude	5
I.1 Objectifs.....	5
I.2 Limite géographique.....	5
I.3 Végétations ciblées.....	5
II Méthodologie	6
II.1 Le choix de la phytosociologie.....	6
II.2 Exploitation des ressources documentaires.....	7
II.3 Consultation du réseau naturaliste	7
II.4 Prospections de terrain	8
II.5 Référentiel utilisé	8
III Les formations de tufs.....	9
III.1 Les sources tufeuses.....	9
III.2 Les ruisseaux à barrages de tuf	10
III.3 Les encroûtements à <i>Eucladium</i>	11
III.4 Sources de pentes	11
IV La flore des tufs.....	12
IV.1 Les taxons de bryophytes rencontrés	13
IV.2 Evaluation patrimoniale des bryophytes	16
IV.3 Les taxons de la flore vasculaire.....	19
IV Les végétations et les habitats sur tufs.....	20
IV.1 Présentation du synsystème	20
IV.2 Méthodologie.....	20
IV.3 Problématiques synsystématiques	21
IV.4 Le synsystème des végétations observées.....	22
IV.5 Les associations végétales des tufs de Nouvelle-Aquitaine	24
• <i>Eucladietum verticillati</i> (P. Allorge 1922) W. Braun 1968	24
• <i>Cratoneuretum commutati</i> (Gams 1927) Walther 1942	25
• Groupement à <i>Pellia endiviifolia</i> et <i>Cratoneuron filicinum</i> G. Bailly 2005	27
• Groupement à <i>Cratoneuron filicinum</i> et <i>Rhynchostegium riparioides</i> G. Bailly 2012.....	28
• Groupement à <i>Eupatorium cannabinum</i> et <i>Adiantum capillus-veneris</i>	28
IV.6 Répartition régionale des associations étudiées	29
IV.7 Rattachement à la directive habitats-faune-flore.....	31
V Evaluation patrimoniale des végétations.....	33

V. 1 Méthodologie	33
V. 2 Résultats	35
V. 3 Atteintes et menaces	35
VI Evaluation de l'état de conservation	38
VI.1 Evaluation générale du rapportage 2013-2018	38
VI.2 Aire de répartition.....	38
VI.3 Surface.....	39
VI.4 Structures et fonctions.....	40
• Indicateurs pour les espèces caractéristiques	40
• Indicateurs les espèces indicatrices d'enrichissement trophique.....	41
• Indicateur sur les espèces indicatrices d'assèchement.....	42
• Synthèse de l'état de conservation	42
• Proposition de grille d'évaluation d'état de conservation de l'HIC UE 7220	43
Conclusion et perspectives.....	44
Bibliographie	45
Liste des annexes.....	50
Annexe 1 : Liste des espèces indicatrices d'eutrophisation et d'assèchement.....	51
Annexe 2 : Résultats complets de l'évaluation de l'état de conservation de l'HIC UE 7200*	53

Introduction

Les Conservatoires botaniques nationaux (CBN) sont en charge, en vertu de leurs missions de service public relatives à la connaissance et la conservation de la flore sauvage et des habitats naturels et semi-naturels, d'une mission permanente consistant en la « *surveillance de l'état de conservation des espèces [...] et des habitats [...] d'intérêt communautaire, en vue d'une évaluation régulière aux niveaux biogéographique et national* ».

A ce titre, et conformément aux engagements nationaux pris dans le cadre de la directive « Habitats-Faune-Flore », le CBN Sud-Atlantique réalise tous les six ans depuis 2007, une évaluation de l'état de conservation de l'ensemble des espèces et habitats d'intérêt communautaire sur son territoire d'agrément (« rapportage européen »), sous la coordination nationale du service de coordination technique des CBN au sein de l'Agence Française de la Biodiversité (AFB) et du MNHN.

Cette évaluation se heurte toutefois en Nouvelle-Aquitaine à un déficit important de connaissances sur les végétations et à un manque de structuration des données existantes mobilisables (cartographies, etc.), compliquant considérablement les évaluations.

De plus, du fait de lacunes importantes dans la connaissance des végétations du Sud-Ouest et, par conséquent, des habitats d'intérêt communautaire, de nombreuses problématiques apparaissent lors de la réalisation des cartographies d'habitats dans le cadre de l'élaboration des DOCOB ou lors de l'animation.

Pour y remédier, le CBNSA engage des études phytosociologiques par système écologique, basées sur une synthèse des données bibliographiques et sur la production de données inédites, récoltées grâce à des campagnes de terrain spécifiques. Ainsi, plusieurs milieux emblématiques de la région ont fait l'objet d'études :

- Les végétations de landes et tourbières d'Aquitaine (Lafon *et al.*, 2015a) ;
- Les végétations des dunes littorales non boisées d'Aquitaine (Lafon *et al.*, 2015b) ;
- Les végétations forestières d'intérêts communautaires de Poitou-Charentes (Gouel & Bissot, 2016) ;
- Les prairies subhalophiles d'Aquitaine (Beudin *et al.*, 2016) ;
- Les végétations de prés salés de Poitou-Charentes (Bissot, 2016) ;
- Les végétations de landes de Poitou-Charentes (Bissot, 2017) ;
- Les végétations ouvertes des étangs arrière-littoraux et des lagunes des Landes de Gascogne (Lafon & Le Fouler, 2019) ;
- Les végétations prairiales des vallées alluviales d'Aquitaine-Poitou-Charentes (Bissot *et al.*, 2019) ;
- Les pelouses calcicoles et les bas-marais alcalins de Nouvelle-Aquitaine (travail en cours).

C'est dans ce contexte qu'a été menée entre 2019 et 2021 une étude sur les végétations bryophytiques des tufs de Nouvelle-Aquitaine (hors massif pyrénéen et hors bassin de Brive) éligibles à l'habitat d'intérêt communautaire (HIC) UE 7220* (Sources pétrifiantes avec formation de travertins [*Cratoneurion*]). Cette étude est complémentaire à celle, plus large, sur les végétations de plantes vasculaires des pelouses calcicoles et des bas-marais alcalins.

Le présent travail se veut ainsi une première synthèse et une contribution à l'amélioration des connaissances de ces végétations et de l'HIC UE 7220 au niveau régional, pour une meilleure prise en considération dans les politiques de conservation de la nature.

I Objet d'étude

I.1 Objectifs

Cette étude vise à plusieurs objectifs afin de dresser ce premier état des connaissances sur les végétations des formations tufeuses :

- Clarifier la définition de l'habitat d'intérêt communautaire UE 7220* - Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) dans la région ;
- Dresser la liste des végétations éligibles à cet habitat et présentes sur la région par un travail de compilation des données bibliographiques et la réalisation de relevés phytosociologiques inédits. Cette liste des végétations servira de référentiel unique pour l'actualisation des typologies et des cartographies des sites Natura 2000 concernés ;
- Affiner la caractérisation floristique et écologique de ces végétations ;
- Proposer une première chorologie régionale des végétations étudiées ;
- Présenter des premiers éléments d'évaluation patrimoniale afin de guider les gestionnaires dans leurs choix de restauration et de gestion.

I.2 Limite géographique

Cette étude s'étend sur une grande partie des secteurs calcaires de plaine de la région Nouvelle-Aquitaine. Toutefois, l'étude s'est essentiellement concentrée sur les régions les plus riches en végétations cibles (dans l'état actuel des connaissances) et notamment la Dordogne, la Gironde et la Charente. Le Bassin de Brive (Corrèze) où ces végétations sont potentielles ou bien le sud de la région (Landes et Pyrénées-Atlantiques) n'ont pas fait l'objet de prospections lors de cette étude. Il sera nécessaire de compléter les prospections de ces secteurs afin de valider la présence de ces végétations et de possibles originalités floristiques.

I.3 Végétations ciblées

Cette étude s'est centrée sur les végétations herbacées des alliances phytosociologiques suivantes :

- Communautés de sources et de petits cours d'eau neutro-alcalins à débit soutenu dominées par des hépatiques à thalle du *Pellion endiviifoliae* Bardat in Bardat & Hauguel 2002 *nom. prov.* (art. 3b)

- Communautés des sols riches en calcium, plus ou moins thermophiles, dominées par des petites bryophytes tufigènes du *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* Bardat in Bardat & Hauguel 2002 *nom. prov.* (art. 3b)

Toutefois, certaines végétations bryophytiques appartenant à d'autres alliances phytosociologiques ont également été relevées afin d'étudier leur rattachement à l'HIC UE 7220 (Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*)). L'alliance montagnarde du *Cratoneurion commutati* W. Koch 1928 n'a pas fait l'objet d'inventaire dans ce cadre.

II Méthodologie

II.1 Le choix de la phytosociologie

Afin de répondre aux objectifs de cette étude, c'est la phytosociologie sigmatiste qui a été choisie. En effet, la végétation est un très bon intégrateur et indicateur des variables environnementales et du fonctionnement du système (Rameau, 2001). Ainsi, la phytosociologie étudie de façon descriptive et causale les communautés végétales et leurs relations avec le milieu. **Mais l'objectif de la phytosociologie n'est pas uniquement la description et la classification syntaxonomique, c'est également l'étude de leur dynamique, de leurs relations avec les variables environnementales, de leur histoire, c'est-à-dire de leur évolution future et passée.** (Millet *et al.*, 2017).

La phytosociologie s'appuie sur le concept de syntaxons qui sont ordonnés dans un système hiérarchique. Chacun de ces syntaxons a une définition statistique floristique et une définition écologique et dynamique. L'association végétale est l'unité de base de la phytosociologie.

Le référentiel phytosociologique a ainsi été privilégié à CORINE biotope (Bissardon *et al.*, 1997) **et à EUNIS** (Moss, 2008) car ces derniers sont moins adaptés à un travail fin de connaissance locale dans une optique de gestion conservatoire.

Les différentes unités végétales des référentiels phytosociologiques ont des définitions statistiques basées sur un cortège floristique commun et une écologie spécifique (de Foucault, 1984) ce qui n'est pas le cas des référentiels d'habitats dont la définition est parfois basée sur quelques espèces floristiques (mais pas toujours) et sur une écologie sommaire (Bouzillé, 2014). Cela rend leur interprétation fortement discutable et source d'erreurs récurrentes, notamment lors des phases d'interprétation cartographique. Ainsi le système phytosociologique est plus solide scientifiquement bien que plus complexe à appréhender. Il est donc nécessaire d'y associer des outils d'aide à la reconnaissance des végétations (clés de détermination notamment). De plus, seule la classification phytosociologique permet de relier les végétations entre elles selon des gradients écologiques ou des successions végétales, ces informations étant incontournables pour orienter la gestion (Géhu & Rivas-Martínez, 1981).

Les différents postes typologiques des référentiels EUNIS et CORINE biotopes sont définis de manière hétérogène selon les habitats et leur écologie. Si certains postes sont plutôt bien déclinés et représentatifs de la diversité floristique et écologique de l'habitat en question, d'autres en revanche manquent de précision.

Contrairement aux référentiels CORINE biotopes et EUNIS, le référentiel phytosociologique est évolutif et peut être régulièrement complété par de nouvelles associations végétales validées selon le code de nomenclature phytosociologique (Theurillat *et al.*, 2021). Lorsque les végétations n'ont pas encore fait l'objet d'une validation nomenclaturale, elles peuvent toutefois être rajoutées dans l'attente d'une validation ultérieure, lorsqu'elles seront mieux appréhendées. Un référentiel figé peut poser des problèmes importants d'identification dans des secteurs géographiques méconnus, comme c'est le cas dans le sud-ouest de la France.

Enfin, il est important de rappeler que **c'est à partir de la végétation, et donc de la phytosociologie, que sont identifiés les habitats et non l'inverse** (Guinochet, 1973 ; Rameau, 2001). L'habitat étant une

notion de définition plus large englobant le ou les groupements végétaux, le ou les groupements faunistiques et tous les facteurs biotiques et abiotiques.

La phytosociologie sigmatiste est, aujourd'hui, la méthode la plus utilisée en Europe pour décrire la végétation (Millet *et al.*, 2017).

II.2 Exploitation des ressources documentaires

À notre connaissance, aucune étude sur les végétations des tufs n'a été réalisée sur la partie planitiaire de la région Nouvelle-Aquitaine. La bibliographie décrivant des végétations dans les régions limitrophes ou dans des secteurs géographiques à climats plus ou moins proches (de Zuttere, 1982 ; Couderc, 1977 ; Bailly 2005, 2012 ; Hauguel & Messean, 2019, etc.) a donc été consultée et analysée pour pallier ce manque de connaissance.

Afin d'orienter les prospections, les articles et rapports d'études mentionnant ces végétations ou les espèces cibles ont été inventoriés. Très peu de bibliographies spécifiquement consacrées aux tufs de Nouvelle-Aquitaine ont ainsi été identifiées. Pour le département de la Dordogne, l'étude géologique très poussée d'Hoffman (2005, 2007) a donné des indications mais les sites y sont localisés de façon très approximative. Pour les départements de la Vienne et des Deux-Sèvres, des tentatives de localisation ont été faites en considérant des espèces indicatrices (*Palustriella commutata* et *Eucladium verticillatum*) citées dans les catalogues de Barbier (1973) et Rallet (1966), mais la précision des localisations est souvent réduite à la commune. Pour la Vienne, une station a pu être localisée sur la base d'une mention de « source tufeuse » par Baron (2003).

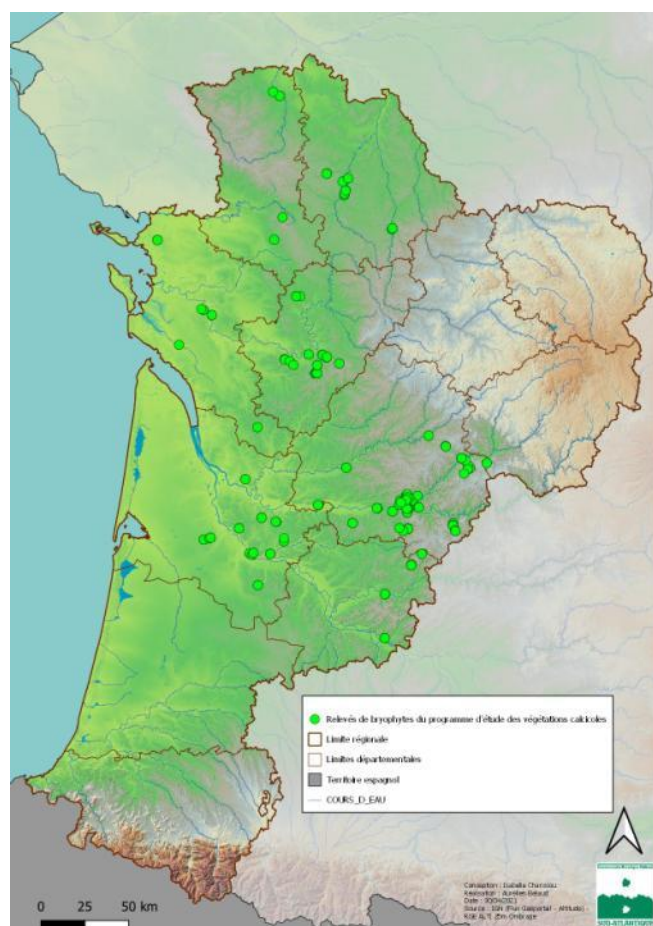
II.3 Consultation du réseau naturaliste

Du fait du manque de bibliographie locale, la localisation des végétations tufeuses a été faite principalement grâce à l'aide d'observateurs de terrain :

Michel AUDOUIN (SFESS/FFS), Gabriel BALLOUX (CRES / GEREVeP), Stéphane BARBIER (Deux-Sèvres Environnement), Jean-Christophe BARTOLUCCI (CEN Nouvelle-Aquitaine), Bernard BÉDÉ (SBP), Emilie BERNARD (CBNSA), Gérard BOUSQUET (Club de Recherche et d'Exploration Souterraine), Eric BRUGEL (LPO), Monique BRUN (Société Botanique de Charente), Nicolas COTREL (Deux-Sèvres Environnement), Julie DABKOWSKI (Chargée de recherche CNRS, Laboratoire de Géographie Physique : Environnements quaternaires et actuels), Marie-Christine DELMASURE (Comité Spéléologique Régional de Nouvelle-Aquitaine), Danielle DOUCET (Association de recherches spéléologiques de La Rochefoucauld), Sébastien FOURNIER (CEN Nouvelle-Aquitaine), Frédéric FY (CBNSA), Denis GIBELIN (Comité Spéléologique Régional de Nouvelle-Aquitaine), Corine OOSTERLEE (SBP), Stéphane RENIÉ (Responsable Département Hydrogéologie), Jean TERRISSE.

