Ferrantia

ISSN 1682 - 5519

Les sources de la région gréseuse du Luxembourg

Sociologie de la bryoflore et conservation

Jean Werner
Alexandra Arendt

74 2016

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle Luxembourg

Ferrantia est une revue publiée à intervalles non réguliers par le Musée national d'histoire naturelle à Luxembourg. Elle fait suite, avec la même tomaison, aux Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg parus entre 1981 et 1999.

Comité de rédaction:

Eric Buttini
Guy Colling
Edmée Engel
Thierry Helminger

Mise en page:

Romain Bei

Design:

Thierry Helminger

Prix du volume: 15 €

Rédaction:

Musée national d'histoire naturelle
Rédaction Ferrantia
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg

Tél +352 46 22 33 - 1
Fax +352 46 38 48

Internet: http://www.mnhn.lu/ferrantia/
email: ferrantia@mnhn.lu

Échange:

Exchange MNHN
c/o Musée national d'histoire naturelle
25, rue Münster
L-2160 Luxembourg

Tél +352 46 22 33 - 1
Fax +352 46 38 48

Internet: http://www.mnhn.lu/ferrantia/exchange
email: exchange@mnhn.lu

Page de couverture:

« La Roche qui Pleure » à Grainval (F-76-Fécamp). Les Cratoneuretum situés sur les falaises de craie du pays de Caux sont parmi les plus spectaculaires du continent. Photo: M.-L. Werner-Braun.

Citation:

Jean Werner Alexandra Arendt 2016. - Les sources de la région gréseuse du Luxembourg. Sociologie de la bryoflore et conservation. Ferrantia 74, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg, 37 p.

Date de publication:

1. juillet 2016
(réception du manuscrit: 1.12.2015)

Impression:

Imprimerie reka, Ehlerange

© Musée national d'histoire naturelle Luxembourg, 2016 ISSN 1682-5519

Ferrantia

74

Les sources de la région gréseuse du Luxembourg
Sociologie de la bryoflore et conservation

Jean Werner
Alexandra Arendt

Luxembourg, 2016

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle Luxembourg

Jean Werner & Alexandra Arendt

Les sources de la région gréseuse du Luxembourg
Sociologie de la bryoflore et conservation

Table des matières

1. Introduction **6**

2. Mise en place du travail et méthodologie **7**

2.1. Délimitation géographique 7

2.2. Délimitation quant à l'écologie 7

2.3. Méthodologie des relevés 7

2.4. Nomenclature 7

3. Inventaire provisoire des sources **9**

3.1. Historique 9

3.2. Etat des lieux des sources de la région 9

4. Sociologie de la bryoflore **12**

4.1. Les sources calcaires pétrifiantes 12

4.1.1. L'association du Cratoneuretum commutati 12

4.1.2. Une sous-association à ***Fissidens adianthoides*** ***14***

4.1.3. L'association de l'Eucladietum verticillati Allorge 1922 17

4.2. Divers sites mouillés et suintements calcaires 18

4.2.1. L'association du Fegatelletum conicae *s.l.* 18

4.2.2. Divers relevés effectués en milieu calcaire mouillé 19

4.3. Les sources et suintements acides 20

4.3.1. L'association du Pellietum epiphyllae Schade ex Ricek 1970 20

4.3.2. L'association du Hookerietum lucentis Lecointe & Provost 1970 21

4.3.3. L'association du Trichocoleetum tomentellae (Herzog 1943) Doll 1966 21

4.4. Examen du pH dans quelques sources 22

5. Protection légale et conservation **24**

5.1. Législation en vigueur 24

5.1.1. Au niveau communautaire européen 24

5.1.2. Au niveau national luxembourgeois 24

5.2. Aspects de la conservation 24

5.2.1. Appréciation des menaces pesant actuellement sur les sources pétrifiantes 24

5.2.2. Appréciation spéciale au niveau de la flore cryptogamique 25

5.2.3. Mesures de protection impératives 26

5.2.4. Mise à jour des Listes Rouges 27

6. Conclusions **29**

7. Remerciements **29**

8. Littérature **29**

Les sources de la région gréseuse du Luxembourg Sociologie de la bryoflore et conservation

Jean Werner
32, rue Michel Rodange, L-7248 Bereldange
jean.werner@mnhn.lu

Alexandra Arendt
natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur,
2 Kierchestrooss, L-9753 Heinerscheid
al.arendt@naturemwelt.lu

Keywords: Calcareous springs, petrifying springs, acid springs, seepages, sandstone, bryophytes, bryophyte sociology, conservation, Luxembourg

Abstract

Springs and seepages of the Luxembourg sandstone area. Bryophyte sociology and conservation

This paper deals with the mostly calcareous springs and seepages of the Luxembourg Sandstone area (Lower Jurassic, Luxembourg, Gutland). It gives a short survey of these springs, considering several recent inventories. In the Luxembourg Petite Suisse area less than 10 % of the calcareous springs are (still) petrifying nowadays. Many springs happen to be in a bad state of conservation.

In order to illustrate on a more scientific basis the value of these fragile sites, a phytosociological examination of the bryophyte vegetation was carried on. Calcareous, more or less petrifying springs (pertaining mostly to the Montio-fontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. & Tüxen 1943) were examined, moreover some (rare) springs with an acidophileous vegetation (pertaining mostly to the Pellion epiphyllae Marstaller 1984, notably with *Hookeria lucens*) and some contiguous wet ecologies. The phytosociological investigation enables us to describe a new sub-association of the Cratoneuretum commutati (Gams 1927) Walther 1942, with *Fissidens adianthoides*, as well as to recognize two completely different associated groups dominated by *Trichocolea tomentella*, a species tolerant with regards to the pH level. Two recordings were realised in an extensive pasture near a petrifying spring; the species list includes also, besides some bryophytes pertaining to the Cratoneuretum commutati, the rare *Campylium stellatum*. *Philonotis calcarea* has disappeared from this site, as well as from two other places. The vegetation dominated by *Conocephalum conicum* only partly belongs to the Pellion endiviifoliae; the rare *Dichodontium flavescens* has been observed three times in this community.

pH values were measured in five localities; the vegetation didn't match exactly in all the cases. After an examination of the legal framework, both European and national, pertaining to springs - petrifying or not - and after identifying the reasons why these sites are presently threatened, the authors make several precise proposals on conservation issues and recommend some amendments to the red lists concerning the examined bryophyte flora and vegetation.

Zusammenfassung

Die Quellen und Sickerstellen im Sandsteingebiet Luxemburgs. Soziologie der Moosflora und Schutzmaßnahmen.

Diese Publikation befasst sich mit den meist kalkreichen Quellen und Sickerstellen des Luxemburger Sandsteingebietes (Unteres Jura, Luxemburg, Gutland). Eine kurze Übersicht der Quellstandorte wird anhand mehrerer kürzlich verfasster Inventar-arbeiten erstellt. In der "Kleinen Luxemburger Schweiz" sind zurzeit weniger als 10 % der Quellaustritte (noch) von einer regelrechten Tuffbildung begleitet. Viele Quellen befinden sich in einem relativ schlechten Zustand.

Um diese höchst empfindlichen Standorte auf einer wissenschaftlich korrekten Grundlage zu bewerten, wurde der Moosflora eine pflanzensoziologische Studie gewidmet. Diese Studie betrifft besonders die kalkreichen, mehr oder weniger tuffbildenden Quellen (diese werden meist der Klasse der Montio-fontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. & Tüxen 1943 zugeordnet), aber auch die selteneren azidophilen Quellfluren (die letzteren gehören

zum Verein Pellion epiphyllae Marstaller 1984, besonders mit *Hookeria lucens*), sowie einige weitere angrenzende Nassstandorte. Eine neue Subassoziation des Cratoneuretum commutati (Gams 1927) Walther 1942, mit *Fissidens adianthoides*, wird erstmals beschrieben. Das Lebermoos *Trichocolea tomentella* ist eine vom pH unbeeinflusste Art; so werden zwei grundverschiedene Gruppierungen, im basischen und im sauren Bereich, mit dieser Art beschrieben. Zwei Aufnahmen wurden in einer mageren Weide, im Umfeld einer tuffbildenden Quelle getätigt ; neben Arten des Cratoneuretum commutatae konnte am gleichen Standort auch das seltene *Campylium stellatum* festgestellt werden. *Philonotis calcarea* ist dort, sowie an zwei anderen Stellen, verschollen. Die Gruppierungen mit *Conocephalum conicum* gehören nur zum Teil zum Verband Pellion endiviifoliae; hier wurde dreimal das seltene *Dichodontium flavescens* notiert.

Die pH - Werte wurden an fünf Stellen gemessen; Vegetation und Messungen passen nicht immer perfekt zusammen. Der rechtliche Rahmen welcher die Quellfluren (ob tuffbildend oder nicht) bestimmt wird sowohl auf nationaler als auch auf europäischer Ebene kurz dargestellt. Die Gefährdungsgründe werden aufgeführt und konkrete Vorschläge zur Konservierung werden genannt; einige Änderungen an den Roten Listen werden vorgeschlagen, sowohl im Bezug auf die einzelnen Moostaxa, als auch im Bereich der Moosassoziationen.

Résumé

Ce travail traite des sources et des suintements principalement calcaires de la région d'affleurement du Grès de Luxembourg (Jurassique inférieur, Luxembourg, Gutland). Un état des lieux sommaire de ces sources est donné, compte tenu de plusieurs travaux d'inventaire récents. Dans la Petite Suisse Luxembourgeoise moins de 10 % des sources répertoriées sont (encore) pétrifiantes de nos jours ; beaucoup de sources se trouvent dans un mauvais état de conservation.

Afin d'illustrer sur des bases plus scientifiques la valeur de ces sites très fragiles, il a été procédé à une analyse phytosociologique de la végétation bryophytique des sources calcaires plus ou moins pétrifiantes (à situer essentiellement dans la classe des Montio-fontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. & Tüxen 1943), des rares sources présentant une végétation acidophile (à situer dans l'alliance du Pellion epiphyllae Marstaller 1984), avec notamment *Hookeria lucens* et de quelques milieux sub-fontinaux contigus. Cette analyse a conduit à la description d'une nouvelle sous-association à *Fissidens adianthoides* du Cratoneuretum commutati (Gams 1927) Walther 1942 et à la reconnaissance de deux types de groupements bien différents dominés par *Trichocolea tomentella*, une espèce tolérante en matière de pH. Deux relevés réalisés dans un pâturage extensif autour d'une source pétrifiante, comportent, outre des espèces du Cratoneuretum commutati, le rare *Campylium stellatum*. *Philonotis calcarea* n'y a plus été observé et a disparu également de deux autres sites. Les groupements dominés par *Conocephalum conicum* ne trouvent leur place qu'en partie dans le Pellion endiviifoliae Bardat in Bardat et al. 2004 prov. ; le rare *Dichodontium flavescens* figure dans trois relevés.

Le pH des sources a été mesuré dans cinq sites ; la concordance avec le type de végétation observée n'est pas toujours complète. Après un rappel du cadre légal tant européen que national régissant les sources - pétrifiantes ou non - l'étude appréhende la nature des menaces pesant actuellement sur les milieux fontinaux et formule des propositions concrètes de conservation, ainsi que quelques changements au niveau des listes rouges sous l'angle de la flore et de la végétation bryophytique concernées.

1. Introduction

Plusieurs travaux récents (Hans 1998 ; Werner 1998, 2000, 2011) ont confirmé la présence de bryophytes remarquables sur les affleurements du « Grès de Luxembourg », dont la partie la plus escarpée, la Petite Suisse Luxembourgeoise (« Mullerthal, Mëllerdall »), se trouve au nord-est du Gutland (district lorrain luxembourgeois). Cette biodiversité a aussi été observée dans les autres zones gréseuses du pays. Or la bonne connaissance floristique de cette région contraste avec un bilan encore maigre au niveau de la sociologie des bryophytes, même si les travaux de pionnier de Barkman (1949) sur les végétations épiphytiques de la Petite Suisse doivent être dûment signalés, ainsi que trois relevés isolés avec le rare *Didymodon glaucus* (Werner 1987 et données non publiées).

Notre étude aborde les communautés de bryophytes entourant les sources, suintements et ruisselets de sources abondants dans cette région. Ces communautés sont en effet encore largement méconnues ; or ces sites très ponctuels sont actuellement menacés à des degrés divers, malgré les avancées des législations communautaire et nationale.

Nous nous proposons d'examiner successivement :

- l'inventaire provisoire des sources (essentiellement calcaires) de la région ;
- la phytosociologie des sources calcaires pétrifiantes, au niveau de la bryoflore ; cet examen a été étendu aux sites mouillés à suintants contigus à ces sources, ainsi qu'aux (rares) sources de la dition qui possèdent une végétation acidophile ; le pH est pris en considération au niveau de quelques sources ;
- la législation régissant ces milieux fontinaux et les menaces pesant actuellement sur ce patrimoine ; les mesures de conservation à prendre de toute urgence.

2. Mise en place du travail et méthodologie

2.1. Délimitation géographique

Notre travail couvre la Petite Suisse Luxembourgeoise (définie selon Werner 1998), ainsi que d'autres régions gréseuses du Gutland Luxembourgeois (district lorrain) situées en grande partie à l'ouest de l'Alzette (vallées de l'Eisch et de la Mamer). Ces affleurements appartiennent à l'étage Hettangien (Jurassique inférieur) ; à l'ouest du pays, les couches transgressent vers le Sinémurien et deviennent plus sablonneuses (Werner 2011). Les affleurements du grès sont signalés sur les cartes (fig.1-3). Dans certaines parties du territoire le grès est recouvert de marnes liasiques, notamment sur les plateaux de la Petite Suisse, généralement au-delà de 300 m d'altitude.

2.2. Délimitation quant à l'écologie

Notre premier but a été l'amélioration de nos connaissances sur les sources calcaires pétrifiantes, c'est-à-dire les végétations dominées par les mousses *Palustriella commutata* ou *Eucladium verticillatum*. Il existe encore d'autres sources pétrifiantes, notamment celles qui sont colonisées par des algues ou des cyanophycées ; elles ne sont pas concernées par cette étude.

A l'inverse les mousses habituellement tufigènes se retrouvent également dans des sites sans activité pétrifiante, par exemple le long des ruisselets de source ou sur des parois de grès mouillées. Nous avons étendu nos relevés à ces milieux-là, car ils entrent la plupart du temps dans la même classe de végétation des Montio-fontanae-Cardaminetea amarae, avec, au niveau des alliances, du Pellion endiviifoliae et du Riccardio-Eucladion verticillati Bardat in Bardat et al. 2004 prov.

Dans la foulée quelques sources à végétation acidophile, très rares dans la dition, ont aussi retenu notre attention.

2.3. Méthodologie des relevés

Au total 67 relevés phytosociologiques ont été dressés, principalement entre 2010 et 2015 (Liste en annexe 1, avec géolocalisation ; carte fig. 1). A l'exception de deux synusies de bryophytes observées au milieu d'une végétation herbacée (voir plus loin) les relevés se sont portés sur des communautés quasi-exclusivement constituées de bryophytes.

La méthode traditionnelle de l'école de Zurich-Montpellier (SIGMA) a été suivie, avec une estimation de l'abondance (entre + et 5) et de la sociabilité (entre 1 et 5). Il est vrai que ce dernier paramètre est difficile à apprécier objectivement au niveau de la couche muscinale, en raison de modes de vie et de croissance des espèces, fort variables selon l'écologie et parfois difficiles à évaluer avec précision. On a pu obtenir néanmoins une idée approximative, souvent significative sur la sociabilité des bryophytes observées.

Les bryophytes ont été déterminées et mises en herbier pour une bonne part, en particulier par le premier auteur (notamment toutes les espèces rares ou critiques). En ce qui concerne les plantes compagnes autres que les bryophytes (lichens et phanérogames), une détermination a été tentée, au moins au niveau du genre.

2.4. Nomenclature

La nomenclature se base sur Ros et al. (2013) pour les mousses et sur Ros et al. (2007) pour les hépatiques et les anthocérotes. Au niveau de la phytosociologie la nomenclature de Bardat & Hauguel (2002) et de Bardat et al. (2004) a été

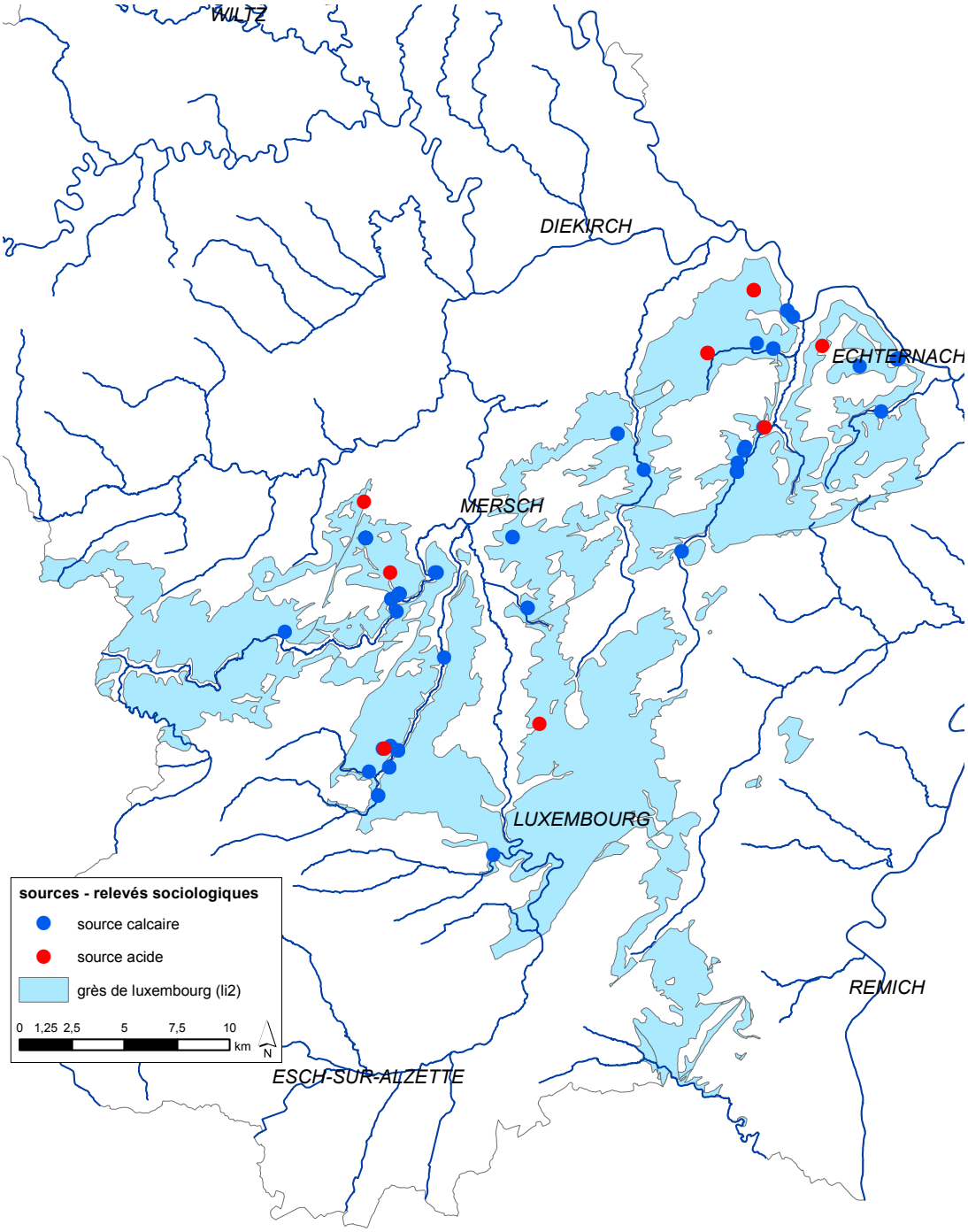

Fig. 1 : Localisation des sites ayant fait l'objet de relevés sociologiques. Les sites calcaires sont représentés en bleu, les sites acides en rouge ; carte dressée par Stephan Muellenborn et Alexandra Arendt.

suivie. Les indications données par Dierßen (2001) ont été les bienvenues pour compléter et nuancer cette nomenclature. La liste des associations abordées est donnée en annexe 2. En ce qui concerne plus spécialement les sources pétrifiantes, quelques différences de conception entre Bardat & Hauguel (2002) - suivies ici - et Dierßen (2001) sont évidentes. Le tableau en annexe 3 donne une juxtaposition sommaire des deux vues en présence.

3. Inventaire provisoire des sources

3.1. Historique

Il n'existe pas à ce jour d'inventaire précis, complet et homogène des sources du Grès de Luxembourg. Ce sont surtout les sources captées pour l'approvisionnement en eau potable qui ont été bien répertoriées. Or le milieu naturel des sources non captées est colonisé par une faune et une flore hautement spécialisées (Gereke et al. 2005), un fait qui reste largement sous-estimé.

Ce désintérêt a conduit à la méconnaissance de la distribution réelle et de l'état de conservation de cet écosystème qu'est le crénal, un constat formulé déjà dans le cahier « Habitats » intitulé « Sources pétrifiantes avec formation de tuf (7220) Cratoneurion commutati », établi dans le cadre de la mise en œuvre de la directive européenne 92/43/CEE (Ministère de l'Environnement 2000).

a) Les premières prospections ciblées de sources pétrifiantes ont été réalisées avec minutie dans le milieu forestier de la vallée de la Mamer (Erpelding & Bureau d'Etudes Lanius 2001). Peu après, lors de l'élaboration d'un plan de gestion pour la zone LU0001018 « Vallée de la Mamer et de l'Eisch » (TR-Engineering Bureau d'études de Services techniques 2006), l'état de conservation des sources pétrifiantes recensées a été estimé, notamment à l'aide de la flore bryologique.

b) Une cartographie nationale des biotopes rares, menacés et protégés, mise en place en vertu de l'article 17 de la loi du 19 janvier 2004, a conduit au recensement et à la description de nombreuses sources, situées certes, sans exception, dans des milieux *ouverts* (Ministère de l'Environnement 2009).

c) Comme l'état des sources calcaires *en milieu forestier* restait encore peu connu, un inventaire en a été réalisé sur le territoire du futur Parc naturel du Mullerthal (Petite Suisse Luxembourgeoise) (natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur 2013), une région aux vallées encaissées et densément boisées. Le deuxième auteur a activement collaboré à ce travail ; le premier auteur a vérifié la détermination des bryophytes récoltées. L'état de conservation des sites a été noté soigneusement.

d) Afin de rendre l'inventaire le plus complet possible et d'assurer également à l'avenir la protection du crénal et de l'hypocrénal, des « plans d'actions sources » ont été rédigés (Erpelding et al. 2012), à l'initiative du Ministère du Développement Durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement.

Les nombreuses sources répertoriées grâce à ces travaux et à nos recherches font l'objet de la carte en fig. 2. On observera le cumul important de sites dans la vallée de la Mamer, et, dans une moindre mesure, dans la Petite Suisse (au nord-est) et dans la vallée de l'Eisch (au nord-ouest). Le secteur proche de la frontière française (Mondorf-les-Bains) semble exempt de sources, à part celles recensées au niveau de la cartographie des biotopes rares.

3.2. Etat des lieux des sources de la région

a) En ce qui concerne la vallée de la Mamer, située dans la partie occidentale de la région étudiée, l'inventaire d'Erpelding & Lanius (2001) donne la localisation exacte et la description morphologique d'environ 300 sources, à caractère plus ou moins naturel, à fort débit ou sous forme de suintements minuscules. Dans 126 de ces sources des dépôts calcaires ont pu être observés, mais seulement 4,3 % des sources présentent une formation de tuf significative.

   Par ailleurs 18,6 % des sources recensées ont été altérées pour subvenir aux besoins d'eau potable. Si l'on ne considère que celles qui possèdent un débit important (> 0,5 l/s), la part des sources altérées s'élève même à 52,4%. Le travail du Bureau d'études de Services techniques TR-Engineering (2006) explique ainsi le fait que beaucoup de sources pétrifiantes n'atteignent pas

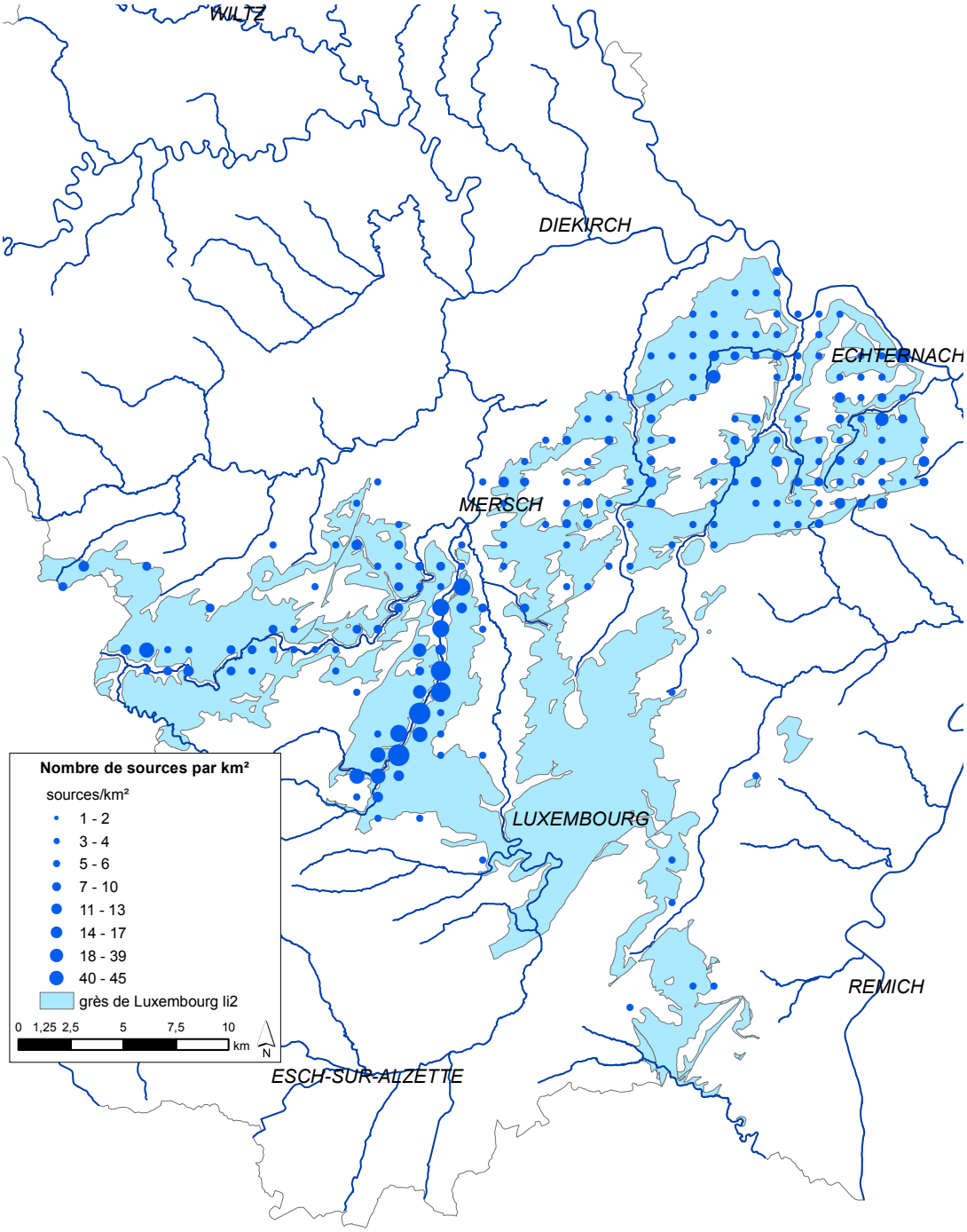

Fig. 2 : Localisation et densité du réseau de sources dans la région d'affleurement du Grès de Luxembourg ; carte dressée par Stephan Muellenborn et Alexandra Arendt.