II.4 Prospections de terrain

Dix-sept jours de terrain ont été consacrés aux inventaires sur des sites tufeux, sur socle calcaire, dispersés sur l'ensemble de la région. La zone la plus riche en sites notables s'étend de l'est du département de la Dordogne à l'Entre-deux mers. Mais de grosses formations existent aussi dans l'Angoumois, le nord des Deux-Sèvres ou l'ouest de la Charente-Maritime. Il ne s'agit là que d'un premier aperçu. Des sites connus mais non inventoriés lors de cette étude se trouvent en limite sud-ouest de la Corrèze et dans la partie montagneuse des Pyrénées-Atlantiques (hors territoire d'agrément du CBNSA).



Localisation des relevés phytosociologiques réalisés lors de cette étude

II.5 Référentiel utilisé

La nomenclature taxonomique des plantes vasculaires suit la version 14 de TAXREF (Gargominy et *al.*, 2020).

III Les formations de tufs

L'eau de pluie en s'infiltrant dans certains sols va se charger en CO_2 ce qui va permettre une dissolution du calcaire de la roche et une concentration en bicarbonate dissous plus ou moins importante dans cette eau. En ressortissant à l'air libre, cette eau va perdre son CO_2 et son carbonate de calcium dissous qui va alors se déposer et former des dépôts tufeux (Hauguel & Messean, 2019).

Différents facteurs favorisent ce dépôt : la présence de certains végétaux, l'écoulement de l'eau (l'eau agitée augmente la surface de contact entre l'air et l'eau et la précipitation du carbonate de calcium), la température de l'eau (l'eau froide contient plus de CO_2 et de carbonate de calcium sous forme dissoute), etc. (Hauguel & Messean, 2019).

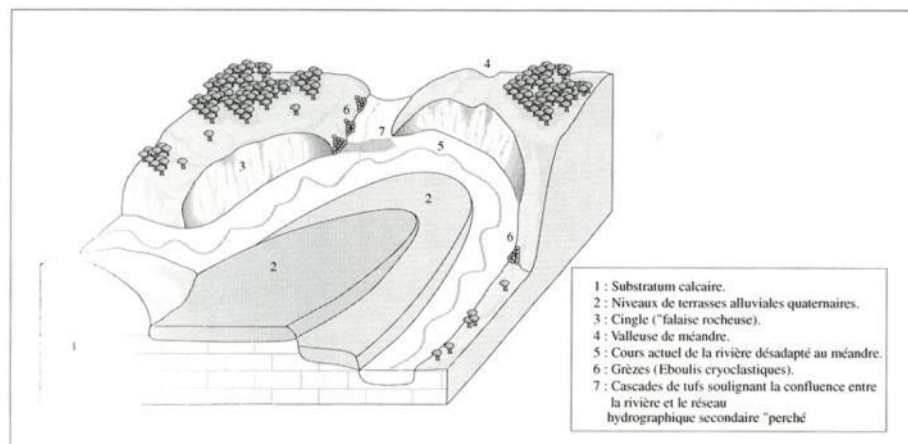
Cette précipitation de carbonate de calcium va donner différents types de formations suivant la géomorphologie ou le fonctionnement hydrologique.

III.1 Les cascades tufeuses

Ces formations nécessitent des écoulements permanents avec un dénivelé important (pente > 30°).

Le creusement des cingles de la Dordogne dans la roche calcaire entraîne la présence fréquente de cascades de tuf, le réseau hydrographique secondaire étant surélevé par rapport au lit de la rivière. C'est le cas des cingles de Trémolat et de Limeuil, avec les écoulements de Beaulieu, de Basse Grèze, de Beauregard, ou de Mauzac.

Schéma morphologique simplifié d'un méandre de la vallée de la Dordogne, (type cingle de Trémolat, inspiré de Barrere, 1965) Hoffmann, 2005





Cascade tufeuse de Condat-sur-Vézère (Dordogne)

III.2 Les ruisseaux à barrages de tuf

Ce type de formation, nommé « rivière incrustée à cascadelles » par Hauguel et Messean (2019), se forme dans des ruisseaux et va dépendre de la charge minérale des eaux et de la pente. Les ruisseaux de ce type observés en Nouvelle-Aquitaine ont plutôt un débit faible, ils sont alors issus de sources (Pradelle, Rèze, Boule...) et forment des concrétions sur des linéaires de quelques centaines de mètres maximum. Plus rarement, le débit peut-être plus important, lorsqu'ils sont issus de résurgences par exemple (Douime, Blame, Coly), ils forment alors des marches tufeuses sur plusieurs kilomètres de linéaire (Céou).



Ruisseau à barrage de tuf sur la Douime à Azerat (Dordogne)

La confluence avec une rivière ou un ruisseau de plus grande taille donne naissance à des concrétions plus volumineuses et à une cascade (Blame, Coly).

III.3 Les encroûtements à *Eucladium*

Ces formations que de Zuttere (1982) nomme crons ou crânières correspondent à de petits suintements des parois calcaires verticales, naturelle ou artificielle (comme les fronts de carrière ou les bords de route). Ces conditions écologiques sont assez fréquentes et ce type de formation de tuf est bien présent dans certains secteurs géographiques notamment en lien avec les végétations à *Adiantum capillus-veneris*.



Encroûtement à *Eucladium* à Missé (79)

III.4 Sources de pentes

Ce type de formation présenté par Hauguel et Messean (2019) n'a pas été étudié lors de cette étude car il est plus complexe à localiser. Cette formation se développe directement sur le sol et non sur une roche mère, sur des versants et le plus souvent à proximité de bas-marais alcalins. L'incrustation est alors visible sur le sol et sur les végétaux mais aucun travertin ne se développe.

Ces végétations restent donc à étudier dans la région en lien avec les bas-marais alcalins de l'*Hydrocotylo vulgaris-Schoenion nigricantis* (*Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae*).



Source de pente à Saint-Romans-les-Melles (79)

II La flore des tufs

II.1 Les taxons de bryophytes rencontrés

Sur l'ensemble des relevés effectués, **63 espèces de bryophytes ont pu être identifiées sur les tufs de la région**. Mais ce chiffre est à relativiser puisque près des $\frac{3}{4}$ sont présentes dans moins de 2% des relevés.

Le tableau suivant liste ces espèces auxquelles ont été ajoutés le groupe taxonomique (Hf : Hépatique à feuilles, Ht : hépatique à thalle, Ma : mousse acrocarpe, Mp : mousse pleurocarpe), la chorologie, l'écologie et la fréquence dans notre tableau phytosociologique. L'écologie s'appuie essentiellement sur Dierssen (2001) et Simmel *et al.* (2020). Pour ce dernier, nous avons fait figurer entre parenthèses le coefficient de trophie. Enfin, la chorologie est également issue de Dierssen (2001).

Taxons	Group e taxo.	Chorologie	Ecologie (trophie)	Fréquence
<i>Aneura pinguis</i>	Ht	Boréal	Mésotrophile (5)	1,45
<i>Anomodon viticulosus</i>	Mp	Tempéré	Eutrophile (7)	0,97
<i>Apopellia endiviifolia</i>	Ht	Sud-tempéré	Méso-eutrophile (6)	61,35
<i>Atrichum undulatum</i>	Ma	Circumboréal	Méso-oligotrophile (4)	0,48
<i>Brachythecium rivulare</i>	Mp	Tempéré	Méso-eutrophile	10,14
<i>Bryum dichotomum</i>	Ma	Tempéré	Méso-eutrophile	0,48
<i>Bryum gemmiparum</i>	Ma	Méditerranéo-atlantique	Mésotrophile (5)	0,48
<i>Calliergonella cuspidata</i>	Mp	Subcosmopolite	Méso-eutrophile	3,38
<i>Campylium stellatum</i>	Mp	Boréo-tempéré	Oligomésotrophile (4)	2,42
<i>Campylophyllopsis calcarea</i>	Mp	Circumboréal	Méso-oligotrophile (4)	1,45
<i>Cephaloziella baumgartneri</i>	Hf	Méditerranéo-atlantique	NR	0,97
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	Hf	Tempéré	Mésotrophile (5)	2,42
<i>Cinclidotus riparius</i>	Mp	Sud-méditerranéen	Tolérante à la pollution de l'eau	3,38
<i>Cololejeunea rossettiana</i>	Hf	Subméditerranéen-subatlantique	Oligotrophile (3)	0,48
<i>Conocephalum conicum</i>	Ht	Tempéré	Méso-eutrophile (6)	17,87
<i>Conocephalum salebrosum</i>	Ht			1,93
<i>Cratoneuron filicinum</i>	Mp	Tempéré	Méso-eutrophile (6)	43,96
<i>Ctenidium molluscum</i>	Mp	Tempéré	Oligomésotrophile (4)	1,45
<i>Didymodon spadiceus</i>	Ma	Tempéré	Mésotrophile (5)	4,35
<i>Didymodon tophaceus</i>	Ma	Sud-tempéré	Mésotrophile (5)	5,80

<i>Drepanocladus aduncus</i>	Mp	Boréo-tempéré	Eutrophile à méso-eutrophile (6)	0,48
<i>Eucladium verticillatum</i>	Ma	Sud-tempéré	Mésotrophile (5)	43,00
<i>Fissidens adianthoides</i>	Ma	Cosmopolite	Oligomésotrophile (4)	4,83
<i>Fissidens crassipes</i>	Ma	Sud-tempéré	Mésoeutrophile (6) / Tolérante à la pollution de l'eau	11,59
<i>Fissidens dubius</i>	Ma	Tempéré	Oligomésotrophile (4)	0,97
<i>Fissidens gracilifolius</i>	Ma	Tempéré	Oligomésotrophile (4)	0,48
<i>Fissidens rivularis</i>	Ma	Subatlantique	Mésotrophile (5)	0,97
<i>Fissidens taxifolius</i>	Ma	Cosmopolite	Tolérante à la pollution atmosphérique	7,73
<i>Fontinalis antipyretica</i>	Mp	Tempéré	Oligo-mésophile à eutrophile	2,90
<i>Funaria hygrometrica</i>	Ma	Tempéré	Méso-eutrophile	0,48
<i>Gymnostomum calcareum</i>	Ma	Tempéré	Oligomésotrophile (4)	1,45
<i>Gymnostomum viridulum</i>	Ma	Méditerranéo-atlantique	Oligomésotrophile (4)	0,48
<i>Homalothecium lutescens</i>	Mp	Sud-tempéré	NR	0,48
<i>Jungermannia atrovirens</i>	Hf	Boréo-tempéré	Oligomésotrophile (4)	4,83
<i>Leptodictyum riparium</i>	Mp	Cosmopolite	Méso-eutrophile	1,45
<i>Lunularia cruciata</i>	Ht	Euryméditerranéen	Méso-eutrophile	4,35
<i>Marchantia polymorpha</i>	Ht	Cosmopolite	Méso-eutrophile (sauf pour la sous-espèce <i>polymorpha</i> qui est la plus courante sur tufs : mésotrophile (5))	1,45
<i>Mesoptychia turbinata</i>	Hf	Méditerranéo-atlantique	Oligotrophile (3)	8,70
<i>Oxyrrhynchium hians</i>	Mp	Tempéré	Mésotrophile (5)	0,97
<i>Oxyrrhynchium schleicheri</i>	Mp	?	Mésotrophile (5)	0,48
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>	Mp	Tempéré	Méso-eutrophile (6)	11,11
<i>Palustriella commutata</i>	Mp	Boréo-tempéré	Mésotrophile (5)	27,54
<i>Pellia epiphylla</i>	Ht	Circumboréal	Oligo mésotrophe (4)	0,48
<i>Philonotis calcarea</i>	Ma	Boréo-tempéré	Oligotrophile (3)	1,93
<i>Philonotis fontana</i>	Ma	Subcosmopolite	OligoMésotrophile (4)	1,93
<i>Plagiomnium rostratum</i>	Ma	Cosmopolite	Mésotrophile (5)	1,93
<i>Plagiomnium undulatum</i>	Ma	Tempéré	Méso-eutrophile	12,56
<i>Pohlia lescuriana</i>	Ma	Tempéré	Oligomésotrophile (4)	0,48
<i>Pohlia melanodon</i>	Ma	Sud-tempéré	Mésotrophile (5)	2,42
<i>Pohlia wahlenbergii</i>	Ma	Boréal à large amplitude	Oligotrophile	1,93
<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i>	Ma	Subcosmopolite	Mésotrophile (5)	8,21
<i>Rhynchostegiella tenella</i>	Mp	Subméditerranéen	Oligomésotrophile (4)	1,93
<i>Rhynchostegium riparioides</i>	Mp	Subcosmopolite	Méso-eutrophile (6)	5,31

<i>Riccardia chamedryfolia</i>	Ht	Tempéré	NR	0,97
<i>Scorpiurium circinatum</i>	Mp	Boréo-tempéré	Oligotrophile (3) ?	0,48
<i>Seligeria pusilla</i>	Ma	Boréo-tempéré	Mésotrophile (5)	0,48
<i>Southbya nigrella</i>	Hf	Méditerranéo-atlantique	NR	0,48
<i>Southbya tophacea</i>	Hf	Méditerranéo-atlantique	NR	5,80
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	Mp	Tempéré	Mésotrophile (5)	4,35
<i>Thuidium tamariscinum</i>	Mp	Circumboréal ?	Mésotrophile (5)	0,48
<i>Tortella nitida</i>	Ma	Méditerranéo-atlantique	NR	0,97
<i>Trichostomum brachydontium</i>	Ma	Subméditerranéen-subatlantique	Oligotrophile	0,48
<i>Trichostomum crispulum</i>	Ma	Sud-tempéré	Oligotrophile	0,97

La majorité des espèces présentes sont des mousses au sens strict (26 espèces de pleurocarpes, 20 espèces d'acrocarpes). Selon Pentecost (2005), les hépatiques tiennent une place marginale dans ces végétations du fait d'une relative fragilité de structure par rapport aux mousses pleurocarpes et cela se confirme dans notre jeu de données. Toujours selon Pentecost, *Apopellia endiviifolia* est la seule hépatique à thalle à être incrustée de dépôt calcaire et incorporée dans le tuf. *Conocephalum conicum*, bien moins présente que la précédente, peut également se retrouver régulièrement sur des tufs à assèchement temporaire (Pentecost, 2005), elle est ainsi notée sur les nez de marche de tuf dans les ruisseaux à faible débit. Les autres hépatiques sont, pour la plupart, présentes dans les suintements ou bien là où l'alimentation en eau se fait par capillarité (*Jungermannia atrovirens*, *Mesoptychia turbinata*, *Southbya tophacea*), les autres ont été observées en marge, sur des parois très temporairement humides (*Cephaloziella baumgartneri*, *Cololejeunea rossettiana*). Une seule espèce d'hépatique à feuilles observée supporte l'immersion et le courant : *Chiloscyphus polyanthos*, qui a parfois été notée au bord des vasques formées dans les ruisseaux par les barrières de tuf.

Ainsi, les espèces les plus typiques des tufs sont *Palustriella commutata*, *Eucladium verticillatum*, *Cratoneuron filicinum*, *Apopellia endiviifolia* auxquelles on peut rajouter localement *Southbya tophacea*. Cette liste est confirmée par Pentecost (2005) qui indique que *Palustriella commutata* est l'espèce la plus caractéristique des dépôts carbonatés en Europe de l'ouest. Il cite également des espèces acrocarpes, *Didymodon tophaceus* et *Eucladium verticillatum*, qui sont associées à la formation de tuf, de façon presque systématique, en Europe et Amérique du Nord. Il convient de préciser que toutes ces espèces sont systématiques sur tufs mais elles n'en sont pas exclusives et certaines peuvent se retrouver régulièrement dans des biotopes très différents.

II.2 Evaluation patrimoniale des bryophytes

En Nouvelle-Aquitaine, seule une liste des espèces déterminantes ZNIEFF pour le Limousin existe mais aucune espèce recensée sur les stations étudiées n'y est incluse.

Afin de pouvoir évaluer la patrimonialité des espèces observées, nous avons consulté les listes des statuts de rareté des Pays de la Loire (eColibry, consulté le 22/02/2022), des espèces déterminantes ZNIEFF pour la région Centre-Val de Loire (DREAL Centre-Val de Loire, 2018), Limousin (DREAL Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes, 2016) ainsi que la Liste rouge des bryophytes de Midi-Pyrénées (Infante Sanchez *et al.*, 2015).

Toutes ces informations sont rassemblées dans le tableau suivant.

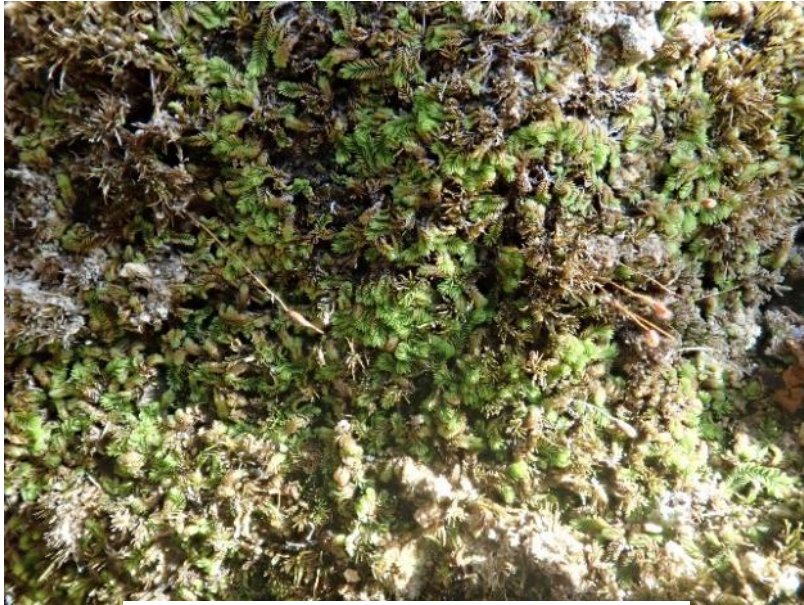
Taxons	Fréquence	Rareté Pays de la Loire	ZNIEFF Centre-Val de Loire	Liste rouge Midi-Pyrénées
<i>Aneura pinguis</i>	1,45	AC à C		LC
<i>Anomodon viticulosus</i>	0,97	AC à C		LC
<i>Apopellia endiviifolia</i>	61,35	AC à C		LC
<i>Atrichum undulatum</i>	0,48	AC à C		LC
<i>Brachythecium rivulare</i>	10,14	AC à C	Oui	LC
<i>Bryum dichotomum</i>	0,48	RR à RRR		LC
<i>Bryum gemmiparum</i>	0,48	RR à RRR		DD
<i>Calliergonella cuspidata</i>	3,38	AC à C		LC
<i>Campylium stellatum</i>	2,42	AC à C	Oui	LC
<i>Campylophyllopsis calcarea</i>	1,45	AR à R		DD
<i>Cephaloziella baumgartneri</i>	0,97	RR à RRR	Oui	VU
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>	2,42	AC à C		LC
<i>Cinclidotus riparius</i>	3,38	AR à R		VU
<i>Cololejeunea rossettiana</i>	0,48	RR à RRR	Oui	NT
<i>Conocephalum conicum</i>	17,87	AC à C	Oui	LC
<i>Conocephalum salebrosum</i>	1,93			DD
<i>Cratoneuron filicinum</i>	43,96	AC à C		LC
<i>Ctenidium molluscum</i>	1,45	AC à C		LC
<i>Didymodon spadiceus</i>	4,35	RR à RRR		LC
<i>Didymodon tophaceus</i>	5,80	AR à R		DD
<i>Drepanocladus aduncus</i>	0,48	AC à C		LC
<i>Eucladium verticillatum</i>	43,00	AR à R		LC
<i>Fissidens adianthoides</i>	4,83	AC à C	Oui	LC
<i>Fissidens crassipes</i>	11,59	AR à R		VU
<i>Fissidens dubius</i>	0,97	AC à C		LC
<i>Fissidens gracilifolius</i>	0,48	RR à RRR		DD
<i>Fissidens rivularis</i>	0,97	RR à RRR		DD
<i>Fissidens taxifolius</i>	7,73	AC à C		LC
<i>Fontinalis antipyretica</i>	2,90	AC à C		LC
<i>Funaria hygrometrica</i>	0,48	AC à C		LC
<i>Gymnostomum calcareum</i>	1,45	AR à R	Oui	LC

<i>Gymnostomum viridulum</i>	0,48	AR à R	Oui	NT
<i>Homalothecium lutescens</i>	0,48			LC
<i>Jungermannia atrovirens</i>	4,83			LC
<i>Leptodictyum riparium</i>	1,45	AC à C		DD
<i>Lunularia cruciata</i>	4,35	AC à C		LC
<i>Marchantia polymorpha</i>	1,45	AC à C	Oui	DD
<i>Mesoptychia turbinata</i>	8,70			LC
<i>Oxyrrhynchium hians</i>	0,97	AC à C		LC
<i>Oxyrrhynchium schleicheri</i>	0,48	AR à R		DD
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>	11,11	AR à R		DD
<i>Palustriella commutata</i>	27,54	AR à R	Oui	LC
<i>Pellia epiphylla</i>	0,48	AC à C		LC
<i>Philonotis calcarea</i>	1,93	RR à RRR	Oui	DD
<i>Philonotis fontana</i>	1,93	AC à C	Oui	DD
<i>Plagiomnium rostratum</i>	1,93	AR à R	Oui	LC
<i>Plagiomnium undulatum</i>	12,56	AC à C		LC
<i>Pohlia lescuriana</i>	0,48	RR à RRR		NE
<i>Pohlia melanodon</i>	2,42	AC à C		DD
<i>Pohlia wahlenbergii</i>	1,93	RR à RRR		DD
<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i>	8,21	AC à C		LC
<i>Rhynchostegiella tenella</i>	1,93	AC à C		DD
<i>Rhynchostegium riparioides</i>	5,31	AC à C		LC
<i>Riccardia chamedryfolia</i>	0,97		Oui	LC
<i>Scorpiurium circinatum</i>	0,48	AC à C		LC
<i>Seligeria pusilla</i>	0,48		Oui	DD
<i>Southbya nigrella</i>	0,48	RR à RRR	Oui	NT
<i>Southbya tophacea</i>	5,80	AR à R	Oui	NT
<i>Thamnobryum alopecurum</i>	4,35	AC à C		LC
<i>Thuidium tamariscinum</i>	0,48	AC à C		LC
<i>Tortella nitida</i>	0,97	AR à R	Oui	DD
<i>Trichostomum brachydontium</i>	0,48	AC à C		LC
<i>Trichostomum crispulum</i>	0,97	AC à C		LC

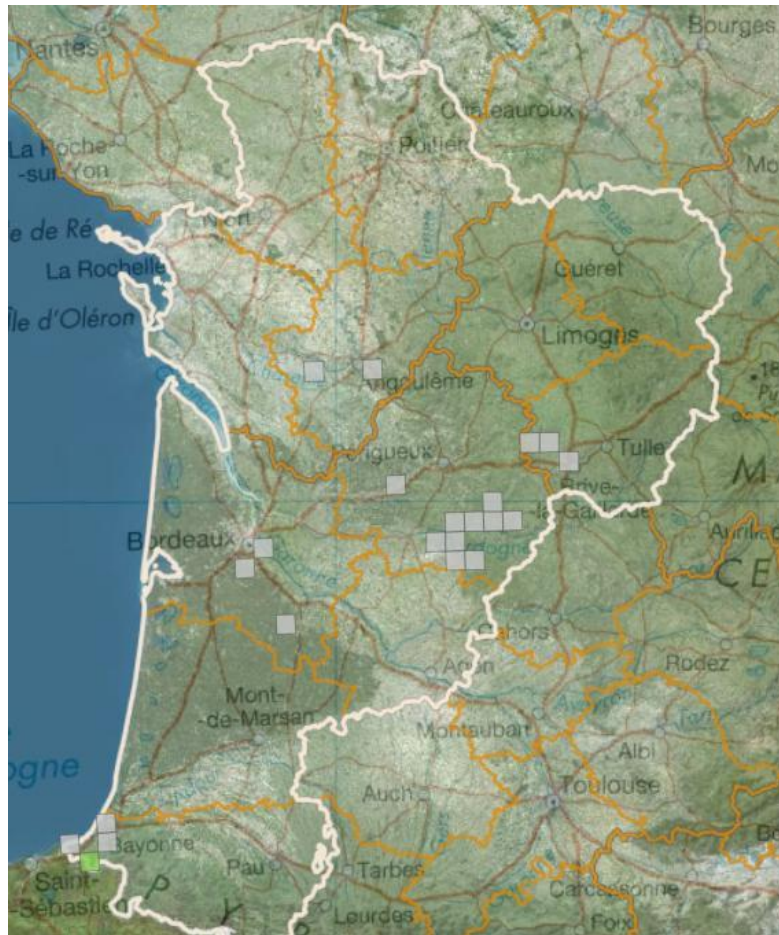
La plupart des espèces patrimoniales dans les régions voisines sont ponctuelles dans nos relevés et ne semblent pas typiques des végétations sur tufs.

Plusieurs espèces qui sont déterminantes ZNIEFF du Centre-Val de Loire ou assez rare à rare en Pays-de-la-Loire sont fréquentes dans nos relevés (*Brachythecium rivulare*, *Conocephalum conicum*, *Palustriella commutata*) et semblent globalement assez fréquentes dans la région.

Seule *Southbya tophacea*, compagne d'*Eucladium verticillatum* dans certains secteurs thermophiles de la région et notamment la vallée de la Vézère, semble être une espèce des tufs présentant une certaine patrimonialité, même si elle est considérée comme seulement quasi menacée (NT) en Midi-Pyrénées (Infante Sanchez *et al.*, 2015).



Southbya tophacea à Beaulieu-sur-Dordogne (24)



Carte de répartition de *Southbya tophacea* en Nouvelle-Aquitaine (maille verte : données validées, mailles grises : données à valider ; OBV-NA, consulté le 21/03/2022)

II.3 Les taxons de la flore vasculaire

Les relevés phytosociologiques ont ciblé les végétations bryophytiques des tufs mais, dans une optique de méthodologie phytosociologique sigmatiste, tous les taxons d'une même communauté ont été relevés.

Ainsi, certains taxons de trachéophytes reviennent régulièrement dans nos relevés sans jamais représenter de fréquence importante. Leurs recouvrements sont également rarement importants. Ainsi, ces espèces semblent davantage marquer des évolutions dynamiques ou traduire des végétations en contacts. Seules *Adiantum capillus-veneris* et *Asplenium scolopendrium* sont présentes dans plus de 10% des relevés (respectivement 16 et 13%) et possèdent parfois des recouvrements importants ; *Eupatorium cannabinum* également assez fréquente (14%) n'est jamais recouvrante.

Au total, seules six espèces ont été observées dans plus de 5 % des relevés : *Adiantum capillus-veneris*, *Eupatorium cannabinum*, *Asplenium scolopendrium*, *Hedera helix*, *Mentha aquatica* et *Cardamine flexuosa*. Plusieurs de ces espèces sont typiques des *Adiantetea capilli-veneris* et témoignent des liens qui existent entre ces végétations (Deil, 1995 ; de Foucault, 2015).

II Les végétations et les habitats sur tufs

II.1 Présentation du synsystème

Le synsystème proposé est adapté du catalogue des végétations de Nouvelle-Aquitaine (Lafon *et al.*, 2020) complété avec les syntaxons bryophytiques par les référentiels de Bardat et Hauguel (2002) et Mucina *et al.* (2016).

Les syntaxons sont organisés, comme tout système de classification du vivant, dans un système hiérarchique emboîté. Ainsi, l'unité la plus haute de la classification phytosociologique est la classe. Elle regroupe de grandes unités. Vient ensuite l'ordre. Il permet une première différenciation écologique ou chorologique. L'alliance phytosociologique est une unité intermédiaire intéressante pour le gestionnaire car elle est facilement identifiable et correspond à une unité écologique suffisamment fine pour être pertinente en gestion. Enfin, l'association est l'unité fondamentale de la phytosociologie et correspond à une unité avec une définition floristique, physionomique, écologique, spatiale et dynamique précise.

Pour chacune de ces unités, il existe des sous-catégories qui permettent d'affiner la classification.

CLASSE (suffixe *-etea*) Auteur(s) Année Remarque nomenclaturale

Ordre (suffixe *-etalia*) Auteur(s) Année Remarque nomenclaturale

Sous-ordre (suffixe *-enalia*) Auteur(s) Année Remarque nomenclaturale

Alliance (suffixe *-ion*) Auteur(s) Année Remarque nomenclaturale

Sous-alliance (suffixe *-enion*) Auteur(s) Année Remarque nomenclaturale

✿ Association (suffixe *-etum*) Auteur(s) Année Remarque nomenclaturale

- Sous-association (suffixe *-etosum*) Auteur(s) Année Remarque nomenclaturale

II.2 Méthodologie

La campagne de terrain a permis de rassembler **203 relevés phytosociologiques**, auxquels s'ajoutent 4 relevés présents dans la base de données de l'Observatoire de la biodiversité végétale de Nouvelle-Aquitaine (obv-na.fr). Ce faible nombre de relevés dans la base de données témoigne de l'importante lacune historique sur la connaissance de ces végétations.

A l'issue du travail de saisie de ces relevés, les données ont été harmonisées et validées.

Le tableau complet des relevés phytosociologiques a été analysé par la méthode manuelle (ou méthode dite des tableaux) (Royer, 2009). Cette méthode consiste en une succession de déplacements itératifs des lignes (espèces) et des colonnes (relevés) d'un tableau de façon à rapprocher, d'une part,

les relevés se ressemblant le plus et, d'autre part, les espèces étant le plus souvent associées à un groupe de relevés, dans le but de faire apparaître des groupes écologiques d'espèces et des groupes de relevés homogènes. Cette étape de diagonalisation permet de classer et de mettre en évidence des groupes homogènes, correspondant à des syntaxons élémentaires (de Foucault, 1984). Quelques relevés qui apparaissaient aberrants ont été temporairement écartés voire supprimés.

Pour chaque syntaxon élémentaire, une colonne de fréquence, dite synthétique, a été calculée pour chaque taxon. Ces colonnes ont été confrontées aux colonnes synthétiques de la bibliographie afin de rattacher ces végétations à des unités déjà décrites. **Il est important de rappeler que ces rattachements restent provisoires car il s'agit d'une première étude phytosociologique dans la région.** Les nuances et les différences par rapport aux végétations décrites de territoires éloignés géographiquement restent notamment à approfondir.

Les communautés qui sont trop appauvries floristiquement notamment pour des raisons anthropiques (communautés basales - BC) ne sont pas rattachables à une association mais seulement à un niveau syntaxonomique supérieur (le plus souvent à l'alliance ou à la classe), nous suivons ainsi la conception de Kopecký et Hejný (1974). Elles sont notées comme suit : BC taxon dominant [Syntaxon]. *Exemple* : BC *Cratoneuron filicinum* [*Riccardio-Eucladion verticillati*].