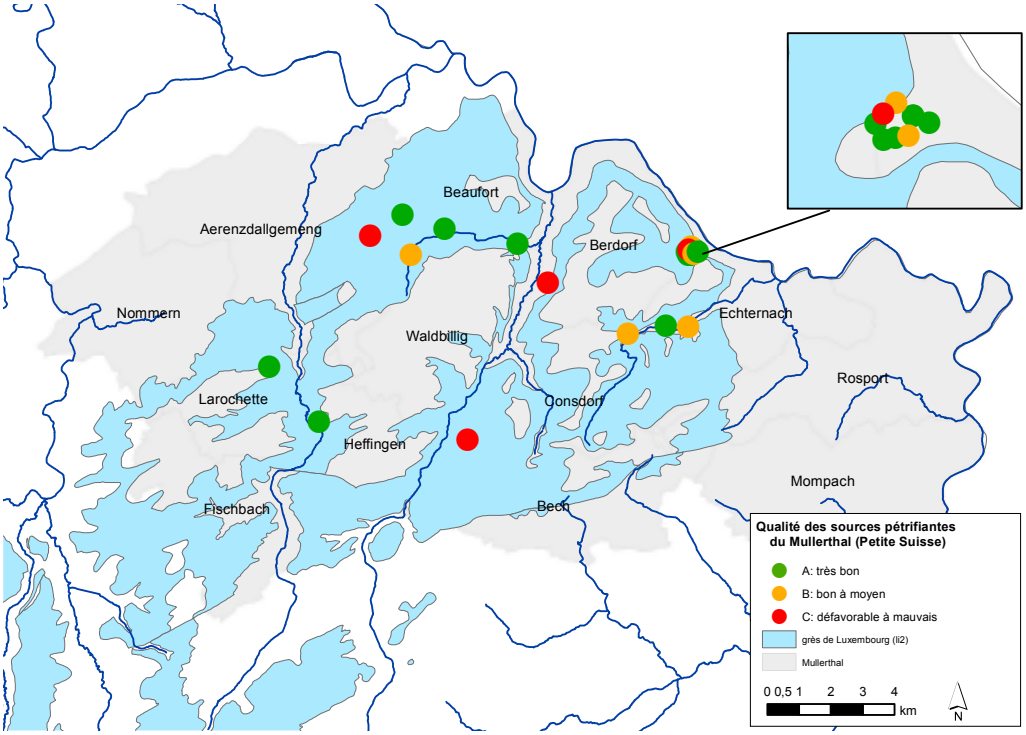

Fig. 3 : Localisation et état de conservation des sources pétrifiantes de la Petite Suisse Luxembourgeoise (Mullerthal) ; carte dressée par Stephan Muellenborn et Alexandra Arendt.

un état de développement climacique. Selon les observations les plus récentes du premier auteur le nombre réel des sources calcaires de cette vallée devrait être revu à la baisse, soit en raison de destructions récentes (Direndall !), soit parce que les auteurs de l'étude de 2006 ont vraisemblablement compté à part de minuscules sorties d'eau très proches les unes des autres, qui peuvent alimenter les ruisselets de sources pétrifiantes.

b) La cartographie nationale des biotopes rares en milieu ouvert (Ministère du Développement Durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement 2014) a permis de déceler la présence de 186 sources et suintements dans la région d'affleurement du Grès de Luxembourg.

c) Dans la Petite Suisse Luxembourgeoise 348 sources ont été répertoriées, dont 189 sont situées en milieu forestier et 159 en milieu ouvert ; ces dernières avaient, pour la majeure partie, déjà été recensées au niveau de la cartographie nationale des biotopes rares.

L'évaluation de l'état de conservation de ces sources, milieux ouvert et forestier confondus, a montré qu'à peu près la moitié d'entre elles (51,4 %) se trouvent dans un état de conservation qualifié de « bon » ou de « très bon ». En milieu forestier cette part s'élève même à 71,4 %, alors qu'elle n'atteint que 39 % en milieu ouvert.

Dans cette région boisée et accidentée, toutefois, seules 21 sources comportent actuellement une formation de tuf manifeste. Une estimation détaillée de la valeur patrimoniale de chaque site a été faite, en se basant sur la composition et la richesse de la flore bryologique, l'aspect et la quantité de tuf formé et divers autres paramètres écologiques des sites et de leur environnement direct (natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur 2013). Il s'est avéré que 12 d'entre elles (57 %) répondent aux critères de très bonne qualité ; quatre sont de qualité bonne à moyenne et sept - un tiers tout de même ! - se trouvent dans un mauvais état de conservation (carte fig. 3).

4. Sociologie de la bryoflore

N.B. : La liste des relevés géolocalisés est donnée en annexe 1. La carte en fig. 1 illustre cette liste, en signalant spécialement les quelques sites acides rencontrés. Les abréviations utilisées dans les relevés sont données en annexe 4. Un regroupement sommaire des associations en fonction de l'écologie, enfin, est tenté en annexe 5.

4.1. Les sources calcaires pétrifiantes

Malgré la diversité des micro-écologies pétrifiantes (sources, ruisselets de source, rochers suintants) ces sites très ponctuels ont en commun la fixation du carbonate de calcium par des plantes chlorophylliennes : mousses, hépatiques, cyanophycées ou algues (*Vaucheria* sp.). Ces plantes retirent le CO_2 dissous dans l'eau de source au niveau du bicarbonate de calcium et fixent à l'air libre (oxygène !) les molécules de $CaCO_3$. Ces dépôts finissent par envahir, puis par pétrifier les végétaux, en remontant de bas vers le haut. François et al. (2012) font remarquer à juste titre, à propos des sites picards, que les plantes vivantes créent progressivement leur propre substrat, car les couches inférieures s'imprègnent peu à peu de calcaire, puis meurent, se compactent et donnent naissance à des amoncellements de tuf. Ce dernier pourra se transformer ultérieurement en roche dure, au gré des évènements géologiques : Ce sera le travertin !

Dans son mémoire consacré aux habitats pétrifiants de la Sarre occidentale, Schneider (1993) décrit avec précision les quatre mécanismes physiques de base qui aboutissent à l'agglomération des grains de calcaire, à la formation et à la consolidation du tuf :

- accumulation de résidus calcaires par effet d'évaporation ;
- imprégnations calcaires des rhizoïdes de bryophytes, par effet de capillarité ;
- rétention des cristaux de calcaire par les frondes de mousses pleurocarpes ;
- fixation du calcaire par le mucus de cyanophycées ou des algues épi-bryophytiques.

Pour plus de détails sur le mécanisme de pétrification et sur la grande variété des types de sources pétrifiantes en Europe nous renvoyons :

- à l'étude consacrée par Havlicek et al. (1991) aux tufs multiformes de la Basse-Normandie ;
- à la fiche d' « habitat prioritaire » du Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (Anonyme 1999).

4.1.1. L'association du Cratoneuretum commutati

Une grande partie - sinon la grande majorité (Schneider 1993) - des sources pétrifiantes de nos régions sont dominées par les genres *Palustriella* ou *Cratoneuron*. Elles ont donné lieu à des travaux sociologiques nombreux dans plusieurs pays (par exemple : Ahrens 1992, von der Dunck 1972, Bailly 2005, De Zuttere 1983, Philippi 1979, 1982), même dans la « Grande Région » SAARLORLUX (Schneider 1993), mais pas encore au Luxembourg.

Le tableau 1 donne 18 relevés effectués soit au sein même des sources pétrifiantes, soit le long des ruisselets qui dévalent les premières pentes, la précipitation de carbonate de calcium diminuant progressivement vers l'aval. La composition floristique est souvent la même, soit dit en passant, pour les sources fortement pétrifiantes et pour celles qui le sont moins ou presque pas du tout !

La plupart de ces relevés sont pauvres en espèces et toujours dominés par *P. commutata*, qui forme parfois d'épais tapis mono-spécifiques (relevé 1). Les espèces compagnes, en abondance moyenne à faible, relèvent en très grande majorité de l'alliance du Pellion endiviifoliae Bardat in Bardat et al. 2004 prov., de l'ordre des Cardamino-Chrysospenietalia Hinterlang 1992 et de la classe des Montiofontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. et Tüxen 1943.

Plagiomnium undulatum est une des compagnes les plus fidèles (avec un coefficient III), présente dans plus du tiers des relevés, mais toujours en faible quantité. *Pellia endiviifolia*, la principale espèce caractéristique de l'alliance, peut être abondant dans certains sites, lorsque l'hépatique thalleuse parvient à s'accrocher à un substrat solide sub-vertical (relevés 8 à 11). La plupart des autres sources pétrifiantes relevant de l'association du Cratoneuretum possèdent en revanche

Tab. 1 : L'association du Cratoneuretum commutati.

Relevé N°	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
reference N°	s.n.	1905	1146	1150	1155	2041	1485	1901	1251	1941	1992	1483	1592	1972	100	2030	1906	2011	
exposition	E	N	W	W	SW	SW	NW	NW	NE	SW	SW	NW	N	NE	na	W	N	SW	
pente (°)	±45	0	5	80	30	45	<5	80	60	80	65	0	70	0	na	>50	0	45	
surface (dm²)	4	2	4.5	8	6	2.5	2.3	3	7	4	2.5	6	7	1.6	±2	1.2	4.5	4	
couverture (%)	100	100	100	99	95	100	100	100	100	100	100	95	98	95	100	99	100	90	
nombre de bryophytes	1	3	4	4	2	2	3	2	4	4	4	3	3	2	8	4	4	5	
Palustriella commutata	5.5	5.5	5.5	5.4	5.5	5.5	4.4	3.3	2.4	4.4	4.4	3.4	3.4	5.4.	4.4	2.2	2.4	3.3	V
Pellion Endiv																			
Pellia endiviifolia								4.4	4.4	2.2	3.2								II
Conocephalum conicum				+.1					1.1								1.1		I
Cratoneuron filicinum										2.2									
Aneura pinguis															+.1	1.2			I
Montio-Fontanae																			
Brachythecium rivulare						+.1					+.1	4.5	3.3	2.2	3.3				III
† *Philonotis calcarea*															2.4				
Ptychostomum pseudotriquetrum															+.1	4.4		1.1	I
Plagiomnium elatum																	4.4	1.1	I
Plagiomnium undulatum		+.1	+.1	1.1								+.1	1.1				+.1		III
Rhizomnium punctatum							1.1			+.1					2.1				I
Palustriella falcata															+.1				
Compagnes																			
Calliergonella cuspidata		+.1			1.1										1.1	+.2		3.1	II
Campylium stellatum																		3.3	
Trichocolea tomentella							2.1												
Thuidium tamariscinum			+.1																
Eurhynchium striatum			+.1																
Plagiochila asplenioides				+.1															
Oxyrrynchium speciosum									1.1										
Oxyrrhynchium schleicheri											+.1								
Hedera helix				+.1															
Carex sp.																+.1			

une dimension horizontale ; les coussins de mousses sont généralement plats ou à faible pente, dépassant rarement les 45°.

La présence parfois massive de *Brachythecium rivulare* (relevés 12 à 15, indice de fidélité de III) pourrait indiquer soit une légère eutrophisation (cf. Schneider 1993), soit une diminution de la charge carbonatée de l'eau. Dans le relevé 16, situé en marge de l'écoulement principal, c'est *Ptychostomum pseudotriquetrum* qui s'est imposé. Les touffes robustes de ce « *Bryum* » s'y incrustent fortement de matière calcaire, tout comme chez *Palustriella*.

Le relevé 15 date de 1987 : Ce Cratoneuretum très riche (8 espèces dans le relevé !) est caractérisé par une mousse orophile très rare dans nos régions : *Philonotis calcarea*. Or le site a été endommagé il y a une dizaine d'années environ, suite à des travaux de curetage de fossé, où s'écoulent plusieurs petites sources pétrifiantes. Le relevé 17 fut réalisé dans le même site, mais plus récemment et non dans le fossé. C'est *Plagiomnium elatum* qui y domine, suggérant une évolution possible vers un marécage calcaire (au sens le plus large). La mousse se rencontre souvent dans des sites herbacés mouillés en pente (suintements riches en calcaire).

Cette dernière mousse est également présente dans le relevé 18 qui constitue en fait une simple synusie de bryophytes située au milieu d'un pâturage extensif en pente, autour d'une source calcaire envahie par une végétation herbacée assez dense. La présence de *Campylium stellatum* (une espèce rare au Luxembourg), en compagnie de *Calliergonella cuspidata* annonce aussi les marécages calcaires ; cette végétation est à rattacher probablement à l'alliance du Caricion davallianae Klika

Fig. 4 : Cône de tuf coiffé d'un dense tapis mono-spécifique de *Palustriella commutata* à Marienthal ; photo Roland Proess.

1934. Or il y a une vingtaine d'années la source était encore beaucoup plus dégagée de végétation herbacée ; elle était dominée « haut la main » par *Palustriella commutata*, en compagnie de *Philonotis calcarea*, qui semble à présent avoir disparu de notre flore, compte tenu des recherches systématiques menées par les deux auteurs.

Von der Dunck (1972) a fait remarquer que le Cratoneuretum commutati est une association sciaphile, ce qui est important à savoir pour apprécier la portée des menaces actuelles (v. pl. l.). Quelques-unes des sources visitées par nous prospèrent cependant en situation très ouverte ; c'est le cas par exemple, de l'imposante source pétrifiante de Marienthal (relevé 1, fig. 4), exclusivement colonisée par *Palustriella commutata,* une source pétrifiante typique, où le cône de tuf calcaire sous-jacent doit augmenter encore à l'avenir, d'année en année.

4.1.2. Une sous-association à *Fissidens adianthoides*

Parmi les bryophytes associées à *Palustriella commutata* nous avons observé souvent la présence - en quantité appréciable, voire dominante - de *Fissidens adianthoides,* une mousse hygrophile à hydrophile, souvent présente, par ailleurs, dans des fissures humides à suintantes de rochers (schiste dévonien ardennais !) ou dans des marécages calcaires (fig. 5). Dans la littérature consultée *F. adianthoides* est rarement cité au niveau des sources à formation de tuf. De Zuttere (1983) et Philippi (1982) ont publié quelques relevés de sources pétrifiantes comportant la présence de *Fissidens adianthoides*. Von der Dunck (1972), une décennie plus tôt, s'était intéressé aux sources calcaires du grès keupérien de Franconie ; il avait noté *Fissidens adianthoides* avec une fréquence élevée (IV), mais sans s'y arrêter autrement.

En ce qui concerne l'écologie de ce groupement (tab. 2) il s'agit en majorité de sources et de ruissellements à débit faible, mais, semble-t-il, assez constant. Le *Fissidens* y est parfois intimement

mêlé à *Palustriella.* Ses touffes occupent plus rarement des endroits à forte pente, où l'écoulement est rapide. Dans ces deux types de microsites la formation de tuf calcaire est faible, voire nulle. Philippi (1982), ayant à ce propos déjà fait le même constat, a estimé que l'eau ne contient à ces endroits plus assez de calcaire dissout.