Enfin, comme toute étude scientifique basée sur un échantillonnage, l'inventaire des végétations ne peut pas être considéré comme exhaustif d'autant plus lors d'une première étude synthétique de ces végétations. Des végétations trop ponctuelles ou sous échantillonnées ont pu ne pas faire l'objet d'identification et de caractérisation.

Ainsi, cet inventaire aura vocation à être complété par de futures études phytosociologiques ou par de nouvelles observations et des remontées des animateurs ou des gestionnaires de ces espaces.

II.3 Problématiques synsystématiques

C'est en 2002 que sont publiées, de manière provisoire, les alliances du *Pellion endiviifoliae* et du *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* (Bardat & Hauguel, 2002). Ces auteurs les placent alors dans la classe des *Montio fontanae-Cardaminetea amarae*. Cette conception est reprise par Bardat *et al.* (2004) puis par la plupart des auteurs nationaux ou européens dont Mucina *et al.* (2016). Toutefois, ces derniers auteurs ne maintiennent pas ces alliances et les synonymisent dans le *Lycopodo europaei-Cratoneurion commutati* Hadač 1983.

Mais pour d'autres auteurs (Zechmeister & Mucina, 1994 ; Gimeno-Colera & Puche-Pinazo, 1999 ; etc.), les communautés de tufs du sud de la France et de l'Europe se rattachent aux *Adiantion capilli-veneris* et aux *Adiantetea capilli-veneris* constituant des synvicariants des *Pellion endiviifoliae* et du *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* nord-atlantiques. Cette conception est en grande partie basée sur le fait qu'*Adiantum capillus-veneris* se développe parfois en voile de ces communautés.

Lors de sa synthèse sur les *Montio fontanae-Cardaminetea amarae*, de Foucault (2018), s'appuyant notamment sur les observations de Deil (1995), exclut ces dernières alliances de cette classe, sur la base de la rareté des espèces vasculaires et sur le fait que les végétaux vasculaires et les bryophytes répondent à des niveaux d'homogénéité très différents.

Dierssen (1973) soulignait déjà le peu de liens floristiques avec les *Montio fontanae-Cardaminetea amarae* (et les *Adiantetea capilli-veneris*). Cet auteur mettait en avant le rôle de facilitateur de ces communautés bryophytiques pour les communautés vasculaires, et donc une certaine indépendance synsystématique, sans toutefois pouvoir conclure ou proposer une alternative faute d'un matériel suffisant. En 2001, Dierssen propose l'intégration des associations aujourd'hui positionnée dans ces alliances dans les *Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae*.

Nous suivons donc cette dernière conception en intégrant le *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* et le *Pellion endiviifoliae* dans cette dernière classe. Il nous semble toutefois que les différences floristiques sont assez importantes avec les autres alliances de cette classe et qu'elles devraient prendre place dans un ordre nouveau à mettre en évidence. Dans notre synsystème, elles ont provisoirement été incluses dans les *Leptodictyetalia riparii*.

10.4 Le synsystème des végétations observées

La liste des associations de ces alliances est loin d'être exhaustive et devra être complétée avec des études complémentaires. Le *Cratoneurion commutati* n'a pas fait l'objet de prospections car il se cantonne à la montagne pyrénéenne c'est-à-dire en dehors du cadre géographique de cette étude.

Les communautés grisées n'ont pas été observées dans le cadre de cette étude mais nous semblent être potentielles dans la région.

PLATYHYPNIDIO-FONTINALIETEA ANTIPYRETICAE G. Philippi 1956

Leptodictyetalia riparii G. Philippi 1956

Riccardio pinguis-Eucladion verticillati Bardat in Bardat & Hauguel 2002 nom. prov. (art. 3b)

Eucladietum verticillati (P. Allorge 1922) W. Braun 1968

- variante type
- variante à *Conocephalum conicum*
- variante à *Southbya tophacea*

Cratoneuretum filicino-commutati (K. Kuhn 1937) Oberdorfer 1977

Pellion endiviifoliae Bardat in Bardat & Hauguel 2002 nom. prov. (art. 3b)

Cratoneuretum commutati (Gams 1927) K.H. Walther 1942

- variante type
- variante à *Conocephalum conicum*
- variante à *Brachythecium rivulare*

Fegatelletum conicae Schade 1934

Groupement à *Pellia endiviifolia* et *Cratoneuron filicinum* G. Bailly 2005

- variante type
- variante à *Eucladium verticillatum*
- variante à *Rhynchostegium riparioides*
- variante à *Fissidens crassipes*

Groupement à *Cratoneuron filicinum* et *Rhynchostegium riparioides* G. Bailly 2012

Cinclidotium fontinaloidis G. Philippi 1956

✿ **Leptodictyo riparii-Fissidentetum crassipedis** G. Philippi 1956

Cette association se caractérise par *Fissidens crassipes* et *Leptodictyum riparium* auxquelles s'ajoute la présence plus ou moins fréquente de *Fontinalis antipyretica* et de *Rhynchostegium riparioides*. Cette végétation se développe dans les eaux calcaires à débit rapide et reste peu connue dans la région. Elle pourrait être assez présente dans plusieurs petits cours d'eau calcaires de la région.

✿ **Fissidenti crassipedis-Cinclidotetum riparii** P. Allorge 1922

✿ **Thamnietum alopecuri** (Gams 1927) G. Philippi 1956

Platyhypnidion rusciformis Philippi 1956

Fissidentium rivularis Marstaller 1987

ADIANTEA CAPILLI-VENERIS Braun-Blanq. ex Braun-Blanq., Roussine & Nègre 1952

Adiantetalia capilli-veneris Braun-Blanq. ex Horvatić 1934

Adiantion capilli-veneris Braun-Blanq. ex Horvatić 1934

✿ Groupement à *Eupatorium cannabinum* et *Adiantum capillis-veneris*

CTENIDIETEA MOLLUSCI von Hübschmann ex Grgic 1980

Ctenidietalia mollusci Hadac & Smarda in Klika & Hadac 1944

Fissidentium pusilli Neumayr 1971

✿ **Seligerietum pusillae** Demaret 1944

Cephaloziello-Southbyion nigrellae Guerra & Gil 1982

NECKERETEA COMPLANATAE Marstaller 1986

Neckeretalia complanatae Jezek & Vondracek 1962

Neckerion complanatae Smarda et Hadac ex Klika 1948

Neckerenion complanato-besseri Marstaller 1992

✿ **Neckero complanatae-Anomodontetum viticulosi** (Gams 1927) G. Philippi 1965

II.5 Les associations végétales des tufs de Nouvelle-Aquitaine

Sur les sites visités, plusieurs communautés de bryophytes sont souvent juxtaposées ou parfois plus ou moins imbriquées au gré de petites variations de micro-reliefs ou d'alimentation en eau. La caractérisation de communautés distinctes est donc sujette à discussion.

❁ *Eucladietum verticillati* (P. Allorge 1922) W. Braun 1968



Cette association, le plus souvent monospécifique, est caractérisée et dominée par la mousse *Eucladium verticillatum* qui forme une fine moquette d'un vert terne. *Eucladium verticillatum* est très proche d'autres espèces formant des populations assez semblables comme *Hymenostylium recurvirostrum*. L'identité de l'espèce caractéristique a donc été contrôlée par observation microscopique (présence de denticulations - cellules proréées – en marge basale des feuilles).

C'est une végétation spécialisée formant des concrétions au niveau des suintements temporaire ou permanent par goutte à goutte ou capillarité, sur parois calcaires, le plus souvent verticales. Elle a été très rarement observée sur paroi horizontale (comme dans l'ancienne carrière de Plassay en Charente-Maritime). Cette végétation se développe toujours en contexte ombragé à très ombré, dans une ambiance aérohygrophile mais où l'air circule.

Cette végétation se développe régulièrement en mosaïque avec les *Adiantetea* et notamment *Adiantum capillus-veneris* qui vient former un voile lors de la fermeture du milieu lorsque la dynamique végétale est possible.

Deux variations ont été observées. La première à *Conocephalum conicum*, à proximité des cours d'eau, fait la transition écologique vers le *Fegatelletum conicae* et certains relevés pourraient y être rattachés. La seconde, plus thermophile, à *Southbya tophacea* et *Mesoptychia turbinata* (deux hépatiques à feuilles méditerranéo-atlantiques) se localise essentiellement à l'est de la Dordogne et pourrait être bien présente plus largement dans les causses d'Occitanie.

Syntaxons	<i>Eucladietum verticillati typicum</i>															<i>Eucladietum verticillati</i> var. à <i>Conocephalum conicum</i>				<i>Eucladietum verticillati</i> var. à <i>Southbya tophacea</i>																				
Nombre de relevés																									19	4	12													
Pellion endiviifoliae et Riccardio pinguis-Eucladietum verticillati																																								
<i>Eucladium verticillatum</i>	5	5	5	3	3	3	5	5	5	3	5	3	5	5	4	1	5	5	5	4	5	5	4	5	3	5	4	5	2	2	5	1	3	3	5	V	4	V		
<i>Apocellia endiviifolia</i>				2																1	1	+	+			1	1							2	2	I	3	II		
<i>Palustriella commutata</i>																																								
<i>Cratoneuron filicinum</i>												2																												
<i>Conocephalum conicum</i>																				3	5	+	+															4		
<i>Southbya tophacea</i>																																						IV		
<i>Mesoptychia turbinata</i>																																						IV		
Ctenidieta mollusci																																								
<i>Rhynchostegiella tenella</i>																																						+	+	
<i>Jungermannia atrovirens</i>				1	3																																	I	I	
<i>Ctenidium molluscum</i>																																						+	+	
<i>Gymnostomum viridulum</i>																																						+	+	
<i>Trichostomum crispulum</i>																																						I		
<i>Cololejeunea rossettiana</i>																																							+	
<i>Trichostomum brachydontium</i>																																						+		
Barbuletea unguiculatae																																								
<i>Pohlia melanodon</i>																																							I	
Neckeretea complanatae																																								
<i>Anomodon viticulosus</i>																																						+		
Autres taxons bryophytiques																																								
<i>Fissidens dubius</i>																																						+	+	
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>																																						1	+	
<i>Calliergonella cuspidata</i>																																						+	+	
<i>Thamnobryum alopecurum</i>																																							1	
<i>Aneura pinguis</i>																																						+		
<i>Tortella nitida</i>																																						I		
<i>Homalothecium lutescens</i>																																						+		
<i>Scorpiurium circinatum</i>																																						+		
<i>Didymodon tophaceus</i>																																						+		
<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i>																																						+		
Taxons trachéophytiques																																								
<i>Adiantum capillus-veneris</i>																																						II	2	II
<i>Asplenium scolopendrium</i>																																						II	1	
<i>Hedera helix</i>																																						+	1	+
<i>Eupatorium cannabinum</i>																																							II	
<i>Carex flacca</i>																																							+	
<i>Geranium robertianum</i>																																							+	
<i>Agrostis stolonifera</i>																																							+	
<i>Lactuca muralis</i>																																							+	
<i>Pulicaria dysenterica</i>																																							+	
<i>Pimpinella saxifraga</i>																																							+	
<i>Asplenium trichomanes</i>																																						+		

Cratoneurum commutati (Gams 1927) Walther 1942

Cette association est caractérisée par *Palustriella commutata sensu stricto* (= *Cratoneuron commutatum* var. *commutatum*) qui est le plus souvent dominante. Cette espèce est fréquemment accompagnée par *Cratoneuron filicinum*, *Apocellia endiviifolia* ou encore *Eucladium verticillatum*. Une partie des rares relevés comportant cette espèce sont mêmes dépourvus de *Palustriella commutata* et ne peuvent pas se rattacher au *Cratoneurum commutati*. De plus, ces relevés sont riches en *Fissidens adianthoides* qui est une espèce à large spectre écologique se développant davantage lorsqu'il y a peu d'encroûtement.

Enfin, un groupe de relevés à *Cratoneuron filicinum* pourrait se rattacher au *Cratoneurum filicino-commutati* Kuh. 1937 voire au *Fegatelletum conicae* Schade 1934 dont la



❁ Groupement à *Cratoneuron filicinum* et *Rhynchostegium riparioides* G. Bailly 2012

Cette association paucispécifique se caractérise par *Cratoneuron filicinum* et *Rhynchostegium riparioides*, aucune autre espèce ne semblant fréquente dans nos relevés.

D'après Bailly (2012), cette végétation se développe au sein du *Cratoneuretum commutati* dans les secteurs les plus ruisselants dans les édifices tufeux.

	Groupement à <i>Cratoneuron filicinum</i> et <i>Rhynchostegium</i> <i>riparioides</i>			
Syntaxons				
Nombre de relevés				3
<i>Cratoneuron filicinum</i>	2	2	+	3
<i>Rhynchostegium riparioides</i>	2	2	5	3
<i>Cinclidotus riparius</i>	1			1

❁ Groupement à *Eupatorium cannabinum* et *Adiantum capillus-veneris*



Cette végétation se caractérise par *Eupatorium cannabinum* et *Adiantum capillus-veneris* et plus ponctuellement *Scrophularia auriculata*. Elle est composée d'une strate bryophytique à *Apopellia endiviifolia* et *Eucladium verticillatum* ou parfois *Palustriella commutata*, *Cratoneuron filicinum* ou *Conocephalum conicum*.

Elle semble notamment coloniser le *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* lorsque les eaux s'enrichissent en nutriments. Cette végétation serait une version méso-eutrophile du *Samolo*

valerandi-Adiantetum capilli-veneris qui se développe au niveau de parois verticales suintantes en ambiance hygrosclaphile.

Le lien entre cette végétation et les communautés muscinales, ainsi que son écologie et sa répartition, devront faire l'objet d'une étude plus approfondie.

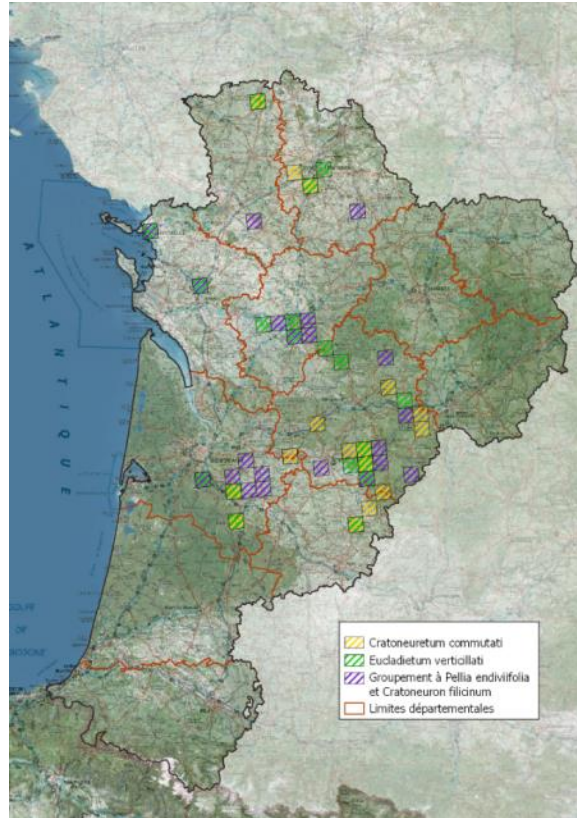
Enfin, quelques autres végétations ont été relevés mais ne sont pas éligible à l'HIC 7220*. Le tableau phytosociologique suivant rassemble ces relevés.

Syntaxons	Leptodictyo riparii-Fissidentetum crassipedis	Rhynchostegion riparioidis	Fissidenti crassipedis-Cinclidotetum riparii	Fissidenti crassipedis-Cinclidotetum riparii	?	Brachythecion rivularis	BC Platyhypnidio-Fontinali etea	Neckeretum complanatae-Anomodontetum	Seligeria pusilla	Cephalozia-Southbyia nigrella	Ctenidietea mollusci?	?	?	?
Platyhypnidio riparioidis-Fontinali etea antipyreticae														
<i>Fissidens crassipes</i>	3 1 3 1 2 4 + 3	+		1	+	+								
<i>Leptodictyum riparium</i>										4 +				
<i>Fontinalis antipyretica</i>	1 3 4 3 + +													
<i>Rhynchostegium riparioides</i>	1	5 3 3	2											
<i>Cinclidotus riparius</i>			4	1 5 4 4										
<i>Fissidens adianthoides</i>						4								
<i>Philonotis calcarea</i>						2								
<i>Brachythecium rivulare</i>						5								
<i>Chiloscyphus polyanthos</i>		+			+		5							
Neckeretum complanatae														
<i>Anomodon viticulosus</i>								1						
Ctenidietea mollusci														
<i>Seligeria pusilla</i>									2					
<i>Rhynchostegiella tenella</i>								1	+					
<i>Gymnostomum calcareum</i>									3	2				
<i>Cephalozia baumgartneri</i>										1				
<i>Southbya nigrella</i>										+				
<i>Jungermannia atrovirens</i>											2			
Pellion endiviifoliae et Riccardia pinguis-Eucladion verticillati														
<i>Eucladium verticillatum</i>								1	2		1			
<i>Palustriella commutata</i>														
<i>Cratoneuron filicinum</i>			1 1	1	+	+						1	3	
<i>Apopellia endiviifolia</i>	+		+	2	+	+		1						
<i>Mesoptychia turbinata</i>											5			
<i>Ptychostomum pseudotriquetrum</i>														
Autres taxons bryophytiques														
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>										3				
<i>Campylophyllopsis calcarea</i>														
<i>Lunularia cruciata</i>												4		
<i>Bryum sp.</i>												2		
<i>Didymodon spadiceus</i>													4	
<i>Pohlia wahlenbergii</i>														2
<i>Calliergonella cuspidata</i>						2								
<i>Riccardia chamedryfolia</i>						+								
Taxons trachéophytiques														
<i>Adiantum capillus-veneris</i>								1					3	
<i>Eupatorium cannabinum</i>														+
<i>Asplenium scolopendrium</i>									2					
<i>Mentha aquatica</i>														
<i>Carex sp.</i>														+
<i>Agrostis stolonifera</i>														4
<i>Schoenus nigricans</i>													2	

II.6 Répartition régionale des associations étudiées

Suite aux inventaires menés, il nous paraît désormais possible de présenter une première carte grossière de répartition pour les végétations les plus rencontrées : *Cratoneuretum commutati*, groupement à *Pellia endiviifolia* et *Cratoneuron filicinum* et *Eucladietum verticillati*.

La répartition sera amenée à fortement évoluer avec la poursuite de l'amélioration des connaissances de ces végétations. C'est notamment le cas pour l'*Eucladietum verticillati*, probablement largement sous-estimée.



Carte de répartition des différentes associations du *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* et du *Pellion endiviifoliae* dans la région (source : obv-na.fr, consulté le 15/03/2022)

II.7 Rattachement à la directive habitats-faune-flore

7220

* Petrifying springs with tufa formation (*Cratoneurion*)

PAL.CLASS.: 54.12

- 1) Hard water springs with active formation of travertine or tufa. These formations are found in such diverse environments as forests or open countryside. They are generally small (point or linear formations) and dominated by bryophytes (*Cratoneurion commutati*).
- 2) Plants: *Arabis soyeri*, *Cochlearia pyrenaica* (in sites with heavy metals), *Pinguicula vulgaris*, *Saxifraga aizoides*. Mosses: *Catocopium nigratum*, *Cratoneuron commutatum*, *C. commutatum* var. *falcatum*, *C. filicinum*, *Eucladium verticillatum*, *Gymnostomum recurvirostrum*. In the Boreal region also *Carex appropinquata*, *Epilobium davuricum*, *Juncus triglumis*, *Drepanocladus vernicosus*, *Philonotis calcarea*, *Scorpidium revolvens*, *S. cossoni*, *Cratoneuron decipiens*, *Bryum pseudotriquetum*.
- 3) Corresponding categories
United Kingdom classification: "M37 *Cratoneuron commutatum-Festuca rubra* spring community" and "M38 *Cratoneuron commutatum-Carex nigra* spring community".
German classification: "220102 kalkreiche Sicker- und Stumpfquelle", "220302 kalkreiche Sturzquelle", "220402 kalkreiche, temporäre Sicker- und Stumpfquelle", "220502 kalkreiche, temporäre Sturzquelle".
Nordic classification: "3521 *Philonotis*-typ" and "3522 *Cratoneuron*-typ".
- 4) Can form complexes with transition mires, fens, chasmophytic communities of cold and humid environments and heaths and calcareous grassland (*Festuco-Brometalia*).
In order to preserve this habitat of very limited expanse in the field, it is essential to preserve its surroundings and the whole hydrological system concerned.
- 5) **Malmer, N. (1971)**. Förslag till riktlinjer för en enhetlig klassificering av myrvegetation i Norden. In: *IBP i Norden 7*. Universitetsforlaget, Oslo, pp. 45-58.

Extrait du Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne EUR 28 (Commission Européenne, 2013)

L'habitat d'intérêt communautaire (HIC) UE 7220* - Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) est défini par le manuel d'interprétation (Commission Européenne, 2013) comme l'habitat des sources d'eau calcaire avec dépôt actif de travertins, généralement dominés par des bryophytes parmi lesquelles *Eucladium verticillatum*, *Palustriella commutata*, *Apopellia endiviifolia*, *Cratoneuron filicinum*, etc.

Cette définition correspond à celles données par Bardat et Hauguel (2002) pour le *Pellion endiviifoliae* et le *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati*. Ainsi, nous pouvons considérer que toutes les associations relevant de ces alliances relèvent de l'HIC UE 7220* qu'elles se situent sur des substrats naturels ou sur des suintements de parois artificiels. Seule le *Fegatelletum conicae*, qui ne se développe pas sur tuf, pourrait ne pas se rattacher à cet HIC mais cela reste à étudier. En effet, aucun relevé dans la région n'a pu être rattaché à cette association.

Dans le Manuel d'interprétation, seule l'alliance du *Cratoneurion commutati* est mentionnée mais le *Pellion endiviifoliae* et le *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* ont été décrits plus tard, en regroupant les associations de plaines. Ainsi, le *Cratoneurion commutati* ne comprend plus que les végétations des étages montagnard à subalpin.

Le rattachement des végétations des *Adiantetea capilli-veneris* sur dépôts de tufs actifs à l'HIC UE 7220* est plus complexe. En effet, même si ces végétations possèdent une synusie rattachable

notamment au *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati*, elles ne sont pas actuellement éligibles à l'HIC UE 7220* (Foucault (de), 2015).

La première possibilité serait de considérer uniquement les communautés des *Adiantetea capilli-veneris* en contact du *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* comme relevant de la directive habitat. Mais cela paraît discutable car la délimitation entre ces communautés n'est jamais évidente et, dans certains cas, la communauté des *Adiantetea capilli-veneris* se développe sur tufs actifs.

La deuxième solution, qui nous paraît la plus appropriée, serait d'inclure l'ensemble des communautés des *Adiantetea capilli-veneris* possédant une synusie bryophytique rattachable au *Pellion endiviifoliae* ou au *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* et donc se développant sur des tufs actifs, comme relevant de l'HIC UE 7220*.

Enfin, la dernière possibilité, soulignée par de Foucault (2015, 2018), serait de considérer la synusie herbacée et muscinale comme indépendante l'une de l'autre et de les relever séparément, permettant ainsi de considérer toute la station comme relevant de l'HIC UE 7220*. Cette conception ne nous paraît pas possible dans le cadre de la politique Natura 2000 et de la méthodologie sigmatiste des relevés phytosociologiques en vigueur.

U Evaluation patrimoniale des végétations

Il est complexe de proposer une évaluation patrimoniale en l'absence d'un inventaire plus complet de ces végétations (la présente étude ne pouvant dresser qu'un premier état des lieux sur la répartition) et en l'absence d'un recul suffisant sur leurs tendances évolutives. Toutefois, il nous semble nécessaire de présenter quelques premiers éléments afin d'orienter le gestionnaire dans sa démarche conservatoire

Ainsi, l'évaluation patrimoniale se basera sur peu de critères qui seront principalement évalués à dire d'expert (basé sur la connaissance de terrain acquise lors de cette étude) et par le dépouillement bibliographique.

De plus, nous n'évaluerons que les syntaxons éligibles à l'HIC UE 7220* (alliances du *Pellion endiviifoliae* et du *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati*) et les seules associations qui ont fait l'objet de suffisamment d'observations, c'est-à-dire le *Cratoneuretum commutati*, le groupement à *Pellia endiviifolia* et *Cratoneuron filicinum* et l'*Eucladietum verticillati*.

U. 1 Méthodologie

Rareté

La rareté correspond à la fréquence du syntaxon sur la Nouvelle-Aquitaine. Elle est calculée (en pourcentage) par un rapport entre le nombre de mailles où le syntaxon est présent et le nombre total de mailles. En l'état actuel des connaissances, cet indice est évalué à dire d'expert.

D (Disparu)	0 %%
E (Exceptionnel)	0-0.5 %
RR (Très rare)	0.5-1.5 %
R (Rare)	1.5-3.5 %
AR (Assez rare)	3.5-7.5 %
PC (Peu commune)	7.5-15.5 %
AC (Assez commun)	15.5-31.5 %
C (Commun)	31.5-63.5 %
CC (Très commun)	63.5-100 %

Tendance passée

La tendance passée se calcule sur les 50 dernières années et se calcule sur l'évolution du nombre de mailles occupées. En l'état actuel des connaissances, cet indice est évalué à dire d'expert.

↗↗	Augmentation de plus de 50%
↗	Augmentation de 50% à 30%
→	Stabilité apparente, d'une diminution de 25% à une augmentation de 30%
↘	Diminution de 30% à 50%
↘↘	Diminution de 50% à 80%
↓	Diminution supérieure à 80%
?	Tendance inconnue

• **Eligibilité à un habitat d'intérêt communautaire**

Prioritaire	Habitat d'intérêt communautaire prioritaire
IC	Habitat d'intérêt communautaire
NC	Non communautaire

• **Végétations caractéristiques des zones humides (arrêté du 24 juin 2008 modifié le 27 février 2020)**

OUI	Végétation caractéristique ZH (annexe 2 de l'arrêté)
NON	Végétation non caractéristique ZH (annexe 2 de l'arrêté)
OUI?	Végétation incluse dans une végétation en partie caractéristique ZH (annexe 2 de l'arrêté) et qui pourrait être caractéristique selon le CBNSA
NON?	Végétation incluse dans une végétation en partie caractéristique ZH (annexe 2 de l'arrêté) et qui ne pourrait pas être caractéristique selon le CBNSA

• **Valeur patrimoniale régionale**

●	Intérêt patrimonial faible
●●	Intérêt patrimonial assez faible
●●●	Intérêt patrimonial modéré
●●●●	Intérêt patrimonial fort
●●●●●	Intérêt patrimonial exceptionnelle

Intérêt patrimonial exceptionnel : végétations en grand danger de disparition pour lesquelles la Nouvelle-Aquitaine joue un rôle majeur dans la conservation. Tout doit être mis en œuvre pour préserver ces végétations sous peine de les voir disparaître dans les décennies à venir.

Intérêt patrimonial fort : végétations en danger de disparition pour lesquelles la Nouvelle-Aquitaine joue un rôle important dans la conservation. Des moyens importants doivent être mis en œuvre pour préserver ces végétations sous peine de les voir fortement régresser voire disparaître dans les décennies à venir.

Intérêt patrimonial modéré : végétations menacées dans la région et/ou la région joue un rôle important dans la conservation. Ces végétations doivent faire l'objet d'une attention particulière, notamment dans le suivi de l'évolution des stations.

Intérêt patrimonial assez faible : végétations semblant peu menacées sur la région du fait d'une tendance évolutive stable ou d'une faible rareté notamment.

Plusieurs végétations de cette catégorie sont en déficit de connaissances et pourraient évoluer rapidement vers une catégorie de patrimonialité plus importante ; c'est pourquoi une surveillance des végétations les plus sensibles est importante. Ces végétations peuvent également avoir une valeur forte localement ou selon d'autres critères (notamment faunistiques).

Intérêt patrimonial faible : végétations assez communes sur la région et/ou stables. Toutefois, ces végétations peuvent avoir une valeur forte localement ou selon d'autres critères (notamment faunistiques).

Il nous semble important de rappeler qu'il ne s'agit ici que d'une hiérarchisation dans l'état actuel des connaissances et qu'elle sera amenée à évoluer avec l'amélioration des connaissances.

U. 2 Résultats

	Rareté	Tendance passée	HIC	ZH	Valeur patrimoniale régionale
<i>Cratoneuretum commutati</i>	R	↘	Prioritaire	Oui	●●●●
Groupement à <i>Pellia endiviifolia</i> et <i>Cratoneuron filicinum</i>	R	↘	Prioritaire	Oui	●●●●
<i>Pellion endiviifoliae</i>	R	↘	Prioritaire	Oui	●●●●
<i>Eucladietum verticillati</i>	R ?	→ ?	Prioritaire	Oui	●●● ?
<i>Riccardio pinguis-Eucladion verticillati</i>	AR ?	→ ?	Prioritaire	Oui	●●● ?

Tableau synthétique de l'évaluation patrimoniale des végétations éligibles à l'habitat UE 7220*

Le *Pellion endiviifoliae* et les associations qu'elle contient semblent d'un enjeu patrimonial important et les plus belles stations devront faire l'objet de mesure conservatoire afin d'éviter une destruction ou une disparition rapide de ces habitats.

Le *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* et l'*Eucladietum verticillati* nous semblent relever d'un intérêt patrimonial plus faible. En effet, ces végétations supportent des conditions écologiques moins contraignantes et pourraient être plus tolérantes et résistantes aux perturbations humaines. Ces conditions écologiques (parois calcaires avec suintement d'eau dure continu dans un contexte hygrosclaphile) pourraient augurer d'une présence bien plus importante de ces végétations par rapport à ce que l'on connaît actuellement. Une partie des stations de l'*Adiantion capilli-veneris* régionale pourrait ainsi être en contact avec le *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* duquel elle semble dériver par succession végétale naturelle.

Enfin, la seule espèce patrimoniale non accidentelle que l'on retrouve dans ces végétations de tufs est *Southbya tophacea* qui s'observe dans la plupart des végétations de manière plus ou moins ponctuelle.

U. 3 Atteintes et menaces

Les activités humaines ont une grande influence sur les systèmes tufeux. Pentecost (2005) indique que sur 26 paramètres pouvant provoquer le déclin de ces habitats, 17 étaient directement liés aux activités humaines, les plus importants étant la déforestation, le drainage et la pollution de l'air et de l'eau.

Modification du régime hydrique

Les réductions de débit peuvent menacer l'intégrité des formations tufeuses ; des aménagements en amont sont donc à éviter. Les captages de source sont probablement une raison de la rareté des communautés tufeuses.

L'assèchement conduit vraisemblablement à une installation possible de ligneux, alors qu'en conditions normales, leur germination est difficile ce qui contribue à maintenir l'habitat ouvert (Hugonnot *et al.*, 2017).

Eutrophisation : présence d'algues

Les communautés d'algues sont susceptibles de prolifération saisonnière en période d'été, lorsque les nutriments (azote et phosphore) sont concentrés et la température des eaux élevée. Ces proliférations, au détriment des autres communautés végétales, s'expriment surtout dans les secteurs bien éclairés et seraient liées aux pratiques agricoles.



Destruction des tufs en escaliers le long de cours d'eau

Pour accélérer l'écoulement, pour éviter des débordements ou pour toute autre raison indéterminée, les formations tufeuses sont parfois en partie détruites. Cette destruction entraîne une baisse des remous de l'eau et une précipitation moins importante des carbonates de Calcium. L'écoulement de l'eau étant également accéléré, cela produit un assèchement d'une partie des communautés.