Tout ceci nous conduit à décrire une sous-association nouvelle, à savoir le Cratoneuretum commutati fissidentosum adianthoidi. Parmi les espèces compagnes les plus fréquentes de *Palustriella commutata* (présent dans tous les relevés, sauf un) et de *Fissidens adianthoides* (présent dans tous les relevés, dominant absolu dans cinq cas sur sept) nous notons surtout *Rhizomnium punctatum, Plagiomnium undulatum* et *Calliergonella cuspidata.* Les relevés de De Zuttere (1983) et de Philippi (1982), renseignent encore la présence de quelques autres espèces compagnes à faible degré de fidélité (comme *Ptychostomum pseudotriquetrum*), qui appartiennent toutes à l'alliance du Pellion endiviifoliae et à la classe des Montiofontanae-Cardaminetea amarae.

Nous choisissons le relevé 5 comme relevé-type de cette nouvelle sous-association.

Fig. 5 : *Fissidens adianthoides* dans un marais de source, pâturage extensif près de Junglinster-Beelenhaff ; photo Alexandra Arendt.

Tab. 2 : Une sous-association à *Fissidens adianthoides*.

Relevé N°	1	2	3	4	5	6	7	
référence N°	1484	1156	1140	1145	1741	1770	1480	
exposition	NNW	-	NW	W	SE	SE	NNW	
pente	5-10	0	0-10	85	40	90	0	
surface (dm2)	2	1.6	3	2	1.6	2	1.8	
couverture (%)	100	96	100	99	100	98	100	
nombre de bryophytes	3	6	3	4	4	6	4	
Palustriella commutata	2.5	2.1	2.4	1.3	3.5	1.2		V
Fissidens adianthoides	5.4	4.3	2.2	4.4	2.3	4.4	4.4	V
Montio-Fontanae								
Rhizomnium punctatum	1.2		3.4				2.2	III
Plagiomnium undulatum				1.1	1.1			II
Plagiomnium elatum		2.2						
Ptychostomum pseudotriquetrum		+.1						
Conocephalum conicum					2.3			
Cratoneuron filicinum						3.2		
Jungermannia atrovirens						+.1		
Compagnes								
Calliergonella cuspidata		+.1					+.1	II
Oxyrrhynchium schleicheri		+.1						
Rhytidiadelphus loreus				+.1				
Trichocolea tomentella						+.1		
Didymodon spadiceus						+.1		
Lophocolea bidentata							+.1	

Fig. 6 : Source pétrifiante dominée par *Eucladium verticillatum*, paroi suintante près du Kesselécksbaach au S-E de Christnach; photo Alexandra Arendt.

Fig. 7 : Cascadelle pétrifiante au bord de la route vers Hollenfels. Avant le curetage du fossé, vers 2011, ce site abritait *Philonotis calcarea*, encore observé par le premier auteur vers 1985 ; photo Jean Werner.

Tab. 3 : L'association de l'Eucladietum verticillatae.

Relevé N°	1	2	3	4	5	6	7	8
référence N°	1920	1902	1912	2060	2050	1250	1561	2051
exposition	SW	NW	NW	W	E	NE	SW	NW
pente	75	70	90	90	90	70-110	85	90
surface (dm²)	1.6	0.6	2.3	1	4.5	9	1	6
couverture (%)	80	70	100	50	100	30	100	100
nombre de bryophytes	4	4	2	2	3	2	2	1
Eucladium verticillatum	2.1	3.1	5.4	3.2	3.5	2.4	5.5	5.5
Montio-fontanae								
Aneura pinguis	4.4							
Palustriella commutata	1.1	2.2	1.2					
Palustriella falcata				2.5				
Conocephalum conicum					3.4	2.2		
Ptychostomum pseudotriquetrum	+.1							
Pellia endiviifolia		2.4						
Jungermannia atrovirens							2.4	
Compagnes								
Fissidens taxifolius		-.1						
Oxyrrynchium schleicheri					3.5			

4.1.3. L'association de l'Eucladietum verticillati Allorge 1922

Les sources et suintements de la dition dominés par *Eucladium verticillatum* (fig. 6) - l'autre mousse pétrifiante principale de notre région - sont moins fréquents, mais forment parfois des sites de grande taille, généralement en forte pente, voire (sub)-verticaux.

L'Eucladietum, en contraste avec la plupart des sites du Cratoneuretum, est une association photophile dans notre dition. Les coussins de mousse peuvent atteindre des proportions impressionnantes, par exemple dans la vallée de l'Ernz Noire entre Blumenthal et Breidweiler-Pont (voir le relevé 1912, tab. 3) ou entre Ernzen et Larochette.

Huit relevés ont été dressés (tab. 3). Le premier a été effectué en bordure d'une cascadelle de source, par ailleurs occupée par le Cratoneuretum ; c'est *Aneura pinguis*, espèce caractéristique de l'alliance, qui domine dans ce relevé atypique. Les autres relevés illustrent des végétations compactes dominées par *Eucladium verticillatum*, avec très peu d'espèces compagnes (cf. Schneider 1993), sinon des hépatiques aux endroits les plus mouillés. *Palustriella commutata* ou *Palustriella falcata* sont parfois associés à *Eucladium* (relevés 2 à 4), ce qui illustre la parenté (étroite ?) des deux communautés pétrifiantes. Presque toutes les autres espèces compagnes caractérisent la classe des Montio-Cardaminetea.

Toutes ces végétations pétrifiantes sont généralement alimentées par des suintements faibles, mais continus, parfois imperceptibles ; cependant *Eucladium* peut aussi être présent en marge d'un écoulement important colonisé par le Cratoneuretum (relevé 1, fig. 7).

Tab. 4 : L'association du Fegatelletum conicae.

Relevé N°	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
référence N°	1062	1991	2006	1973	2015	1910	500	2020	1121	2025
exposition	NW	SE	W	NE	NE	W	var.	NW	N	W
pente	90	70	45	75	80	85	15	25	40	35
surface (dm²)	35	3	1.2	1.5	4.2	3	100	1.2	0.6	1
couverture (%)	90	100	80	100	80	90	95	100	100	75
nombre de bryophytes	5	4	4	6	3	4	5	8	4	2
Conocephalum conicum	3.4	5.5	5.4	3.3	4.4	2.4	2.2	3.2	2.1	3.2
Jungermannia atrovirens						3.4		+.1		
Dichodontium flavescens							4.4	2.4	4.4	
Dichodntium pellucidum										2.2
Montio-fontanae										
Plagiomnium undulatum	1.1	1.1	+.1				+.1	+.1		
Pellia endiviifolia		+.1		+.1	2.3					
Eucladium verticillatum	1.5					+.1				
Rhizomnium punctatum				1.1			+.1			
Palustrriella commutata			1.1		+.1					
Brachythecium rivulare			2.2							
Cratoneuron filicinum				1.1				1.1		
Ptychostomum pseudotriquetrum								1.3		
Hygrohypnum luridum							+.2			
Ctenidietalia										
Oxyrrynchium schleicheri				3.3				2.2	+.1	+.1
Mesoptychia collaris						2.4				
Compagnes										
Mnium stellare	1.3									
Plagiochila porelloides	2.2									
Didymodon spadiceus				+.1				+.1		
Hypnum cupressiforme									+.1	
Oxalis acetosella							1.1			
Lepraria sp.	2.3									

4.2. Divers sites mouillés et suintements calcaires

4.2.1. L'association du Fegatelletum conicae *s.l.*

Conocephalum conicum est une grande hépatique omniprésente dans la dition ; ses grands thalles lustrés et odorants abondent sur des parois de grès calcaire mouillées à suintantes, de même que sur des blocs et pierres le long des ruisseaux et aux abords de sources calcaires pétrifiantes. Elle est donc souvent contiguë à l'association du Cratoneuretum, mais possède un plus large spectre écologique. En y regardant de plus près, en effet, on doit scinder les relevés effectués (tab. 4 et 5) en deux groupes bien distincts :

a) Les relevés du tableau 4 comportent un cortège d'espèces compagnes qui relèvent en grande majorité de la classe des Montio-fontanae-Cardaminetea amarae et de l'alliance du Pellion endiviifoliae. Dans tous ces relevés la végétation bryophytique côtoie des sources pétrifiantes ou des ruisselets calcaires encore proches de leurs sources. Ces relevés justifient sans aucun doute les choix nomenclaturaux de Bardat & Hauguel (2002). La végétation faisant l'objet des relevés 1 à 5 représente donc ce qu'on pourrait appeler un Fegatelletum classique. Dans le relevé 6 *Conocephalum* est dominé par deux hépatiques hygrophiles calcicoles (*Mesoptychia collaris* et *Jungermannia atrovirens*) qui se retrouvent souvent au sein de l'alliance du Pellion endiviifoliae et de l'association du Cratoneuretum commuatatae. Il s'agit d'un pan de rocher suintant en contact direct avec un important complexe pétrifiant. Ces deux hépatiques se rencontrent aussi - assurément moins souvent en ce qui concerne le *Jungermannia* - dans des constellations appartenant à l'ordre des Ctenidietalia Hadac & Smarda *in* Klika & Hadac 1944

Dans les quatre derniers relevés (N° 7 à 10) *Conocephalum conicum* est associé à *Dichodontium* sp., à savoir trois fois à *Dichodontium flavescens* et une fois à *D. pellucidum*. La première des ces espèces hygrophiles et sciaphiles est rare dans nos régions, mais aussi largement méconnue, car souvent encore confondue avec *D. pellucidum.* Elle connait une répartition montagnarde en Europe (Werner 2002) et pourrait bien caractériser une association originale liée à des sites particulièrement encaissés et humides, occupant des bords de ruisselets sablo-rocailleux, en milieu calcaire peu eutrophisé et riche en bases. C'est un des fleurons montagnards de la Petite Suisse Luxembourgeoise. *D. pellucidum* en serait l'espèce vicariante en plaine. Il faudrait d'autres relevés pour en savoir plus !

Les espèces compagnes appartiennent en majeure partie à la classe des Montio-fontanae-Cardaminetea amarae. *Oxyrrynchium schleicheri*, présent en bonne quantité dans les trois derniers relevés, suggère cependant une certaine affinité avec l'alliance du Ctenidion mollusci Stefureac 1941 (Dierßen 2001).

Tab. 5 : Autres relevés dominés par *Conocephalum conicum*.

Relevé N°	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
référence N°	1695	1701	1911	2045	1030
exposition	NE	N	N	w	na
pente (°)	110	90	90	85	10
surface (dm²)	3	3.5	1	3	1
couverture (%)	100	100	90	95	85
nombre de bryophytes	3	5	2	4	5
Conocephalum conicum	5.4	5.4	4.4	4.5	
Conocephalum salebrosum					3.3
Ctenidietalia					
Fissidens dubius		1.1		2.3	+.1
Amphidium mougeotii	1.3				
Gymnostomum calcareum		+.1			
Mesoptychia collaris		+.1			
Thamnobryum alopecurum		1.1			
Pedinophyllum interruptum			3.3		
Ctenidium molluscum				1.1	
Encalypta streptocarpa				+.1	
Compagnes					
Mnium stellare					3.3
Mnium hornum	2.1				
Metzgeria furcata					1.1
Plagiothecium nemorale					+.1

b) Les relevés du tableau 5 sont également dominés par *Conocephalum*, mais ils comportent en majorité des espèces compagnes relevant de la classe des Ctenidietea mollusci Grgic 1980 (et de l'ordre des Ctenidietalia mollusci), sans qu'il soit possible d'en dire plus à ce stade. Malgré la dominance de *Conocephalum* elles n'ont pas leur place dans le Fegatelletum conicae. Le support, dans ces relevés, étaient des rochers mouillés à très frais, mais jamais des ruisselets de sources pétrifiantes.

Le relevé 13 doit être considéré à part, car dominé par *C. salebrosum*, espèce récemment détachée de *C. conicum* et donc quasiment inconnue en phytosociologie. Le site est soumis à une certaine sécheresse saisonnière ; il s'agit d'une fente dans un rocher ombragé, sous surplomb. Le premier auteur avait observé il y a quelques années *Conocephalum salebrosum* associé à *C. conicum* aux abords des sources de Hunnebour (Mersch) ; aucun relevé n'a malheureusement été dressé dans ce site et cette végétation a évolué entretemps en faveur du seul *C. conicum.*

4.2.2. Divers relevés effectués en milieu calcaire mouillé

Nous avons réalisé quelques autres relevés dans le milieu des sources et ruissellements calcaires qui ne correspondent à aucune des associations abordées plus haut.

Le relevé 1 (tout comme le relevé 14 du tab. 1) a porté sur une synusie de bryophytes vivant en mosaïque avec une dense végétation herbacée autour d'une source calcaire, au milieu d'un pâturage extensif. L'espèce dominante, le rare *Campylium stellatum* (fig. 8) - ainsi que la présence d'*Aneura pinguis* et de *Fissidens adianthoides* - nous suggèrent de situer cette végétation dans le Caricion davallianae Klika 1934. Deux linaigrettes ont aussi été observées dans le site *Eriophorum angustifolium* Honck et *E. latifolium* Hoppe, ce qui nous conforte dans cette conviction.

Les relevés 2 et 3, où la mousse acrocarpe *Didymodon spadiceus* est dominante, devraient trouver leur place au sein de l'alliance du Pellion endiviifoliae, voire dans l'association du Cratoneuretum commutati (relevé 3 !) ; la mousse hygrophile est par ailleurs assez fréquente le long des ruisseaux et rivières mésotrophes telles que l'Attert (observations du premier auteur). C'est un autre *Didymodon* (*D. tophaceus*) qu'on rencontre plus souvent dans le milieu des sources pétrifiantes, ainsi par exemple en Haute-Normandie (Renault 2012) et en Sarre (Schneider 1993) ; il est vraisemblable que des recherches plus poussées mèneront à la découverte de cette mousse (par ailleurs assez commune au Luxembourg) dans des suintements pétrifiants du type *Eucladietum*.

Fig. 8 : *Campylium stellatum* en compagnie de *Chara vulgaris* L., pâturage extensif près de Junglinster-Beelenhaff ; photo Alexandra Arendt.

Tab. 6 : Divers relevés en milieu calcaire (sub-) fontinal.

Relevé N°	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
référence N°	2010	1063	1160	1942	2040	1161
exposition	W	NE	SW	SW	SW	NW
pente (°)	45	75	20	80	60	40
surface (dm²)	4	1.5	1.2	3	0.8	2
couverture (%)	80	99	40	100	100	40
nombre de bryophytes	5	8	2	3	4	2
Campylium stellatum	4.3					
Didymodon spadiceus		4.4	4.4			
Rhynchostegium riparoides				5.4		
Cratoneuron filicinum				1.1	5.5	3.3
Montio-Fontanae						
Conocephalum conicum		1.1			1.2	
Palustriella commutata			2.2		2.2	
Aneura pinguis	+.3					
Fissidens adianthoides	1.1					
Ptychostomum pseudotriquetrum	+.1					
Chiloscyphus pallescens		+.1				
Palustriella falcata				1.1		
Hygrohypnum luridum						2.2
Compagnes						
Calliergonella cuspidata	3.3					
Plagiochila asplenioides		+.1				
Lophocolea bidentata		+.1				
Plagiochila porelloides		2.3				
Blepharostoma trichophyllum		1.3				
Brachythecium rutabulum					1.1	
Hypnum cupressiforme		+.1				

Le relevé 4 a été réalisé dans une cascadelle en aval d'une source calcaire. On peut y noter la présence de *Palustriella falcata.* Cette végétation fait transition vers l'alliance du Platyhypnidion rusciformis Philippi 1956.

Les relevés 5 et 6, dominés par *Cratoneuron filicinum*, illustrent une végétation très répandue dans la dition. Le premier relevé, surtout, se rattache parfaitement à l'association du Cratoneuretum filicino-commuatati (Kuh. 1937) Oberdorfer 1977. Au Luxembourg, contrairement à ce qui se passe en Picardie (François et al. 2012), ces végétations sont assez banales et ne présentent guère d'intérêt patrimonial évident ; elles supportent manifestement une pollution assez forte ; c'est pourquoi nous ne nous y sommes pas attardés.

4.3. Les sources et suintements acides

Comme le Grès de Luxembourg est cimenté presque partout par du carbonate de calcium, il n'est pas étonnant que les biotopes à la fois acides et mouillés soient très rares dans la dition, ce qui nous a motivés à nous y intéresser aussi.

En fait les associations acidophiles et hydrophiles (autres que le très commun Pellietum epiphyllae Schade ex Ricek 1970) n'ont été observées que dans trois sites :

- Au *Biirkbaach* et au *Tollbaach* supérieur, deux sites de la région de Beaufort dotés du statut de protection nationale «Réserve forestière 04 Saueriecht, Birkbaach, Hallerbaach, Haupeschbaach» et faisant partie de la zone communautaire «Vallée de l'Ernz noire/ Beaufort/Berdorf, LU0001011» ;
- dans une bétulaie marécageuse à Finsterthal, connue depuis longtemps pour ses populations de *Lycopodium annotinum* L. et de *Hookeria lucens,* classée comme «Réserve naturelle nationale 24 ZH - zone humide - de Boevange-Fënsterdall» et intégrée au réseau Natura 2000 sous la dénomination de «Zones humides de Bissen et Fensterdall, LU0001014».

4.3.1. L'association du Pellietum epiphyllae Schade ex Ricek 1970

Les quelques relevés dominés par *Pellia epiphylla* (tab. 7) sont donnés en exemples d'une végétation fort banale dans la dition. Les relevés 1 à 4 appartiennent au Pellietum epiphyllae typique ; il s'agit de talus sablonneux situés en forêt, ombragés, acides, frais à suintants.

Le cinquième relevé traduit une transition vers le Hookerietum lucentis Lecointe & Provost 1970 que nous examinerons plus bas ; *Hookeria lucens* est d'ailleurs reconnu également comme espèce caractéristique au niveau de l'alliance du Pellion epiphyllae.

Le sixième relevé est dominé par le plus rare de nos *Pellia* acidophiles. Il s'agit de *Pellia neesiana*, dont l'affinité sociologique exacte reste à préciser. Le site est un talus frais et ombragé, sous pessière, dominant un fossé d'évacuation au bord de ce qui était naguère une bétulaie à sphaignes (Kirpach & Werner 1990). Les pionniers du sol sablonneux acide y envahissent, il est vrai, peu à peu les thalles de l'hépatique dominante.

Tab. 7 : L'association du Pellietum epiphyllae.

Relevé N°	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
référence N°	1590	336	1502	2021	1551	1965
exposition	N	SE	N	NE	N	W
pente (°)	75°	70°	90°	90	30°	70°
surface (dm²)	4.4	2.2	0.8	4.5	0.9	6
couverture (%)	95	80	100	90	95	95
nombre de bryophytes	4	4	3	4	3	3
Pellia epiphylla	3.4	4.5	4.4	4.5	4.5	
Pellia neesiana						4.5
Pellion Epiph						
Mnium hornum	2.2			2.1		
Hookeria lucens					3.3	
Dicranelletalia						
Atrichum undulatum	2.3					2.2
Dicranella heteromalla				1.1		1.2
Diplophyllum albicans		1.3				
Scapania nemorea		+.1				
Heterocladium heteropterum		1.1				
Calypogeia muelleriana			3.4			
Cephalozia bicuspidata				+.1		
Compagnes						
Polytrichum formosum			+.1			
Plagiothecium sp.	+.1					
Fissidens pusillus					1.2	

4.3.2. L'association du Hookerietum lucentis Lecointe & Provost 1970

La grande et belle mousse *Hookeria lucens* est largement répandue dans l'Europe (hyper-) atlantique. En Bretagne, par exemple, on la trouve souvent à proximité d'*Osmunda regalis,* une fougère à répartition hyper-océanique, rarissime chez nous. Dans la « Grande Région » *Hookeria* est fréquent en Ardenne belge, dans les Vosges occidentales - très arrosées - et sur le versant occidental du Hunsrück. Au Luxembourg il n'est connu à ce jour que de trois sites (Werner 2011, Werner & Hans 2015), qui ont tous faits l'objet de relevés dans le cadre de cette étude.

Les relevés 1 (Biirkbaach) et 2 (Finsterthal) (tab. 8) se rattachent parfaitement à l'association de l' Hookerietum lucentis typique, compte tenu de la présence des espèces acidophiles de l'alliance du Pellion epiphyllae. Le relevé 1, réalisé à l'endroit même de la source, contient l'hépatique différentielle *Scapania undulata,* dont c'est la seule localité connue dans la dition (fig. 9); elle est plus fréquente, quoiqu'en régression, dans les Ardennes luxembourgeoises. Le caractère acidophile de cette communauté est illustré par la présence de *Fissidens pusillus*, vicariant du plus commun *F. gracilifolius*, très abondant dans la région. Dans le relevé 2 *Hookeria* s'est implanté le long d'un ruisselet de source.

4.3.3. L'association du Trichocoleetum tomentellae (Herzog 1943) Doll 1966

Bien que plus fréquente que *Hookeria* l'hépatique *Trichocolea tomentella* (fig. 10) se trouve néanmoins en nette régression au Luxembourg (Werner 2003, 2008), malgré quelques localités nouvelles récentes (Werner & Hans 2015) qui nous ont livré plusieurs relevés. En regardant de près ces relevés on constate sans peine que nous sommes en présence de deux types de sources fondamentalement différents. Or, selon Dierßen (2001), notre hépatique possède une grande variabilité édaphique, pouvant s'accommoder aussi bien de milieux acides que de milieux basiques, une vue corroborée par les relevés de von der Dunck (1972) et les compilations de von Hübschmann (1986).

Fig. 9 : Source acide avec *Hookeria lucens* (en bas), et *Scapania undulata* (en haut, submergé), Dillingen - Beaufort, Biirkbaach; quelques brins de *Mnium hornum* percent à travers le tapis de *Hookeria* ; photo Jean Werner.

Il y a déjà plus d'un siècle Langeron (1904, 1905) avait examiné de plus près, analyses à l'appui, les paramètres écologiques de cette hépatique dans le Jura. Il avait conclu à « son indépendance à peu près complète vis-à-vis de la composition chimique du sol ».

Nos relevés (tab. 8) doivent donc être classés en deux groupes :

a) Dans les relevé 3 et 4 les espèces observées sont presque toutes acidophiles et caractérisent l'alliance du Pellion epiphyllae ; le relevé 4 (Tollbaach), en particulier, fait transition vers le Hookerietum lucentis et correspond à la sub-association à *Hookeria* évoquée par von Hübschmann (1986 : 42), qui cite von der Dunk (1972). En fait ce sont là les seuls relevés qui peuvent être classés dans l'association du Trichocoleetum tomentellae, dans son acceptation habituelle (cf. Ahrens 1992 : 503).

Fig. 10 : *Trichocolea tomentella* est encore abondant près d'Echternach, dans la partie inférieure de l'Aesbaach. A cet endroit l'hépatique accompagne *Palustriella commutata* et d'autres bryophytes calcicoles ; dans d'autres sites elle domine, au contraire, des formations acidophiles relevant du Pellion epiphyllae ; photo Alexandra Arendt.

b) Dans les relevés 5 à 7 ce sont au contraire des espèces calcicoles caractérisant la classe des Montio-fontanae-Cardaminetea amarae - et en particulier l'alliance du Pellion endiviifoliae - qui accompagnent notre hépatique. Nous avons déjà vu plus haut un relevé du Cratoneuretum commutati, comportant une faible quantité de *Trichocolea* et provenant du même milieu naturel (tableau 1, relevé 3), c'est-à-dire des sources modérément calcaires, où on n'observe qu'une maigre formation de tuf. Ces relevés devraient être situés dans l'alliance du Pellion endiviifoliae ; mais il faudrait disposer de quelques sites supplémentaires pour dessiner les contours d'une nouvelle association dominée par des peuplements de *Trichocolea* en milieu calcaire fontinal.

Notons encore que, contrairement à ce qui se passe en Franconie (von der Dunck 1972), *Trichocolea* peut se rencontrer dans notre dition aussi bien au niveau même des sources, que le long des ruisselets qui dévalent les pentes.

4.4. Examen du pH dans quelques sources

Le second auteur, avec l'aide précieuse de Madame Sonja Heumann, a pu mesurer le pH de l'eau dans cinq sites où un ou plusieurs relevés avaient été dressés. Les résultats sont en partie surprenants :

- la source du vallon de Biirkbaach est effectivement acide, comme la végétation observée le suggère ;
- les sites tufigènes de l'Aesbaach sont fortement alcalins, ce qui correspond tout à fait à nos attentes ;
- les sources de Brouch sont moyennement à fortement alcalines ; *Trichocolea* y est présent, entre autres, en compagnie intime de *Palustriella commutata* ; le pH proche de 7 dans l'une des analyses explique peut-être pourquoi la formation de tuf est quasiment nulle au niveau de ces sources;

- les ruissellements de la vallée de Tollbaach possèdent un pH supérieur à 7, alors que les végétations observées sont composées essentiellement d'espèces acidophiles ! Sans doute faut-il y voir l'une des subtilités des micro-écologies stationnelles, au niveau de la bryoflore, qu'une analyse plus fine ne manquerait pas d'élucider.

Contre toute attente - et malgré une végétation totalement acidophile - les ruissellements de Finsterthal donnent aussi une réaction alcaline. Nous soupçonnons que ceci est dû en grande partie aux interventions récentes ; l'abattage sélectif pratiqué il y a quelques années dans une optique de conservation du lycopode (v. plus haut) a été trop brutal et n'a pas assuré partout

Tab. 8 : L'association du Hookerietum lucentis et les végétations dominées par *Trichocolea tomentella*.

Relevé N°	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
référence N°	1550	1960	1930	1931	1971	1151	1481
exposition	SSW	SE	E	E	NE	W	NNW
pente (°)	0-20	0-30	45	40-80	80	80	0
surface (dm²)	1.5	4.2	3.6	3	1.5	6.25	5
couverture (%)	99	100	100	80	100	95	95
nombre de bryophytes	6	5	3	4	5	4	4
Hookeria lucens	3.4	4.5	2.4				
D: *Scapania undulata*	3.4						
Trichocolea tomentella			3.3	5.5	4.4	5.4	5.5
Pellion Epiphyll							
Mnium hornum	1.2	1.2	2.2	2.4			
Pellia epiphylla		+.1		+.1			
Rhizomnium punctatum	1.1	+.1					
Thuidium tamariscinum		2.2					
Fissidens pusillus	+.1						
Plagiothecium succulentum	1.1						
Montio-Fontanae							
Plagiomnium undulatum						+.1	
Fissidens adianthoides							+.1
Brachythecium rivulare					1.1		
Cratoneuron filicinum					1.1		
Palustriella commutata					+.1		
Compagnes							
Dicranum scoparium				+.1			
Plagiochila asplenioides						+.1	1.1
Hylocomium splendens					3.3		
Rhytidiadelphus triquetrus						1.3	
Eurhynchium striatum							1.1

Tab. 9 : Examen du pH dans certaines sources. Les mesures ont été faites le 20.7.2015 par Alexandra Arendt et Sonja Heumann ; (1) présence d'algues vertes.

Localité	**pH**	**Relevés concernés**	**Végétation**	
			acidophile	**basiphile**
Aesbaach	8.06	Tab. 1 (1150), tab. 8 (1151)		●
Brouch	8.06 (1) et 7.22	Tab. 1 (1483, 1485), tab. 2 (1480, 1482), tab. 8 (1481)		●
Biirkbaach	6.32	Tab. 7 (1551), tab. 8 (1550)	●	
Tollbaach	7.56	Tab. 8 (1930, 1931)	●	
Fënsterdall	7.58	Tab. 7 (1960)	●	

les zones d'ombre nécessaires aux communautés de bryophytes aquatiques ; le chablis de 2014 (Werner & Hans 2015) a fait le reste ; des branches et des grumes sont tombées - ou ont été jetées par la suite - dans les fossés humides, les filets d'eau se sont enrichis en nutriments et le pH est monté en flèche.

Le scénario de Finsterthal nous mène directement vers ce qui nous importe le plus : la *conservation adéquate des sites fragiles* qui ont fait l'objet de nos travaux.

5. Protection légale et conservation

5.1. Législation en vigueur

5.1.1. Au niveau communautaire européen

La Directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que des espèces de la faune et de la flore sauvages - communément appelée Directive « Habitats » - mentionne expressément, sous le numéro 7220*, les sources pétrifiantes avec formation de tuf (*Cratoneurion*) comme habitat prioritaire européen (Annexe I de la Directive). Il s'agit de types *d'habitats naturels d'intérêt communautaire*, pour lesquels la Directive impose aux Etats-membres la désignation de zones spéciales de conservation. Elle exige également des monitorings réguliers, avec obligation d'en faire rapport à la Commission.