Une destruction des barrages de tuf sur la Douime (Dordogne) a ainsi été observée au cours de nos prospections. Il conviendra de sensibiliser les propriétaires à l'enjeu patrimonial de cet habitat pour que cela ne se produise plus



Nettoyage de tufs sur les sites touristiques

Certaines cascades de tufs dans des endroits fréquentés peuvent faire l'objet de nettoyage afin de maintenir un aspect « propre ». Cette destruction peut également être faite par un piétinement trop important.



Source pétrifiante de Sourzac (Dordogne)

UI Evaluation de l'état de conservation

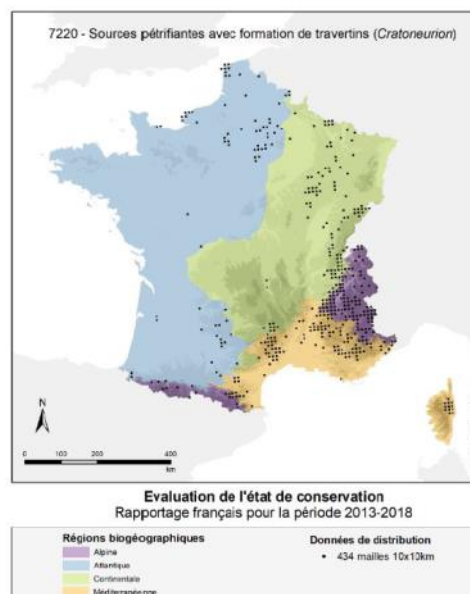
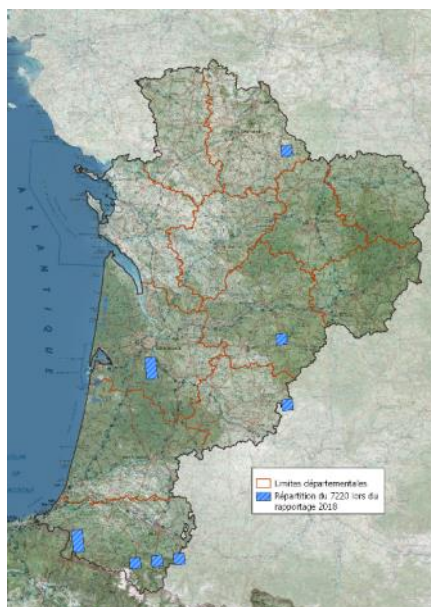
UI.1 Evaluation générale du rapportage 2013-2018

Lors du dernier rapportage (période 2013-2018), l'HIC UE 7220* avait été évalué en état de conservation défavorable-mauvais pour le domaine biogéographique atlantique (correspondant à l'aire de cette étude). Les paramètres d'aire de répartition et de surface n'avaient pas pu être évalués, faute de connaissances.

HABITAT				ATLANTIQUE						
Code	Intitulé de l'habitat	Annexe	Prioritaire	OCCURRENCE	Aire de répartition	Surface	Structure et fonctions	Perspectives futures	Etat de conservation	Tendance
	Tourbières hautes, tourbières basses et bas-marais									
	Bas-marais calcaires									
7220	Sources pétrifiantes avec formation de travertins (<i>Cratoneurion</i>)	I	*	PRE	●	●	●	●	● (x)	

Evaluation de l'état de conservation pour l'HIC 7220* pour le domaine atlantique (source : <https://inpn.mnhn.fr>, consulté le 22/03/2022). Les ronds gris correspondent à un état de conservation inconnu, celui en orange à un état de conservation défavorable-inadéquat et ceux en rouge à un état de conservation défavorable-mauvais

UI.2 Aire de répartition

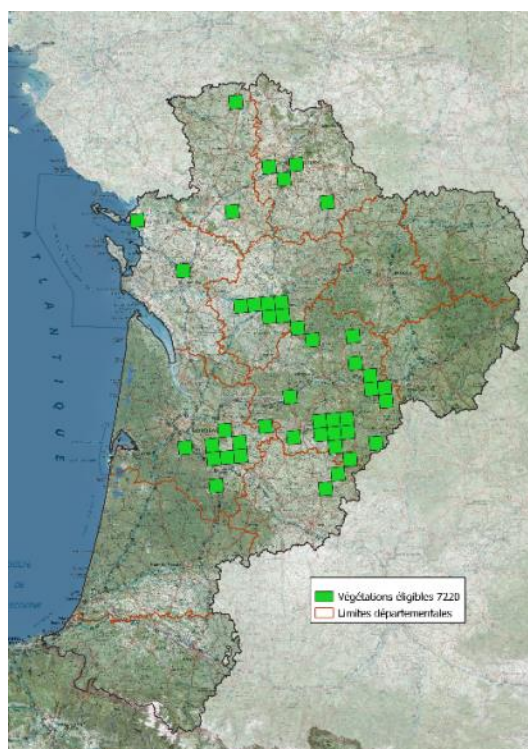


Carte de répartition de l'HIC UE 7220* lors du rapportage communautaire pour la période 2013-2018 (données régionales et nationale (source : OBV-NA et INPN)

Lors du dernier rapportage pour l'évaluation de l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire (période 2013-2018) 10 mailles (10*10 km) possédaient cet HIC dans la région. Sur ces mailles, seules 5 étaient situées en plaine.

Les relevés phytosociologiques réalisés lors de cette étude ont permis de faire augmenter le nombre de mailles de présence de l'HIC UE 7220* en plaine de 5 à 44 mailles 10*10.

Ce nombre relativement important de mailles dans la région (à additionner à ceux de la montagne pyrénéenne) permet de mettre en évidence le rôle important de la région dans la répartition de cet HIC et donc dans sa conservation. Cet HIC était historiquement plutôt considéré comme septentrional pour le domaine biogéographique atlantique ; cette étude permet donc une importante extension de son aire.



Carte de répartition de l'HIC UE 7220* en plaine actuellement

L'aire de répartition pour la région peut probablement être considérée comme stable car elle intègre actuellement une grande partie de son aire potentielle dans la région mais cela reste à confirmer.

Ul.3 Surface

Il est toujours complexe de pouvoir se prononcer sur une évolution de la surface d'un habitat d'intérêt communautaire notamment pour les habitats faisant l'objet d'une importante méconnaissance et qui sont toujours localisés à des stations de faible surface. Toutefois, **il est probable qu'il y ait une régression notamment pour les végétations relevant du *Pellion endiviifoliae*** particulièrement sensible à la dégradation de la qualité des eaux.

UI.4 Structures et fonctions

Afin de pouvoir évaluer l'état de conservation pour le paramètre « structures et fonctions », nous nous sommes appuyés sur les travaux de Patrinat (MNHN) pour l'HIC 7220* (Botcazou, 2020 ; Clément *et al.*, 2022).

Paramètre	Critère	Indicateur	Échelle	Résultats attendus	Notes
Surface	Surface couverte	Évolution de la surface couverte par l'habitat	Site	Progression, stabilité	0
				Régression	-10
Structures et fonctions	Composition floristique	Recouvrement des espèces caractéristiques de l'habitat (%)	Placette	> 40 %	0
				< 40 %	-15
		Nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat	Placette	> 2	0
				< 2	-10
		Recouvrement des espèces indicatrices de l'enrichissement trophique (%)	Placette	< 10 %	0
				> 10 %	-20
	Nombre d'espèces indicatrices de l'enrichissement trophique	Placette	< 2	0	
			> 2	-10	
	Recouvrement des espèces indicatrices de l'assèchement (%)	Placette	< 20 %	0	
			> 20 %	-20	
Composition faunistique	Présence d'espèces faunistiques indicatrices du bon état (bonus)	Éco-complexe	Présence	+ 10	
Altérations	Atteintes lourdes	Somme des atteintes quantifiables en surface	Polygone/Édifice tufeux	Somme des points = 0	0
				Somme des points = 1	-5
				Somme des points ≥ 2	-10
	Atteintes diffuses	Impact des atteintes difficilement quantifiables en surface	Site/Bassin versant	Impact négligeable ou nul	0
				Impact moyen	-10
				Impact fort	-20

Grille d'évaluation de l'état de conservation de l'HIC UE 7220* (Clément *et al.*, 2022)

La liste des espèces considérées comme signe d'eutrophisation et d'assèchement a été constituée à partir des données de Dierssen (2001) et de Botcazou (2020) que nous avons complétées à dire d'expert (Emilie Bernard, Aurélien Belaud et Maria Infante Sanchez). Elle est disponible en annexe 1.

Enfin, nous n'avons pas utilisé le système de note qui nous semblait peu adapté, dans la mesure où nous ne pouvions pas appliquer l'ensemble des indicateurs. Nous avons donc utilisé uniquement le critère de la composition floristique avec l'ensemble de ses indicateurs, pour les seuls relevés phytosociologiques rattachés à un syntaxon éligible à l'HIC 7220*.

Les résultats complets sont disponibles en annexe 2.

Indicateurs pour les espèces caractéristiques

Les espèces retenues comme caractéristiques du UE 7220* sont *Eucladium verticillatum*, *Palustriella commutata*, *Cratoneuron filicinum*, *Apopellia endiviifolia*, *Didymodon tophaceus*, *Conocephalum conicum*, *Didymodon spadiceus*, *Ptychostomum pseudotriquetrum*, *Southbya tophacea*, *Mesoptychia turbinata*.

Enfin, le seuil de 40% de recouvrement de ces espèces ne correspond pas à une borne d'un des coefficients d'abondance-dominance utilisé dans cette étude. Nous l'avons donc adapté et retenons le chiffre de 50 % qui correspond à la borne haute du coefficient 3.

	Riccardio-Eucladion	%	Pellion	%	7220*	%
Nombre total de relevés	36		134		176	
Nombre de relevés à recouvrement < 50% d'espèces caractéristiques	4	11	23	17	28	16
Nombre de relevés à recouvrement > ou = 50% d'espèces caractéristiques	32	89	111	83	148	84
Nombre de relevés à 1 ou 2 espèces caractéristiques	23	64	68	51	94	53
Nombre de relevés à plus de 2 espèces caractéristiques	13	36	66	49	82	47

Tableau du résultat synthétique des indicateurs d'espèces caractéristiques par alliance et pour l'ensemble de l'HIC 7220*

L'application de ces indicateurs montre que la grande majorité des relevés peuvent être considérés comme en bon état de conservation par rapport au recouvrement des espèces caractéristiques (84%). Cette importante proportion est logique car ce travail avait pour but de dresser une typologie et donc de ne relever que les individus bien exprimés.

Le nombre d'espèces caractéristiques de l'habitat ne paraît pas fiable car ces végétations sont composées de peu d'espèces et le résultat ne paraît pas adapté à la réalité de l'état de conservation de nos observations.

🌿 Indicateurs les espèces indicatrices d'enrichissement trophique

Les recouvrements proposés par Clément *et al.* (2022) pour les bornes de l'état de conservation ne correspondant pas à celles des coefficients d'abondance-dominance, nous les avons donc adaptés. Nous avons également créé 3 catégories afin de pouvoir classer les relevés en état bon, moyen et mauvais.

	Riccardio-Eucladion	%	Pellion	%	7220*	%
Nombre total de relevés	36		134		176	
Nombre de relevés à coefficients < 3	35	97	110	82	151	86
Nombre de relevés à coefficients = 3	1	3	14	10	15	9
Nombre de relevés à coefficients > 3	0	0	10	7	10	6
Nombre de relevés à moins de 2 espèces eutrophiles	34	94	83	62	120	68
Nombre de relevés à 2 ou 3 espèces eutrophiles	1	3	42	31	45	26
Nombre de relevés à plus de 3 espèces caractéristiques	1	3	9	7	11	6

Tableau du résultat synthétique des indicateurs d'espèces indicatrices d'enrichissement trophique par alliance et pour l'ensemble de l'HIC 7220*

La quasi-totalité des relevés du *Riccardio-Eucladion* peut être classée en bon état de conservation sur les indicateurs de trophie. Il est intéressant d'observer que la moitié des relevés rattachés à l'*Adiantion capilli-veneris* (dont une part importante dérive du *Riccardio-Eucladion*) sont dans un état moyen, ce qui semble confirmer le lien trophique entre le *Riccardio-Eucladion* et le groupement à *Eupatorium cannabinum* et *Adiantum capillus-veneris* (*Adiantion*).

Le *Pellion* est, quant à lui, beaucoup plus sujet à l'eutrophisation avec plus de 30% des relevés en état moyen et près de 10% en mauvais état. Cela s'explique par l'influence des petits cours d'eau au contact desquels se développent ces végétations et qui sont plus sujets à l'eutrophisation que les suintements du *Riccardio-Eucladion*.

🌿 Indicateur sur les espèces indicatrices d'assèchement

Tout comme les précédents critères, nous avons adapté les recouvrements proposés par Clément *et al.* (2022) aux coefficients d'abondance-dominance utilisés en phytosociologie et proposé 3 bornes pour coller aux catégories bon, moyen et mauvais état de conservation.

	<i>Riccardio-Eucladion</i>	%	<i>Pellion</i>	%	7220*	%
Nombre total de relevés	36		134		176	
Nombre de relevés à coefficients < 3	32	89	119	89	165	94
Nombre de relevés à coefficients = 3	2	6	11	8	7	4
Nombre de relevés à coefficients > 3	2	6	4	3	4	2

Tableau du résultat synthétique des indicateurs d'espèces indicatrices d'enrichissement trophique par alliance et pour l'ensemble de l'HIC 7220*

Les végétations du *Pellion* et du *Riccardio-Eucladion*, tout comme l'HIC UE 7220*, semblent assez peu impactées par l'assèchement.

Cela pourrait ne pas être représentatif, du fait des biais méthodologiques de cette étude phytosociologique, les communautés asséchées n'ayant pas fait l'objet d'inventaire.

🌿 Synthèse de l'état de conservation

L'état de conservation de l'HIC UE 7220* des plaines de Nouvelle-Aquitaine semble globalement plutôt moyen. En effet, les surfaces seraient en régression et le phénomène d'eutrophisation touche près d'un tiers des stations étudiées.

De plus, la dégradation de l'état de conservation mesurée ici serait à relativiser puisque cette étude s'est bornée à relever les individus de l'HIC UE 7220* bien exprimé et donc probablement ceux en meilleur état de conservation. Ainsi, l'intégration de nouvelles données sur un nombre plus important de stations pourrait permettre de réévaluer l'état de conservation en mauvais, notamment sur le critère "structures et fonctions". Cela peut déjà s'observer par la destruction de certains sites que l'on a pu observer entre deux passages durant les prospections de ce programme.

Proposition de grille d'évaluation d'état de conservation de l'HIC UE 7220

Afin de permettre aux animateurs Natura 2000 et aux autres gestionnaires de pouvoir évaluer et suivre les tendances d'évolution des différentes stations de l'HIC 7220*, nous proposons une grille d'évaluation basée sur le travail de Clément *et al.* (2022) que nous avons adaptée suite à notre étude. Cette clé devra être testée afin de permettre une évolution qui prendra mieux en compte certains aspects négligés. Enfin, nous rappelons qu'elle ne prend en compte que les aspects de composition floristique.

Indicateurs	Bon état	Etat moyen	Mauvais état
Recouvrement d'espèces caractéristiques (%)	> ou = 50	< 50	
Recouvrement d'espèces indicatrices d'eutrophisation (%)	< 25	25-50	> ou = 50
Nombre d'espèces indicatrices d'eutrophisation	< 2	2-3	>3
Recouvrement d'espèces indicatrices d'assèchement (%)	< 25	25-50	> ou = 50
Présence de dégradation physique	Non	Faible et à impact temporaire	Importante et à impact permanent

Conclusion et perspectives

Cette première étude régionale des végétations bryophytiques des tufs a permis de dresser un premier état des lieux de la répartition régionale (en dehors des Pyrénées) pour l'habitat d'intérêt communautaire UE 7220* - Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*). Cette répartition est encore sommaire et devra être largement affinée, notamment dans la Vienne ou la Gironde (Entre-deux-Mers).