On peut estimer que cette protection s'étend à *toutes* les formations fontinales pétrifiantes, même si elles n'entrent pas dans le Cratoneurion (la Directive emploie ce nom d'alliance traditionnel). Un classement syn-systématique plus récent, tel celui de Bardat & Hauguel (2002), place l'association du Cratoneuretum dans l'alliance du Pellion endiviifoliae, tandis que l'association de l'Eucladietum verticillatae entre dans une autre alliance, le Riccardio-Eucladion verticillati Bardat in Bardat et al. 2004 prov. (annexe 2). Ces choix scientifiques n'ont évidemment pas de conséquence juridique.

5.1.2. Au niveau national luxembourgeois

a) La loi du 19 janvier 2004 concernant la protection de la nature et des ressources naturelles stipule en son art. 17:

« *Il est interdit de réduire, de détruire ou de changer les biotopes tels que mares, marécages, marais, sources, ….. Sont également interdites la destruction ou la détérioration des habitats de l'annexe 1 et des habitats d'espèces des annexes 2 et 3.* ».

On remarquera que la législation luxembourgeoise englobe certainement tous les types de sources pétrifiantes visés par la Directive, mais qu'elle va plus loin, en désignant les sources *en général.* C'est cet aspect intéressant de la législation nationale en vigueur qui nous a d'ailleurs motivés à étendre nos investigations sociologiques au-delà des seules sources calcaires pétrifiantes.

b) Le règlement grand-ducal du 8 janvier 2010 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces de la flore sauvage accorde, en son annexe A, une protection spéciale à trois espèces de bryophytes figurant dans nos relevés: *Conocephalum salebrosum*, *Hookeria lucens* et *Philonotis calcarea*.

5.2. Aspects de la conservation

5.2.1. Appréciation des menaces pesant actuellement sur les sources pétrifiantes

Bien que leur statut de protection semble être suffisamment clair en théorie, les petites communautés végétales dans et autour des sources restent néanmoins fortement menacées. Ce constat avait déjà été fait au niveau du cahier « Habitat » (Ministère de l'Environnement 2000). On peut y lire : « *Bien que les données relatives à la distribution historique et actuelle des sources soient lacunaires, il est certain que le nombre des sources naturelles ou restées dans un état proche de l'état naturel est en baisse continue* ». Ce constat reste malheureusement toujours d'actualité à la suite des travaux de prospection récemment réalisés, y compris par nous-mêmes.

Il convient de préciser encore que, d'après les informations fournies à propos du plan d'action

Habitat « Sources pétrifiantes et leurs ruisseaux (FFH 7220) », cet habitat prioritaire était autrefois très répandu dans le Gutland (district lorrain luxembourgeois) (Ministère de l'Environnement 2004). Aujourd'hui les derniers biotopes intacts sont limit**és à des endroits peu perturbés** situés essentiellement en forêt feuillue.

Les causes de ce déclin sont multiples (Ministère du Développement Durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement 2013). On peut les résumer comme suit :

- captage de sources pour l'approvisionnement en eau potable ;
- aménagement de chemins ruraux et forestiers à proximité immédiate des sources ;
- curetage radical des fossés d'écoulement, en aval des sources calcaires (effets néfastes notamment sur la bryoflore !) ;
- rétention de l'eau de source pour des activités de loisirs ou pour répondre aux besoins de la pisciculture ;
- plantation d'arbres non adaptés à ce milieu, aux abords immédiats des sources ;
- drainage des sources en milieu agricole ;
- élevage intensif dans les pâtures contenant des sorties d'eaux pétrifiantes ;
- pollution diffuse de l'eau de source par eutrophisation - notamment par les nitrates diffusés depuis les surfaces agricoles - et nuisances dues aux pesticides ; ces dernières causes pourraient être les plus nuisibles à long terme (cf. Schneider 1993).

La réalité de ces menaces est confortée par une étude des écosystèmes terrestres dépendants de l'eau au Luxembourg (« Grundwasserabhängige terrestrische Ökosysteme in Luxemburg », Bureau d'étude et de Services techniques BEST 2014), qui a évalué la qualité des sources calcaires pétrifiantes (7220*Cratoneurion*), des boulaies pubescentes tourbeuses de plaine (91D0*) et des forêts alluviales à *Alnus glutinosa* et *Fraxinus excelsior* (91E0* *Alno-Padion, Alnion incanae, Salicion albae*) dans quinze zones Natura 2000.

Ces trois habitats prioritaires européens sont alimentés soit par les eaux de surface, soit par l'eau souterraine (les sources). L'étude a révélé qu'ils ont tous subi des dommages importants et qu'ils se trouvent dans un état de conservation médiocre à mauvais. La dégradation de ces biotopes semble intimement liée à l'intensification de l'agriculture, cette dernière allant de pair avec des apports croissants d'engrais azotés et de pesticides.

La même étude mentionne encore d'autres facteurs environnementaux qui devraient avoir à l'avenir une influence néfaste sur la capacité de régénération des nappes souterraines. Elle cite le réchauffement climatique en cours, des changements dans l'utilisation des sols et la détérioration de ces derniers. Le changement climatique augmentera l'évapotranspiration, intensifiera les averses et sera ainsi à l'origine d'un accroissement de l'écoulement superficiel. Or lorsque moins d'eau de pluie s'infiltrera dans le sol, il y aura une diminution de la quantité d'eau alimentant la nappe phréatique et donc un moindre débit des sources. En consultant les rapports annuels publiés par l'Administration de la Gestion de l'Eau du Luxembourg (2013), nous apprenons que ce scénario-catastrophe est déjà observable depuis une dixaine d'années et ne restera pas sans conséquences sur la qualité des écosystèmes terrestres dépendants de l'eau de source.

En outre l'eutrophisation de l'eau de sources, dont le débit diminuera, ira de pair avec une augmentation des températures moyennes, ce qui favorisera à l'avenir un développement important d'algues filamenteuses recouvrant les communautées bryophytiques qu'elles feront périr par l'effet de phytotoxiques algaux (Bensettiti et al. 2002).

5.2.2. Appréciation spéciale au niveau de la flore cryptogamique

a) L'augmentation de la population au Grand-Duché de Luxembourg va de pair avec une demande croissante en eau potable, qui risque d'avoir des incidences très négatives sur le nombre des sites tufigènes typiques restants.

b) Le curetage des fossés aux bords des routes et à proximité de sources calcaires pétrifiantes a été fatale à certaines espèces rares. C'est le cas notamment de la mousse *Philonotis calcarea*, disparue des trois sites connus : Hollenfels (Mandelbaach inférieur), Septfontaines-Leesbéch et Beelenhaff (v. supra).

c) Les coupes forestières rases, lorsqu'elles modifient radicalement les conditions microstationelles au niveau des sources pétrifiantes, peuvent s'avérer particulièrement nocives. Or

bien que la plupart des sources pétrifiantes de notre région se trouvent sous couvert forestier, on peut néanmoins citer des exemples de coupes rases radicales : Une vieille pessière, aux environs de Direndall (N Kopstal), a subi ce sort et a laissé les nombreuses sources pétrifiantes dans un mauvais état, suite à un enrichissement rapide et brutal de la matière organique accumulée. Une espèce de mégaphorbiaie, avec des orties, y étouffe désormais les sorties d'eau pétrifiantes. Plusieurs sources tufigènes de la vallée de l'Eisch, à l'embouchure du Mandelbaach, ont subi le même sort.

d) Comme nous venons de le constater à propos du site de Finsterthal, les interventions conservatoires devraient être faites avec beaucoup de précautions, lorsque des communautés de bryophytes subaquatiques se trouvent dans le même site ; on ne devrait pas avoir à l'œil uniquement la conservation *d'une seule espèce*, certes protégée (en l'occurrence : *Lycopodium annotinum*).

e) L'enrésinement de nos forêts, quoique stabilisé depuis une bonne décennie, est aussi un processus défavorable aux sources pétrifiantes, car il assèche et acidifie le milieu ambiant et réduit ainsi la capacité des sources de générer du tuf calcaire.

f) Les quelques sources pourvues d'une végétation bryophytique acidophile sont menacées en premier lieu du fait de leur grande rareté au Luxembourg. Nos investigations n'en ont révélé que quatre (indépendamment du niveau de pH, voir plus haut), en contraste avec plusieurs centaines de sources calcaires ! La moindre intervention - fût-elle effectuée même dans un but conservatoire de ces espaces - risquerait fort de nuire à cette biodiversité remarquable.

g) Les végétations (sub)-fontinales en milieu calcaire oligotrophe sont souvent dominées par les characées, notamment lorsque l'écoulement est rapide ; ces grandes algues en forme de chandeliers flottants (« Armleuchteralgen ». fig. 8) ont connu un déclin dramatique depuis les années 1980-90, selon les observations du premier auteur dans les petits ruisselets tributaires de la vallée de l'Alzette, du côté de Lintgen et de Lorentzweiler. La charge croissante des sources en nitrates ou pesticides pourrait expliquer cette perte.

5.2.3. Mesures de protection impératives

Les sources pétrifiantes restées à l'état naturel, dans un milieu pas ou peu influencé par l'homme, ne nécessitent normalement aucune gestion spécifique. Une surveillance régulière de ces habitats doit cependant assurer de les garder dans un bon état. Il en est ainsi, par exemple, de la vallée de l'« Aesbaach » près de Berdorf, où nous avons effectué plusieurs relevés très riches. Il en est de même pour les vallons boisés du « Tollbaach » et du « Biirkbaach » près de Beaufort, où se trouvent entre autres deux des rares sources acides de la région.

Cependant le bilan de l'état de conservation des sources dans le futur Parc naturel du Mullerthal a montré que presque toutes ont déjà subi plus ou moins fortement l'influence de l'activité humaine. Avant de formuler quelques propositions de gestion plus précises nous voudrions appuyer fermement les recommandations données dans le Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne (Version EUR 15-1999) « *pour conserver cet habitat, très restreint en superficie sur le terrain, il est indispensable de conserver également les habitats associés et le système hydraulique concerné. La gestion de cet habitat s'appuie sur l'exclusion de toute perturbation d'ordre physico-chimique, biologique et structurale* ». Nous signalons aussi ce passage des « *Cahiers d'habitats Natura 2000* » français (Commission Européenne DG Environnement, Protection de la nature, zones côtières et tourisme, 1999) « *La pérennité de ces communautés est largement dominée par le débit et les caractéristiques physico-chimiques des eaux d'alimentation. La maîtrise de l'amont hydraulique et du réseau qui s'y rattache est un gage de sauvegarde préventive* ».

Voilà donc le cadre général. Afin de préserver les sources situées dans la région d'affleurement du Grès de Luxembourg, voire afin d'améliorer la qualité écologique de sites déjà dégradés, nous proposons plus en détail les mesures suivantes :

a) en milieu forestier

Nous préconisons la conversion lente des cultures à résineux vers des forêts feuillues dans la proximité immédiate des sources notamment pétrifiantes. Ceci devrait se réaliser de façon progressive, moyennant l'enlèvement ciblé d'un nombre restreint de résineux à la fois, à l'exclusion de

coupes rases, afin de maintenir le microclimat frais du biotope fontinal. Cette intervention pourra être répétée au plus tôt après une période de cinq ans, après qu'une végétation feuillue se soit installée.

Les sentiers fréquentés par les marcheurs ou les VTT sont à aménager de manière à ce que la traversée directe des suintements calcaires soit évitée, par exemples en construisant de petits passages en bois (ceci a déjà été réalisé en amont de Breidweiler-Pont, où se trouvent un complexe important d'Eucladietum et de Cratoneuretum).

L'apport en nutriments aux surfaces agricoles situées en amont des sites fontinaux forestiers finit par les dégrader progressivement, moyennant des ruissellements imperceptibles mais continus ; des mesures d'extensification de ces cultures et pâturages seront à mettre en œuvre dans tout le bassin versant des vallées concernées.

Nous avons constaté, enfin, que les suintements tufigènes surgissent souvent au niveau des talus en bordure de route. Dans la plupart des cas aussi bien la sécurité routière que la conservation de cet habitat peuvent aller de pair sans aucun problème. Il est possible de gérer le fauchage et l'entretien des accotements, tout en préservant leur structure (natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur 2012).

b) en milieu ouvert

Dans le même souci d'éviter d'influencer négativement les caractéristiques chimiques et physiques du milieu des sources, nous proposons de limiter l'épandage d'engrais et d'autres nutriments. Afin de préserver la faune et la flore du crénal nous préconisons aussi de bannir d'urgence l'emploi de tous produits phyto-pharmaceutiques, tels qu'herbicides, fongicides et insecticides, dans le bassin versant hydrologique.

La pose de clôtures le long des sources calcaires situées au milieu de pâturages servira à éviter le piétinement de la végétation par le bétail et l'accumulation de matières organiques. Les infrastructures réalisées pour l'abreuvage du bétail au milieu même des sources sont à enlever là où elles ne sont plus strictement nécessaires. Cette recommandation nous paraît capitale, en raison du caractère unique et de la richesse floristique du site de Beelenhaff (relevés référenciés 2010 et 2011 ; tab. 1 et 6) ; nous constatons avec satisfaction que des mesures ont déjà été prises dans ce sens dès 2014.

5.2.4. Mise à jour des Listes Rouges

a) au niveau des espèces

La Liste Rouge des Bryophytes du Luxembourg (Werner 2003, 2008) mentionne plusieurs espèces présentes dans les milieux fontinaux (tab. 10). *Philonotis calcarea* et *Hookeria lucens*, notamment, sont considérées comme menacées d'extinction au Luxembourg (Werner 2003, 2008). Ce jugement reste valable pour la seconde espèce, malgré quelques découvertes récentes ; *Pellia neesiana* est vulnérable seulement en raison de sa rareté ; *Trichocolea tomentella*, souvent présent en petite quantité paraît également vulnérable, en raison des menaces que nous venons d'évoquer. Cette dernière espèce est encore abondante dans certains sites récemment visités, mais elle a disparu en de nombreux autres sites connus une vingtaine d'années auparavant (Werner & Hans 2015 : carte fig. 2).

Lors d'une mise à jour du règlement grand-ducal du 8 janvier 2010 concernant la protection intégrale et partielle de certaines espèces de la flore sauvage on devrait ajouter *Fissidens osmundoides*, *Trichocolea tomentella* et peut-être *Palustriella falcata* à la liste des bryophytes protégées. Cette dernière est parfois difficile à distinguer de *P. commutata*, mais elle semble devenue plus rare au cours des deux dernières décennies. *Fissidens osmundoides* est une mousse très rare dans nos régions que nous avons observée récemment, hors relevé, sur des pierres situées au milieu d'un modeste ruissellement dans le vallon du Tollbaach (Werner & Hans 2015).