Cette étude a également permis d'étudier la composition floristique de ces végétations et notamment la présence dans la région de quatre associations et groupements : *Cratoneuretum commutati*, groupement à *Pellia endiviifolia* et *Cratoneuron filicinum*, groupement à *Cratoneuron filicinum* et *Rhynchostegium riparioides* et l'*Eucladietum verticillati*. Il conviendra de poursuivre ces études afin de mettre en évidence d'éventuelles différences, notamment sur la présence de taxons plus thermophiles que dans ces végétations décrites du nord et de l'est de la France. Le synsystème actuel sera également largement à consolider à la lumière des nouvelles connaissances.

Les données collectées dans le cadre de cette étude ont également permis de proposer une première évaluation de la patrimonialité régionale de ces végétations et surtout une évaluation de l'état de conservation pour la partie planitiaire de l'HIC 7220*. Ces informations enrichiront le rapportage communautaire sur l'état de conservation des habitats d'intérêt communautaire. Ces résultats sont à nuancer et devront être confirmés par de futures études.

La succession végétale de ces communautés bryophytiques reste mal connue et notamment les liens avec les végétations trachéophytiques. Il serait intéressant de mettre en place des suivis de végétations sur certains sites afin de mettre en évidence cette dynamique dans un contexte naturel ou après une remise à nu du substrat, comme ce fut le cas sur la concrétion de Sourzac (Dordogne). Pour cela un protocole standardisé serait à définir. Plus globalement, il sera nécessaire de caractériser finement la végétation de ces systèmes tufeux et de décrire la morphologie des édifices en les comparant à d'autres systèmes étudiés ailleurs en Europe, afin d'améliorer la compréhension du fonctionnement de ces sites et de proposer des mesures de conservation le plus adaptées possible.

Enfin, des mesures de conservation peuvent d'ores et déjà être mises en place sur les sites qui présentent des communautés bryologiques d'habitats tufeux remarquables : le cirque de Missé (Saint-Jean-de-Thouars-79), Moulin Farfal (le Buisson-de-Cadouin-24), cascade de Condat-sur-Vézère (24), cascade de la Boissière-d'Ans (24), Bois du parc (Béruges-86), formations dans les falaises des cingles de Dordogne (Allès-sur-Dordogne-24, Mauzac-et-Grand-Castang-24, Limeuil-24), etc. A l'opposé, des mesures de conservation et de gestion adaptées devront être proposées sur les sites les plus en mauvais état de conservation.

Bibliographie

BAILLY G. , VADAM J.-C. et VERGON J.-P., 2004 - *Guide pratique d'identification des bryophytes aquatiques*. Besançon : DIREN Franche-Comté. 158 p.

BAILLY G., 2005 - *Identification des habitats aquatiques et des formations tufeuses de la Haute saône*. Besançon : Conservatoire botanique de Franche-Comté. 28 p.

BAILLY G., 2012 - *Étude des groupements aquatiques et des formations tufeuses de la Haute Cuisance et de ses ruisseaux affluents*. Besançon : Conservatoire botanique national de Franche-Comté – Observatoire régional des Invertébrés ; Arbois : Communauté des communes Arbois, Vignes et Villages, Pays de Louis Pasteur. 66 p.

BARBIER A., 1973 - Contribution à l'étude de la bryoflore du département de la Vienne. *Revue de la Fédération française des Sociétés de Sciences Naturelles*, 12 (50) : 1-44.

BARDAT J. et HAUGUEL J.-C., 2002 - Synopsis bryosociologique pour la France. *Cryptogamie, Bryologie*, 23 (4) : 279-343.

BARON Y., 2003 - Coteau du Couret à Queaux (Vienne). Sortie du samedi 4 mai 2002. *Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest*, 34 : 261-262.

BEUDIN T., LAFON P., LE FOULER A. et CAZE G., 2016 - *Les prairies subhalophiles d'Aquitaine . Typologie phytosociologique et étude de l'éligibilité à l'habitat d'intérêt communautaire 1410 «Mediterranean salt meadows (*Juncetalia maritimi*)»*. Audenge : Conservatoire botanique national Sud-Atlantique, DREAL Aquitaine. 26 p + annexes.

BISSARDON, M., GUIBAL, L., et RAMEAU, J. C., 1997 - *CORINE Biotopes, Types d'habitats français*. Nancy : ENGREF ; Montpellier : ATEN. 175 p.

BISSOT R., 2016 - *Typologie des végétations de marais salés de Poitou-Charentes. Asteretea tripolii, Salicornietea fruticosae, Spartinetea glabrae, Thero – Suaedetia splendidis*. Audenge : Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique ; Poitiers : DREAL Poitou-Charentes. 80 p.

BISSOT R., 2017 - *Les végétations de landes de Poitou-Charentes. Typologie, répartition, écologie et dynamique*. Audenge : Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique. 82 p. + annexes.

BISSOT R., GOUEL S. et LAFON P., 2019 - *Les prairies alluviales d'Aquitaine et de Poitou-Charentes. Typologie, répartition, écologie, dynamique et gestion*. Audenge : Conservatoire botanique national Sud-Atlantique. 75 p. + annexes.

BONHOMME M., 2016 - *Etude des sources alcalines et tufeuses du Meyssacois, 19*. Saint-Gence : Conservatoire d'espaces naturels du Limousin. 97 p.

BOTCAZOU F., 2020 - *Méthode d'évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire à l'échelle des sites Natura 2000 : les sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*) (UE 7220*)*. Paris : UMS Patrinat – OFB/CNRS/MNHN ; Brest : Université de Bretagne Occidentale. 32 p et annexes.

BOUZILLÉ J.-B., 2014 - *Connaissance de la biodiversité végétale – Démarches et outils technologiques*. Paris : Lavoisier, coll. Tec et Doc. 304 p.

CASAS C., BRUGUES M., CROSR M. et SERGIO C., 2006 - *Handbook of mosses of the Iberian Peninsula and the Balearic Islands : illustrated keys to genera and species*. Barcelona : Institut d'Estudis Catalans, Seccio de Ciències Biològiques. 349 p.

CLEMENT H., REICH M., BOTCAZOU F., CROUZEIX B., MISTARZ M. et GARCIN J., 2022 - *Évaluation de l'état de conservation des bas-marais calcaires d'intérêt communautaire. Cahiers d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000. Version 3*. Paris : UMS Patrinat – OFB/CNRS/MNHN. 185 p.

COMMISSION EUROPEENNE, 2013 - *Interpretation manual of European Union habitats*. EUR 28. Bruxelles : European Commission, DG Environment. 144 p.

COUDERC J.-M., 1977 - Les groupements végétaux des tufs de Touraine. *Documents phytosociologiques*, NS 1 : 37-50.

DEIL U. 1995 - The class *Adiantetea* in the Mediterranean area; an approach from vegetation history and community evolution. *Colloques Phytosociologiques*, 23 : 241–258.

DE ZUTTERE, P., 1982 – Aperçu phytosociologique des tufs calcaires actifs de moyenne et de haute Belgique. *Colloques phytosociologiques*, 10 : 279-293.

DIERSSEN K., 1973 - Die Cratoneurum-Gesellschaft einiger Quellbäche in den Bückebergen bei Bad Eilsen. *Mitteil. Florist.-soziol. Arbeitgem.*, 15-16 : 22-27.

DIERSSEN K., 2001 - *Distribution, Ecological Amplitude and Phytosociological Characterisation of European Bryophytes*. Stuttgart : J. Cramer Publishing Company. 289 p.

DREAL AQUITAINE-LIMOUSIN-POITOU-CHARENTES, 2016 - *ZNIEFF Limousin – Liste des espèces et des habitats déterminants*. Limoges : DREAL AQUITAINE-LIMOUSIN-POITOU-CHARENTES. 32 p.

DREAL CENTRE-VAL DE LOIRE, 2018 – *Guide des espèces et milieux déterminants en région Centre-Val de Loire. Actualisation de l'inventaire régional des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique*. Orléans : DREAL Centre-Val de Loire. 61 p.

FOUCAULT B. (de), 1984 - *Systémique, structuralisme et synsystème des prairies hygrophiles des plaines atlantiques françaises*. Thèse de doctorat d'état ès sciences naturelles. Rouen : Université de Rouen. 675 p.

FOUCAULT (de) B., 2015 - Contribution au prodrome des végétations de France : les *Adiantetea capilliveneris* Braun-Blanq. ex Braun-Blanq., Roussine & Nègre 1952. *Acta Botanica Gallica*, 162 (4) : 375-403.

FOUCAULT (de) B. 2018 - Contribution au prodrome des végétations de France : les *Montio fontanae* – *Cardaminetea amarae* Braun-Blanq. & Tüxen ex Klika & Hadač 1944. *Documents Phytosociologiques*, 3ème série, 7 : 6-86.

GARGOMINY O., TERCERIE S., REGNIER C., DUPONT P., DASZKIEWICZ P., LEOTARD G., ANTONETTI P., RAMAGE T., VANDEL E., PETITTEVILLE M., LEBLOND S., IDCZAK L., BOULLET V., DENYS G., DE MASSARY J.C., LEVEQUE A., JOURDAN H., ROME Q., DUSOULIER F., TOUROULT J., SAVOURE-SOUBELET A., BARBUT J., CANARD A., SIMIAN G., LE DIVELEC R., HAFFNER P., MEYER C., VAN ES J., PONCET R., DEMERGES D., MEHRAN B., HORELLOU A., MOULIN N., AH-PENG C., BERNARD J.-F., CAESAR M.,

COMOLET-TIRMAN J., COURTECUISSÉ R., DELFOSSE E., DEWYNTER M., HUGONNOT V., KONDRATYEVA A., LAVOCAT BERNARD E., LÉBOUVIER M., LÉBRETON E., MALECOT V., MOREAU P., A., MULLER S., NOBLECOURT T., PELLENS R., ROBERT GRADSTEIN S., RODRIGUES C., ROUHAN G. et VERON S., 2020 - TAXREF v14.0, référentiel taxonomique pour la France [Archive de téléchargement contenant 8 fichiers]. Paris : UMS PatriNat, Muséum national d'Histoire naturelle.

GEHU, J. M. et RIVAS-MARTINEZ, S., 1981 - Notions fondamentales de phytosociologie. In : Dierschke, H - *Syntaxonomie*. Vaduz : J. Cramer, pp. 5-53.

GIMENO-COLERA C. et PUCHE-PINAZO F., 1999 - Flora y vegetación briofítica higro-hidrófila de la comunidad Valenciana (Este de España). *Cryptogamie, Bryologie*, 20 : 49-68.

GUINOCHET M., 1973 - *Phytosociologie* (Vol. 1). Paris : Masson. 228 p.

HAUGUEL J.-C. et MESSEAN A., 2019 - Les sources pétrifiantes dans le département de l'Aisne : diversité hydro-morphologique, végétations bryophytiques et enjeux de conservation. *Bull. Société linnéenne Nord-Picardie*, 37 : 139-160.

HOFFMANN F., 2005 – Les tufs et travertins en Périgord-Quercy. *Karstologia*, Mémoires 13. Pessac : Presses Universitaires de Bordeaux. 260 p.

HOFFMANN F., 2007- Les dépôts travertineux de Saint-Cernin-de-Larche (Corrèze) et de la Forge d'Ans (Dordogne) : apports pour la compréhension des paléoenvironnements. *Revue de l'Université de Iasi (Roumanie)* : 285-312.

HUGONNOT V., VANDERPERT H. et GRANATO L., 2017. – Les bryophytes du complexe pétrifiant de Saint-Maurin (La Palud-sur-Verdon, Alpes-de-Haute-Provence). Approche conservatoire. *Bulletin de la Société Linnéenne de Provence*, 68 : 87 p.

HUGONNOT V., CHAVOUTIER L., PEPIN F. et VERGNE T., 2018 – *Les bryophytes des Pyrénées-Orientales*. Turriers : Naturalia publication. 459 p.

IMCHENETZKY A., 1962 - Notes sur deux tufiers du Périgord méridional. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 109 (3) : 95-9.

INFANTE SANCHEZ M., CORRIOL G. et HAMDÍ E. 2015 – *La liste rouge d'espèces menacées de bryophytes en Midi-Pyrénées selon la méthodologie UICN – Version finale*. Bagnères-de-Bigorre : Conservatoire botanique National des Pyrénées et Midi-Pyrénées. 69 p.

KOPECKÝ K. et HEJNÝ S., 1974 - A new approach to the classification of anthropogenic plant communities. *Vegetatio*, 29 (1) : 17-20.

LAFON P., LE FOULER A. et CAZE G., 2015a - *Typologie des végétations des landes et tourbières acidiphiles d'Aquitaine, parties planitaires et collinéennes (Calluno vulgaris - Ulicetea minoris, Oxycocco palustris – Sphagnetetea magellanici, Scheuchzerio palustris - Caricetea fuscae)*. Audenge : Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique. 99 p. + annexes.

LAFON P., LE FOULER A., DUFAY J. et HARDY F., 2015b - *Les végétations des dunes littorales non boisées d'Aquitaine : synsystème et synchorologie (Euphorbio paraliae – Ammophiletea australis, Koelerio glaucae – Corynephoretea canescentis p.p., Scheuchzerio palustris – Caricetea fuscae p.p.)*. Audenge :

Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique ; Bordeaux : Direction Régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Aquitaine. 115 p. + annexes.

LAFON P. & LE FOULER A. 2019 - *Les végétations des lagunes et étangs arrière-littoraux des Landes de Gascogne - Typologie, répartition, écologie et dynamique*. Audenge : Conservatoire botanique national Sud-Atlantique. 224 p.

LAFON P. (coord.), MADY M., CORRIOL G. & BELAUD A. 2020 - *Catalogue des végétations de Nouvelle-Aquitaine. Classification, chorologie et correspondances avec les habitats européens*. Audenge : Conservatoire botanique national Sud-Atlantique ; Chavaniac-Lafayette : Conservatoire botanique national Massif central ; Bagnères-de-Bigorre : Conservatoire botanique national des Pyrénées et de Midi-Pyrénées. 272 p.

LAPLACE-TREYTURE C., PELTRE M.-C., LAMBERT E., RODRIGUEZ S., VERGNON J.-P. ET CHAUVIN C., 2014 - *Guide pratique de détermination des algues macroscopiques d'eau douce et de quelques organismes hétérotrophes*. Bordeaux : Éditions IRSTEA. 208 p.

LYONS MD. et KELLY DL., 2016. – *Monitoring guidelines for the assessment of petrifying springs in Ireland*. Irish Wildlife Manuals n°34. Dublin : National Parks and Wildlife Service, Department of Arts, Heritage, Regional, Rural and Gaeltacht Affairs. 73 p.

MARSTALLER, R., 2006 - *Syntaxonomischer Konspekt der Moosgesellschaften Europas und angrenzender Gebiete*. Haussknechtia, Beiheft 13. Jena : Thüringische Botanische Gesellschaft.

MILLET J., JUST A., CHOISNET G., S. BELLENFANT S., CATTEAU E. et CAUSSE G., 2017 – *Guide méthodologique du programme de cartographie nationale des végétations (CarHAB)*. Montreuil : FCBN. 94 p.

MUCINA L., BÜLTMANN H., DIERSSEN K., THEURILLAT J.-P., RAUS TH., ČARNI A., ŠUMBEROVA K., WILLNER W., DENGLER J., GAVILAN GARCIA R., CHYTRÝ M., HAJEK M., DI PIETRO R., IAKUSHENKO D., PALLAS J., DANIĚLS F.J.A., BERGMEIER E., SANTOS GUERRA A., ERMAKOV N., VALACHOVIC M., SCHAMINEE J.H.J., LYSENKO T., DIDUKH Y.P., PIGNATTI S., RODWELL J.S., CAPELO J., WEBER H.E., SOLOMESHCH A., DIMOPOULOS P., AGUIAR C., HENNEKENS S.M. et TICHÝ L., 2016 - Vegetation of Europe : hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19 (1) : 3-264.

OFFERHAUS B., 2015 - *Tufs du Vallon des Carmes (Barjols). Evaluation de l'état de conservation de l'habitat 7220 Sources pétrifiantes avec formation de travertins (Cratoneurion) et mise en place d'un suivi*. Porquerolles : Conservatoire Botanique méditerranéen. 9 p.

PATON J.A., 1999 - *The liverwort flora of the British Isles*. Colchester : Harley Books. 626 p.

PENTECOST A. et ZHAOHUI Z., 2001 - The distribution of plants in Scoska cave, north Yorkshire, and their relationship to light intensity. *Int. J. Speleol.*, 30 A (1/4) : 27-37

PENTECOST A., 2005 – *Travertine*. Berlin : Ed. Springer. 445 p.

RALLET L., 1966 – Catalogue des muscinées du département des Deux-Sèvres. *Revue de la Fédération française des Sociétés de Sciences Naturelles*, 5 (19) : 50 p.

RAMEAU J.-C., 2001 - Données de l'IFN et habitats forestiers = NFI data and forest habitats. *Revue Forestière Française*, 53 : 359-364.

RIVOLA M. 1982 - Vegetace střeoěeských pěnovců. *Preslia, Praha*, 54 : 329-339.

SIMMEL J., AHRENS M. et POSCHLOD P., 2020 - Ellenberg N values of bryophytes in Central Europe. *Journal of Vegetation Science*. 00 : 1–20. <https://doi.org/10.1111/jvs.12957>

SOTIAUX A. et VANDERPOORTEN A., 2015 – *Atlas des bryophytes de Wallonie*. Publication du Département de l'Etude du Milieu Naturel et Agricole (SPW-DGARNE), Série Faune-Flore-Habitats 9(II) : 690 p.

THEURILLAT J.-P., WILLNER W., FERNANDEZ-GONZALEZ F., BÜLTMANN H., ČARNI A., GIGANTE D., MUCINA L. & WEBER H., 2021 - International Code of Phytosociological Nomenclature. 4th edition. *Applied Vegetation Science* 24 (2) : 1-62.

VADAM J.-C. & Caillet M., 2000 - Bryosociologie du ravin de Valbois. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle du Pays de Montbéliard* : 139-177.

VUILLEMENOT M. et HANS E., 2006 - *La Flore et les groupements végétaux liés aux cours d'eau et aux zones humides dans les vallées du Doubs et de quelques-uns de ses affluents*. Besançon : Conservatoire botanique de Franche-Comté. 245 p.

SMITH A.E.J., 1990 - *The Liverworts of Britain and Ireland*. Cambridge : Cambridge University Press. 362 p.

ZECHMEISTER H. et MUCINA L., 1994 – Vegetation of european springs : high-rank syntaxa of the Montio-Cardaminetea. *Journal of Vegetation Science* 5 : 385-402.

Liste des annexes

Annexe 1 : Liste des espèces indicatrices d'eutrophisation et d'assèchement

Annexe 2 : Résultats complets de l'évaluation de l'état de conservation de l'HIC UE 7200*

Annexe 1 : Liste des espèces indicatrices d'eutrophisation et d'assèchement

Taxons	Assèchement	Eutrophisation
<i>Agrostis stolonifera</i>		x
<i>Angelica sylvestris</i>		x
<i>Anomodon viticulosus</i>	x	x
<i>Arum italicum</i>	x	
<i>Asplenium scolopendrium</i>	x	
<i>Asplenium trichomanes</i>	x	x
<i>Brachypodium rupestre</i>	x	x
<i>Brachypodium sylvaticum</i>	x	
<i>Brachythecium rivulare</i>		x
<i>Bryum dichotomum</i>		x
<i>Calliergonella cuspidata</i>		x
<i>Campanula rotundifolia</i>	x	
<i>Campylophyllopsis calcarea</i>	x	
<i>Carex flacca</i>	x	
<i>Cephaloziella baumgartneri</i>	x	
<i>Cinclidotus riparius</i>		x
<i>Clematis vitalba</i>	x	x
<i>Cololejeunea rossettiana</i>	x	
<i>Conocephalum conicum</i>	x	
<i>Conocephalum salebrosum</i>	x	
<i>Ctenidium molluscum</i>	x	
<i>Dioscorea communis</i>	x	
<i>Drepanocladus aduncus</i>		x
<i>Epilobium hirsutum</i>		x
<i>Equisetum arvense</i>	x	x
<i>Equisetum telmateia</i>	x	
<i>Erigeron karvinskianus</i>	x	x
<i>Eupatorium cannabinum</i>		x
<i>Euphorbia amygdaloides</i>	x	x
<i>Ficaria verna</i>	x	
<i>Ficus carica</i>	x	
<i>Filipendula ulmaria</i>	x	
<i>Fissidens crassipes</i>		x
<i>Fissidens dubius</i>	x	
<i>Fissidens gracilifolius</i>	x	
<i>Fissidens taxifolius</i>		x
<i>Fontinalis antipyretica</i>		x
<i>Funaria hygrometrica</i>		x
<i>Galium mollugo</i>	x	
<i>Geranium robertianum</i>	x	x
<i>Geum urbanum</i>	x	x
<i>Gymnostomum calcareum</i>	x	
<i>Gymnostomum viridulum</i>	x	
<i>Hedera helix</i>	x	

<i>Homalothecium lutescens</i>	x	
<i>Jungermannia atrovirens</i>	x	
<i>Lactuca muralis</i>	x	x
<i>Lamium galeobdolon</i>		x
<i>Laurus nobilis</i>	x	
<i>Leptodictyum riparium</i>		x
<i>Ligustrum vulgare</i>	x	
<i>Lunularia cruciata</i>		x
<i>Mentha suaveolens</i>		x
<i>Oxyrrhynchium hians</i>	x	
<i>Oxyrrhynchium speciosum</i>		x
<i>Parietaria judaica</i>	x	x
<i>Pimpinella saxifraga</i>	x	
<i>Plagiomnium undulatum</i>		x
<i>Polystichum setiferum</i>	x	
<i>Pulicaria dysenterica</i>		x
<i>Rhynchostegiella tenella</i>	x	
<i>Rhynchostegium riparioides</i>		x
<i>Rubus sp.</i>		
<i>Ruscus aculeatus</i>	x	
<i>Sambucus nigra</i>		
<i>Sanicula europaea</i>	x	x
<i>Scorpiurium circinatum</i>	x	
<i>Scrophularia auriculata</i>		x
<i>Scutellaria galericulata</i>		x
<i>Seligeria pusilla</i>	x	
<i>Solanum dulcamara</i>		x
<i>Southbya nigrella</i>	x	
<i>Tortella nitida</i>	x	
<i>Trichostomum brachydontium</i>	x	
<i>Trichostomum crispulum</i>	x	
<i>Tussilago farfara</i>	x	x
<i>Viola riviniana</i>	x	x

Annexe 2 : Résultats complets de l'évaluation de l'état de conservation de l'HIC UE 7200*

Numéros de relevé	Eutrophisation		Espèces caractéristiques		Assechement	Fermeture	
	Nombre d'espèces	Recouvrement	Nombre d'espèces	Recouvrement	Recouvrement	Nombre d'espèces	Recouvrement
545597	0	0	1	5	0	0	0
545736	0	0	1	5	1	1	0
588854	0	0	1	5	1	0	0
588860	0	0	1	3	2	0	0
589990	0	0	1	3	0	0	0
588862	0	0	2	5	1	0	0
589987	0	0	3	5	1	0	0
596329	0	0	1	5	0	0	0
598750	1	0	1	5	4	0	0
589025	0	0	2	5	0	0	0
616273	0	0	2	5	1	0	0
611542	0	0	1	3	1	0	0
616274	0	0	1	5	2	0	0
616295	0	0	1	5	0	0	0
616300	0	0	1	4	0	0	0
616260	1	3	1	1	1	0	0
616304	0	0	1	5	1	0	0
616305	0	0	1	5	4	0	0
616306	0	0	2	6	0	0	0
616368	0	0	3	8	1	0	0
588870	0	0	2	10	2	0	0
594385	0	0	3	5	1	0	0
594356	1	1	3	4	2	1	1
587625	0	0	2	5	0	0	0
593282	0	0	2	4	2	0	0
614742	0	0	2	5	1	0	0
596790	0	0	4	5	1	0	0
614745	0	0	4	6	3	1	0
614754	1	0	3	5	1	0	0
611534	4	1	3	4	3	0	0
614761	0	0	3	8	0	0	0
589989	0	0	3	6	0	0	0
596767	3	1	3	5	0	0	0
596768	1	0	3	5	0	0	0
596764	0	0	2	6	0	0	0
594360	1	0	3	7	1	0	0
596792	1	1	6	8	2	0	0

589985	0	0	1	5	0	0	0
589988	0	0	1	5	0	0	0
594355	0	0	1	5	0	0	0
596318	3	0	3	6	1	0	0
611539	0	0	1	5	1	0	0
614738	1	0	4	5	1	1	0
614748	4	0	4	8	4	2	0
616267	2	1	3	7	2	1	1
616296	1	0	2	5	0	0	0
616297	1	1	1	5	1	0	0
616410	1	0	3	6	1	0	0
593281	0	0	3	6	2	0	0
596785	0	0	3	9	1	0	0
616407	0	0	2	7	0	0	0
593274	1	0	4	5	2	1	0
593280	2	0	2	4	0	0	0
593284	1	1	2	3	2	0	0
594389	0	0	3	8	1	1	1
595477	3	1	6	10	1	0	0
596786	1	0	4	6	1	0	0
593272	1	0	3	8	2	0	0
593275	2	0	4	4	0	0	0
593278	1	1	3	5	0	0	0
596788	5	2	3	5	5	1	1
598755	1	1	3	7	0	0	0
598756	0	0	1	2	1	0	0
611389	0	0	3	5	0	0	0
593283	2	0	4	4	2	1	0
596328	1	2	4	5	0	0	0
596782	2	0	3	7	2	0	0
611393	1	0	4	5	1	0	0
611540	0	0	4	4	0	0	0
614765	2	3	3	2	4	3	1
616265	0	0	3	4	2	1	2
616263	3	3	3	5	0	0	0
614739	0	0	4	5	1	0	0
616409	0	0	3	7	2	0	0
594386	2	0	4	7	2	1	0
593276	3	0	6	7	3	2	0
616364	2	1	4	11	3	2	3
593277	0	0	3	5	1	0	0
596791	3	3	3	6	1	0	0
594390	0	0	3	5	2	1	1
616262	2	1	3	5	1	1	0
616264	4	5	3	3	1	0	0
614766	3	2	3	1	1	0	0

611392	2	0	8	12	3	0	0
616266	4	1	5	7	1	1	0
590571	3	3	1	4	0	0	0
616272	2	1	4	6	0	1	2
611388	1	0	1	4	1	0	0
611390	2	0	4	8	1	0	0
616271	1	2	3	7	1	0	0
616318	0	0	4	11	3	2	2
616378	1	2	5	11	2	0	0
596780	2	4	3	5	1	0	0
616320	0	0	3	8	1	1	3
487748	2	0	3	8	2	1	0
611538	0	0	4	6	0	0	0
616268	2	0	3	5	1	0	0
593271	1	0	3	5	1	0	0
596781	1	0	4	7	2	0	0
589959	1	0	3	4	1	0	0
596324	0	0	3	5	1	0	0
596779	1	1	2	4	0	0	0
598747	0	0	3	7	3	2	0
616372	0	0	5	9	2	0	0
589089	1	3	3	4	1	0	0
594384	2	0	2	3	2	0	0
611395	4	6	2	7	1	0	0
594381	1	0	2	6	1	0	0
616314	1	2	3	8	2	0	0
616317	2	2	3	7	3	0	0
594359	1	0	2	6	1	0	0
594377	2	0	2	6	3	1	1
616400	1	2	3	7	1	0	0
594357	3	0	2	5	2	1	1
616386	1	3	3	8	3	0	0
616397	0	0	3	5	1	0	0
616405	0	0	3	5	2	0	0
594358	0	0	2	4	1	0	0
369288	3	3	1	5	3	0	0
588869	0	0	2	8	0	0	0
588873	0	0	2	7	0	0	0
589023	2	0	2	6	1	0	0
589087	0	0	3	7	0	0	0
589092	1	0	2	5	0	0	0
589960	1	0	2	6	0	0	0
589967	1	2	2	3	0	0	0
596772	2	0	2	1	0	0	0
596773	1	1	2	7	0	0	0
596775	4	2	2	7	0	0	0

598746	1	0	2	6	0	0	0
598749	2	1	2	5	2	1	0
598757	0	0	2	6	0	0	0
611544	0	0	2	4	0	0	0
611546	2	1	2	4	0	0	0
614753	3	3	2	4	2	0	0
616406	0	0	2	6	0	0	0
616286	0	0	2	6	0	0	0
616298	1	1	2	6	0	0	0
616301	2	3	2	7	2	0	0
616313	3	6	2	6	2	1	1
589973	1	1	2	6	0	0	0
589974	1	4	2	2	0	0	0
593273	1	0	2	5	0	0	0
614764	1	3	1	1	3	0	0
594383	2	2	1	2	0	0	0
589968	0	0	2	4	0	0	0
596778	1	3	2	5	0	0	0
614762	4	0	2	6	1	0	0
611550	2	5	2	2	0	0	0
611549	1	0	1	3	0	0	0
614763	1	0	2	7	1	0	0
616383	1	0	2	7	0	0	0
616316	1	1	1	1	0	0	0
589983	3	4	3	1	0	0	0
589975	1	3	2	3	0	0	0
589970	2	3	1	2	0	0	0
590577	2	3	1	2	0	0	0
589982	1	5	1	0	0	0	0
590573	1	4	2	2	4	0	0
611535	4	4	1	2	3	0	0
589971	2	0	2	3	0	0	0
589984	1	1	2	5	1	0	0
590575	2	0	2	5	1	0	0
616315	2	0	2	7	1	0	0
596777	1	0	1	5	2	1	1
616282	1	0	1	4	0	0	0
596770	3	1	2	2	0	0	0
589085	0	0	2	3	0	0	0
589091	1	1	3	5	0	0	0
611536	0	0	3	7	0	0	0
596330	1	1	3	6	1	0	0
588848	1	0	1	2	0	0	0
616299	3	2	2	7	2	1	0
596783	3	1	4	9	1	1	0
596326	4	1	4	6	2	0	0

611541	1	2	2	4	0	0	0
---------------	---	---	---	---	---	---	---



Résumé

Cette étude, basée sur plus de 200 relevés phytosociologiques, a pour objectif de dresser une première synthèse sur la composition floristique, la répartition, la définition et l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire UE 7220* pour la partie planitiaire de Nouvelle-Aquitaine.

Ainsi, **8 associations et groupements ont été identifiés ainsi que 10 alliances** (aucune association n'a pu être identifiée pour une partie d'entre elles). **Quatre associations et groupements, tous éligibles à l'HIC UE 7220*, ont notamment été identifiés pour les alliances des tufs du *Riccardio pinguis-Eucladion verticillati* et du *Pellion endiviifoliae*.**

Cette étude a ainsi mise en évidence la relative fréquence de ces végétations et de cet habitat d'intérêt communautaire dans la région, contrairement à ce que laissent penser les connaissances précédentes. Mais cela reste à relativiser du fait de la probable régression et surtout de la forte dégradation de ces milieux par l'eutrophisation ou la destruction volontaire.

Cette première étude devra être poursuivie sur l'ensemble de la région.



Siège

Domaine de Certes
47 avenue de Certes
33980 AUDENGE
Téléphone : 05 57 76 18 07



Antenne Poitou-Charentes

Domaine du Deffend
443 route du Deffend
86 550 MIGNALOUX BEAUVOIR
Téléphone : 05 49 36 61 35



Antenne méridionale

31 avenue Gaetan Bernoville
64 500 St Jean de Luz
Téléphone : 05 59 23 38 71