On a vu que des espèces en danger d'extinction, menacées ou simplement vulnérables se retrouvent aussi bien au niveau des sources pétrifiantes que dans les sources et suintements acides, heureusement protégées - au moins en théorie - par la législation nationale. Mais ces derniers sites, étant beaucoup plus rares, requièrent une attention tout à fait particulière afin de les préserver.

b) au niveau des associations végétales

Dans certains Länder allemands (Niedersachsen, Sachsen-Anhalt : Drehwald & Preising 1991, Schubert 2004) des Listes Rouges ont été dressées au niveau des associations végétales, y compris pour les communautés de cryptogammes. Ainsi dans ces deux Länder les deux types principaux de sources pétrifiantes (le Cratoneuretum et l'Eucladietum) sont-ils classés comme fortement menacés.

Tab . 10 : Mise à jour de la Liste Rouge des bryophytes.

Espèce	A	B	C
Aneura pinguis		LC	
Conocephalum salebrosum	Ca	DD	OUI
Conocephalum conicum	Ca	LC	
Pellia endiviifolia	Ca	LC	
Pellia neesiana	Ac	VU	
Scapania undulata	Ac	VU	souhaitable
Trichocolea tomentella	AcCa	VU	souhaitable
Campylium stellatum	Ca	EN	souhaitable
Cratoneuron filicinum	Ca	LC	
Dichodontium flavescens	Ca	VU	souhaitable
Dichodontium pellucidum	Ca	LC	
Eucladium verticillatum	Ca	LC	
Fissidens adianthoides	Ca	LC	
Fissidens osmundoides	Ca	CR	souhaitable
Hookeria lucens	Ac	EN	OUI
Palustriella commutata	Ca	NT	
Palustriella falcata	Ca	DD	
Philonotis calcarea	Ca	CR	OUI
Plagiomnium elatum	Ca	NT	

Légende : Colonne A : Ac = sources acides ; Ca = sources calcaires. Colonne B : Liste Rouge (Werner 2003, 2008), actualisée ; DD = « Data deficient » (données insuffisantes) ; EN = « Endangered » ; EX = « Extinct » ; LC = « Least concern » (non menacé) ; NT = « near threatened » ; VU = « Vulnerable » ; critères et catégories selon l'IUCN. Colonne C : Protection légale au Luxembourg.

Tab. 11 : Proposition de Liste rouge au niveau des associations de bryophytes concernées.

Association	A	B
Cratoneuretum commutati e.g.	AF	NT
id. sources pétrifiantes	AR	EN
id. sous-association à *Fissidens adianthoides*	AR	VU
id. synusies à *Campylium stellatum*	RR	CR
id. variante à *Philonotis calcarea*	RR	EX
Fegatelletum conicae	C	LC
id. variante à *Dichodontium flavescens*	RR	VU
Eucladietum verticillati e.g.	R	NT
id. sources pétrifiantes	R	VU
Hookerietum lucentis	RR	EN
Trichocoleetum tomentellae	RR	EN
Pellietum epiphyllae	C	LC

Légende : Colonne A : Rareté : AF = assez fréquent, AR = assez rare ; C = commun, RR = très rare .
Colonne B Liste Rouge : EN = « Endangered »; EX = « Extinct » ; LC = « Least concern » (non menacé) ; NT = « Near Threatened » ; VU = « Vulnerable » ; critères inspirés des règles de l'IUCN.

Pour la France nous signalons des travaux récents émanant du Conservatoire du Littoral et des Conservatoires botaniques régionaux. En Picardie, par exemple, toutes les zones humides ont fait l'objet d'une fiche (François et al. 2012), y compris tous les types de sources pétrifiantes qui sont reconnues pour leur valeur patrimoniale. En Haute-Normandie plusieurs sources tufigènes importantes sourdent à même les falaises de craie d'Antifer, d'Etretat et de Fécamp, un phénomène probablement unique en Europe ; elles ont retenu l'attention du Conservatoire du Littoral de Caen (Werner 2006, Renault 2012) et les sites sont ou seront protégés davantage.

Nous nous sommes appliqués, à titre d'essai, à esquisser une Liste Rouge au niveau des associations décrites dans ce travail (tab. 11), en nous basant *grosso modo* sur les critères de l'IUCN, désormais généralisés un peu partout. A l'exception du Pellietum epiphyllae et du Fegatellum conicae toutes les associations abordées sont au moins potentiellement menacées à des degrés divers, voire ont déjà disparu dans la dition.

On reconnait rapidement l'intérêt de notre démarche basée sur la phytosociologie, laquelle est bien plus qu'un exercice académique : Ainsi ni *Eucladium verticillatum*, ni *Palustriella commutata* ne sont actuellement menacés au niveau de l'espèce individuelle, alors que les associations de l'Eucladietum et du Cratoneuretum s'avèrent être potentiellement menacées ou vulnérables au niveau des associations. Les sources fortement pétrifiantes, en particulier, sont les plus vulnérables, voire menacées (« EN »). C'est que notamment l'eutrophisation des eaux présente pour ces associations une menace bien réelle (Schneider 1993). Il en est de même pour les végétations acidoclines dominées par *Trichocolea* ou *Hookeria,* confinés à des sites peu nombreux et peu étendus. L'association des mousses du Cratoneuretum avec *Campylium stellatum* n'existe à notre connaissance au Luxembourg qu'en ce seul site près de Junglinster, ce qui justifie amplement le label « CR » (« critically endangered »). Il en est de même pour les groupements où *Philonotis calcarea* était présent, où l'on s'orientera, après encore une ou deux décennies vers l'« EX » (extinction) final.

6. Conclusions

Les auteurs espèrent avoir réussi à illustrer la grande abondance des sources essentiellement calcaires de la région d'affleurement du Grès de Luxembourg, contrastant avec le petit nombre de sources (encore) vraiment pétrifiantes et / ou se trouvant dans un bon état. La conservation - voire la restauration - des sources pétrifiantes devra être la première préoccupation des pouvoirs publics ; nous voulons également attirer leur attention sur les rares sources en milieu acide oligotrophe, qui n'ont pas fait, à ce jour, l'objet d'une attention spéciale.

La sociologie des sources, au niveau de la bryoflore, a révélé une biodiversité remarquable, quoiqu'en net appauvrissement. Des groupements de bryophytes inédits ou mal connus ont pu être mis en évidence, avec la description d'une sous-association à *Fissidens adianthoides*, nouvelle au sein de l'association du Cratoneuretum, l'existence de deux groupements bien distincts dominés par *Trichocolea tomentella* - l'un calcicole, l'autre acidocline - et d'au moins deux groupements bien différents dominés par *Conocephalum conicum,* dont une partie seulement se rattache à la classe des Montio-fontanae-Cardaminetea amarae et comportant un groupement intéressant avec le rare *Dichodontium flavescens*.

Nous avons essayé de nommer les principales menaces pesant sur les milieux fontinaux et particulièrement sur les sources pétrifiantes, avec en première place l'eutrophisation omniprésente. Nous avons recommandé quelques mesures de conservation indispensables dans ce contexte. Des propositions ont également été formulées à propos de la liste rouge des bryophytes et celle, à mettre en place, au niveau des associations végétales concernées. Cette dernière permettrait d'avoir une vision plus réaliste et plus fine des priorités en matière de conservation, dans le cadre des sites fontinaux ayant fait l'objet de notre étude.

7. Remerciements

Nous remercions vivement M. Stephan Muellenborn (L-natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur) pour son aide précieuse lors de la création des trois cartes. Notre gratitude s'adresse encore à Mme. Claudine Felten (L-natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur) qui a fait découvrir un site majeur au premier auteur et à M. Roland Proess, qui a mis à notre disposition le cliché de Marienthal. Un grand merci s'adresse encore à trois confrères du premier auteur, à savoir Pierre Boudier (F-Chartres, Musée de Chartres) pour ses conseils, à Timothée Prey (F-Amiens, CBN de Bailleul) pour une relecture critique du manuscrit et à Thomas Schneider (D-Merzig) pour la mise à disposition de son mémoire. Nous remercions encore vivement Mme Michelle Clemens (L-natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur) qui a bien voulu corriger la version anglaise du résumé et Mme Sonja Heumann (L-natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur) pour nous avoir donné son appréciation sur la qualité physique et chimique d'une sélection de sources. La photo en couverture est de Mme Marie-Louise Werner-Braun que nous remercions également. Un grand merci est dû à Thierry Mahévas (Conservatoire et Jardin Botanique de Nancy) qui a suggéré de nombreuses corrections ponctuelles du manuscrit. Jean-Claude Hauguel (F-Amiens, CBN de Bailleul), enfin, nous a suggéré la citation correcte de la nomenclature employée ; nous le remercions pour son aide efficace.

8. Littérature

Administration de la Gestion de l'Eau 2013. - Rapport d'activité de l'année 2012, Luxembourg, 321 p.

Anonyme 1999. - Sources pétrifiantes avec formation de travertins (*Cratoneurion*). in : Tome 3 : Habitats humides. Fiche d'habitat prioritaire N° 7220, Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (pp. 384-388). La Documentation Française. Document internet inpn.mnhn.fr/docs/cahab/tome3.pd

Ahrens M. 1992. - Die Moosvegetation des nördlichen Bodenseegebietes. Dissertationes botanicae 190, J. Cramer, Berlin, Stuttgart, 681 p.

Bailly G. 2005. - Identification des habitats aquatiques et des formations tufeuses de la Haute Seille. Conservatoire Botanique de Franche-Comté, 28 p.

Bardat J. & Hauguel J.C. 2002. - Synopsis bryosociologique pour la France. Cryptogamie, Bryologie 23 (4) : 279-343.

Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boullet V., Delpech R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. - Prodrome des végétations de France. Coll. Patrimoines naturels, 61. Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 171 p.

Barkman J. J. 1949. - Notes sur quelques associations épiphytiques de la Petite-Suisse luxembourgeoise. – Archives de l'Institut grand-ducal des Sciences, Luxembourg, N.S. 18 : 79-84.

Bensettiti F., Gaudillat V. & Haury J. (coord.) 2002. - Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. «Cahiers d'habitats » Natura 2000. Tome 3 - Habitats humides. MATE/MAP/ MNHN. Éd. La Documentation française, Paris, 457 p. + cédérom.

Bureau d'études et de Services techniques (BEST) 2014.- Gewässerabhängige terrestrische Ökosysteme in Luxemburg. Endbericht. Im Auftrag der Administration de la Gestion de l'Eau, 39 p.

Commission Européenne, DG Environnement, Protection de la nature, zones côtières et tourisme 1999. - Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne, Version EUR 15, 132 p.

De Zuttere P. 1983. - Aperçu bryosociologique des tufs calcaires actifs de moyenne et haute Belgique. Colloques phytosociologiques, X « Les végétations aquatiques et amphibies » (Lille, 1981) : 279-293.

Dierßen K. 2001. - Distribution, ecological and phytosciological characterization of European bryophytes. In : Bryophytorum Bibliotheca 56, J. Cramer, Berlin, 289 p.

Drehwald U. & Preising E. 1991. - Die Pflanzengesellschaften Niedersachsens, Moosgesellschaften. Naturschutz und Landespflege in Niedersachsen 20 : 3-204.

von der Dunk K. 1972. - Moosgesellschaften im Bereich des Sandsteinkeupers in Mittel-und Oberfranken. Berichte der Naturwissenschaftlichen Gesellschaft Bayreuth, 14 : 1-100.

Erpelding, A. & Bureau d'études Lanius 2001. - Kartierung der Mamertalquellen auf dem Gebiet der Gemeinden Kehlen, Kopstal, Lintgen, Lorentzweiler, Mamer, Mersch, Steinsel und Strassen. Struktur, Zustand, Bewertung, Maßnahmen. Studie in 8 Einzelbänden sowie einer Gesamtauswertung (Übersichtskartierung der Quellen im Mamertal) im Auftrag des Service Conservation de la Nature, Administration des Eaux et Forêts, document non publié, 90 p.

Erpelding A., Schneider S., Naumann S. 2012. - Biotopschutzplan (plan d'action habitat) Kalk-Tuffquellen und ihre Bäche (FFH 7720) im Auftrag des Ministeriums für Infrastrukturen und Nachhaltigkeit (document non publié), 10 p., +1 annexe.

François R., Prey T., Hauguel J.C., Catteau E., Farvacques C., Mora F., Cormier T., Valet J.M. 2012. – Guides des végétations des zones humides de Picardie. Centre Régional de Phytosociologie agréé, Conservataoire National Botanique de Bailleul, 656 p.

Gereke, R., Stoch F., Meisch C. & Schrankel I. 2005. - Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg. Ferrantia 41. Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg, Luxembourg, 140 p.

Hans F. 1998. - Die Moosflora der Kleinen Luxemburger Schweiz (Großherzogtum Luxemburg). Eine systematische Rasterkartierung als Basis für den Moosschutz. Travaux Scientifiques du Musée d'Histoire Naturelle de Luxembourg 28, 177 p.

Havlicek P., Lebret P., Lecointe A., Ménillet F., Rioult M. & Clet M. 1991. -Travertins actifs et fossiles dans le sud du pays d'Auge (Basse-Normandie). Géologie de France 1 : 23-32.

von Hübschmann A. 1986. - Prodromus der Moosgesellschaften Zentraleuropas. Verlag J. Cramer, Berlin, Stuttgart, vi + 413 p.

Kirpach J.C. & Werner J. 1990. - Réserve naturelle Haedchen à Helmsange. Propositions en vue de la création d'une zone protégée. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 90 : 41-54.

Langeron M. 1904. - Remarques sur la présence de *Trichocolea tomentella* Dum. dans le Jura. Archives de la flore jurassienne V : 1-4.

Langeron M. 1905. - Nouvelles remarques sur les conditions de végétation de *Trichocolea tomentella* Dum. dans le Jura. Archives de la flore jurassienne VI : 1-3.

Ministère de l'Environnement 2000. - Directive 92/43/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. Cahier habitat « Sources pétrifiantes avec formation de tuf (7220) » Cratoneurion commutati Kalktuffquellen, 9 p. + annexe 8 p.

Ministère de lEnvironnement 2004.- Kartierbogen zur Erfassung des Erhaltungszustandes des Lebensraumtyps 7220. Version d'avril 2004, Luxembourg, 2 p.

Ministère du Développement Durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement 2013. - Plan national pour la protection de la nature. Plans d'actions habitats. Sources non exploitées pour l'alimentation en eaux potables. Quellen und Quellbäche. 11 p. + annexe 1 p.

Ministère du Développement Durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement 2013. - Plan d'action « Sources pétrifiantes avec formation de tuf », version provisoire 7 p. + annexe 1 p.

Ministère du Développement Durable et des Infrastructures, Département de l'Environnement 2014. - Cadastre des biotopes des milieux ouverts. Fichiers numériques des biotopes des milieux ouverts en format shapefile (vers mars 2014). http://www.environnement.public.lu/guichet_virtuel/gd/index.html

natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur 2012. - Zone spéciale de conservation Natura 2000 « Vallée de la Mamer et de l'Eisch LU0001018 ». Sources calcaires pétrifiantes du Cratoneurion. Proposition de mesures de gestion. Administration de la Nature et des Forêts, Arrondissement Centre-Ouest, 15 p.

natur&ëmwelt Fondation Hëllef fir d'Natur 2013. - Aktionsplan Quellschutz Mullerthal: Erfassung und Bewertung der Quellen im zukünftigen Naturpark Mullerthal. Erstellung eines Maßnahmenkataloges, unveröffentlichte Studie im Auftrag des Syndicat Mullerthal, 42 p.

Philippi G. 1979. - Moosflora und Moosvegetation des Buchswaldes bei Grenzach-Wyhlen. In: Der Buchswald bei Grenzach (Grenzacher Horn). Natur- und Landschaftsschutzgebiete Baden-Württembergs 3 : 113-146.

Philippi G. 1982. - Zur Kenntnis der Moosvegetation des Harzes. Herzogia 6 : 85-181.

Renault E. 2012. - Les sources pétrifiantes avec formation de travertins. *In* : Les habitats humides (fiche), document d'Objectifs Natura 2000 - Littoral cauchois, Tome 2 : Document technique n. publ.. Conservatoire du littoral (Caen) et DREAL Haute-Normandie (Rouen), 171 p.

Ros R. M., Mazimpaka, V. Abou-Salama, U., Aleffi M. M. , Blockeel T. L., Bruguès T. L., Cros R. M., Dia M. G., Dirkse G. M., Draper I., El-Saadawi W., Erdag A., Ganeva A., Gabriel R., Gonzalez-Mancebo J.M., Granger C., Herrnstadt I., Hugonnot V., Khalil K., Kürschner H., Losada-Lima A., Los L., Mifsud S., Privitera D.M., Puglisi M., Sabovuevic M., Sérgio C., Shabara H. M., Sim-Sim M., Sotiaux A., TacchiI R., Vanderpoorten A. & Werner O. 2013. - Mosses of the Mediterranean, an annotated checklist. Cryptogamie, Bryologie 34 : 97-283.

Ros R.M., Mazimpaka V., Abou-Salama U., Aleffi M., Blockeel T.L., Bruguès M., Cano M.J., Cros R.M., Dia M.G., Dirkse G.M., El-Saadawi W., Erdag A., Ganeva A., Gonzales-Mancebo J. M., Herrnstadt I., Khahil K., Kürschner H., Lanfranco E., Losada-Lima A., Refai M.S., Rodriguez-Nuñez S., Sabovljevic M., Sérgio C., Shabbara H.M., Sim-Sim M., Söderström L., 2007. - Hepatics and Anthocerotes of the Mediterranean, an annotated checklist. Cryptogamie, Bryologie 28 : 351-437.

Schneider T. 1993. - Geoökologische Untersuchungen zu rezenten Kalktuffen der Merchinger Muschelkalkplatte. Diplomarbeit im Fach Geographie, Fachrichtung Physische Geographie an der Universität des Saarlandes, Sarrebruck, 108 p. + annexe 26 p.

Schubert R. 2004. - Rote Liste der Moosgesellschaften des Landes Sachsen-Anhalt. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz des Landes Sachsen-Anhalt 39 : 68-73.

TR-Engineering, Bureau d'études et de Services techniques 2006. - Managementplan für das FFH-Gebiet LU0001018 : Tal der Mamer und der Eisch, 178 p. + annexe 9 p.

Werner J. 1987. - *Didymodon glaucus* Ryan (Musci) dans la Petite-Suisse Luxembourgeoise. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 87 : 61-68.

Werner J. 1998. - La bryoflore de la Petite-Suisse Luxembourgeoise, un bilan de synthèse. Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 99 : 3-27.

Werner J. 2000. - Les bryophytes épilithiques au Luxembourg et dans la grande région. Archives de l'Institut Grand-Ducal des Sciences Naturelles, Physiques et Mathématiques. 43: 101-140.

Werner J. 2002. - A comparison of *Dichodontium flavescens* (Dicks.) Lindb. and *D. pellucidum* (Hedw.) Lindb. (Bryopsida). Journal of Bryology 24: 215-221.

Werner J. 2003. - Liste rouge des bryophytes du Luxembourg. Mesures de conservation et perspectives. *Ferrantia*, Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle 35, 71p.

Werner J. 2006. - La flore bryologique de la région d'Etretat (Pays de Caux, Haute Normandie). Bulletin de la Société de Géologie de Normandie et des amis du Musée du Havre : 15-32.

Werner J. 2008. - Liste rouge des bryophytes du Luxembourg : Une première mise à jour (2003-2008). Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 109 : 53-58.

Werner J. 2011. - Les bryophytes du Luxembourg. Liste annotée et atlas. The Bryophytes of Luxembourg. Annotated List and Atlas. Ferrantia 65, Musée National d'Histoire Naturelle, Luxembourg, 138 p.

Werner J. & Hans F. 2015. - *Fissidens osmundoides*, *Orthotrichum scanicum*, *Syntrichia pagorum, (Bryopsida)* et autres bryophytes remarquables observées au Luxembourg (2013-14). Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois 117 : 27-34.

Annexe

1. Liste et localisation des relevés sociologiques
2. Synopsis phytosociologique
3. Interprétations synsystématiques comparées relatives aux sources pétrifiantes
4. Abréviations utilisées dans les relevés
5. Vue schématique des associations en fonction de l'écologie

Annexe 1 :
Liste et localisation des relevés sociologiques

Réf	Date	Localité	Ecologie	Long	Lat.	fait par
100	11.1.1986	Septfontaines, Leesbéch	source calcaire, fossé	05.59.09	49.42.07	JW
336	5.12.1987	Berdorf, Roitsbaachschlëff	rocher suintant	06.20.24	49.49.28	JW
500	5.4.1999	Echternach, Aesbaach inf.	pierres dans ruisseau	06.23.30	49.49.08	JW & JD
1030	28.5.2011	Vallée de l'Ernz Noire	corniche rocheuse	06.17.06	49.46.27	JW
1062	26.9.2011	Rollingen, Heenzgrond	source, paroi rocheuse	06.08.10	49.44.33	JW
1063	26.9.2011	Rollingen, Heenzgrond	paroi de grès fraîche	06.08.10	49.44.33	JW
1121	6.1.2012	Berdorf, Aesbaach moyen	pierres dans ruisseau	06.21.57	49.48.56	JW
1140	10.3.2012	Kopstal v. Brameschhaff	source calcaire	06.03.20	49.39.12	JW
1145	13.3.2012	Kopstal S	source calcaire	06.03.40	49.39.05	JW
1146	13.3.2012	Kopstal S	source calcaire	06.03.40	49.39.05	JW
1150	14.3.2012	Echternach, Aesbaach inf.	source calcaire	06.23.25	49.49.07	JW
1151	14.3.2012	Echternach, Aesbaach inf.	source calcaire	06.23.25	49.49.07	JW
1155	22.3.2012	Hollenfels, Mandelbaach	source calcaire	06.03.41	49.43.06	JW
1156	22.3.2012	Hollenfels, Mandelbaach	source calcaire	06.03.41	49.43.06	JW
1160	25.3.2012	Lintgen	pierres, ruiss. source	06.08.46	49.42.44	JW
1161	25.3.2012	Lintgen	bloc de grès, ruisseau	06.08.46	49.42.44	JW
1250	28.9.2012	Larochette	source calcaire	06.12.20	49.47.13	JW & AA
1251	28.9.2012	Larochette	source calcaire	06.12.20	49.47.13	JW & AA
1480	1.3.2013	Brouch	source calcaire	06.02.21	49.44.31	JW & CF
1481	1.3.2013	Brouch	source calcaire	06.02.21	49.44.31	JW & CF
1482	1.3.2013	Brouch	source calcaire	06.02.21	49.44.31	JW & CF
1483	1.3.2013	Brouch	source calcaire	06.02.21	49.44.31	JW & CF
1484	1.3.2013	Brouch	source calcaire	06.02.21	49.44.31	JW & CF
1485	1.3.2013	Brouch	source calcaire	06.02.21	49.44.31	JW & CF
1502	6.3.2013	Hollenfels, Mandelbaach s	talus forestier frais	06.03.15	49.43.38	JW
1550	24.4.2013	Beaufort, Biirkbaach	source acide	06.17.42	49.50.54	JW & AA
1551	24.4.2013	Beaufort, Biirkbaach	source acide	06.17.42	49.50.54	JW & AA
1561	1.5.2013	Larochette v. Ernzen	tuf suintant	06.13.23	49.46.17	JW
1590	5.6.2013	Kopstal S, v. Brameschh.	talus forestier frais	06.03.02	49.39.08	JW
1592	5.6.2013	Kopstal S, v. Brameschh.	suintement calcaire	06.03.02	49.39.08	JW
1695	9.2013	Lauterborn, Echternach	rocher frais surplomb	06.22.48	49.47.47	JW
1701	9.2013	Luxembourg, Pétrusse	rocher frais	06.07.24	49.36.23	JW
1741	25.11.2013	Mamer, Thillsmillen	source calcaire	06.02.30	49.38.32	JW
1770	17.12.2013	Mersch, Hunnebour	ruisselet de source	06.05.09	49.43.39	JW
1901	28.1.2014	Mamer N	tuf aspergé, source	06.02.51	49.37.55	JW
1902	28.1.2014	Mamer N	tuf aspergé , source	06.02.51	49.37.55	JW
1906	3.2.2014	Septfontaines, Leesbéch	source calcaire, fossé	05.59.09	49.42.07	JW
1910	9.2.2014	Vallée de l'Ernz Noire	rocher arrosé et suintant	06.17.04	49.46.14	JW
1911	9.2.2014	Vallée de l'Ernz Noire	rocher arrosé et suintant	06.17.04	49.46.14	JW
1912	9.2.2014	Vallée de l'Ernz Noire	tuf calcaire suintant	06.17.04	49.46.14	JW
1920	11.2.2014	Hollenfels, Mandelbaach	source calcaire (bord)	06.03.41	49.43.06	JW
1930	17.2.2014	Beaufort, Tollbaach sup.	ruisselet de source acide	06.15.51	49.49.17	JW & AA
1931	17.2.2014	Beaufort, Tollbaach sup.	ruisselet de source acide	06.15.51	49.49.17	JW & AA
1941	19.2.2014	Hollenfels SE	cascadelle source calc.	06.03.22	49.42.58	JW
1942	19.2.2014	Hollenfels SE	cascadelle source calc.	06.03.22	49.42.58	JW
1960	10.3.2014	Finsterthal / Fënsterdall	ruisselet, source acide	06.02.13	49.45.28	JW
1965	14.3.2014	Walferdange, Haedchen	talus suintant acide	06.09.50	49.39.12	JW
1971	20.4.2014	Grundhof, v. Saueruecht	ruisselet de source	06.19.18	49.50.12	JW
1972	20.4.2014	Grundhof, v. Saueruecht	pierres dans ruisselet	06.19.04	49.50.23	JW
1973	20.4.2014	Grundhof, v. Saueruecht	ruisselet de source	06.19.04	49.50.23	JW
1991	1.5.2014	Beaufort, Halerbaach inf.	pierres amphibies	06.18.31	49.49.23	JW
1992	1.5.2014	Beaufort, Halerbaach inf.	pierres aspergées	06.18.31	49.49.23	JW
2006	7.6.2014	S Kopstal vers Direndall	pierres aspergées	06.05.28	49.41.19	JW
2010	24.6.2014	Junglinster, Beelenhaff	marais de source calc.	06.14.52	49.44.11	AA
2011	24.6.2014	Junglinster, Beelenhaff	marais de source calc.	06.14.52	49.44.11	AA
2015	5.7.2014	Mersch, Hunnebour	pierres bord source	06.05.10	49.43.39	JW
2020	18.9.2014	Mullerthal, Moul. Heringen	pierres aspergées source	06.18.07	49.47.23	JW
2021	18.9.2014	Mullerthal, Moul. Heringen	talus frais acide	06.18.07	49.47.23	JW
2025	24.9.2014	Beaufort, Haupeschbaach	pierres bord ruisseau	06.17.52	49.49.32	JW

Réf	Date	Localité	Ecologie	Long	Lat.	fait par
2030	3.11.2014	Hollenfels, Mandelbaach	source calcaire	06.03.41	49.43.06	JW
2040	20.11.2014	Mamer, NE Thillsmillen	suintement calcaire	06.03.18	49.38.39	JW
2041	20.11.2014	Mamer, NE Thillsmillen	suintement calcaire	06.03.18	49.38.39	JW
2045	13.2.2015	Mersch, Hunnebour	pierres bord source	06.05.10	49.43.39	JW
2050	11.02.2015	Christnach, Walebour	source calcaire	06.17.20	49.46.47	AA
2051	11.02.2015	Christnach, Kesseleksbaach	rocher arrosé et suintant	06.17.24	49.46.53	AA
2060	12.5.2015	Walferdange, Zoossenhaff	source, mur aspergé	06.08..30	49.39.19	JW
s.n.	11.2014	Marienthal	source calcaire	06.03.34	49.42.39	JW

Abréviations utilisées : AA = Alexandra Arendt ; CF = Claudine Felten ; JD = Jeff Ducket ; JW = Jean Werner.

Annexe 2 :

Synopsis phytosociologique

d'après Bardat & Hauguel (2002) (légèrement modifié)

Montio-fontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. et Tüxen 1943

* Cardamino-Chrysosplenietalia Hinterlang 1992
  - Pellion endiviifoliae Bardat in Bardat et al. 2004 prov.
    - **Fegatelletum conicae** Schade 1934
      - id. végétations avec *Dichodontium flavescens*
    - **Cratoneuretum commutati** (Gams 1927) Walther 1942
      - id. Fissidentosum adianthoidi subass. nov.
      - id. végétations fontinales avec *Trichocolea tomentella*
    - **Cratoneuretum filicino-commutati** (Kuh. 1937) Oberdorfer 1977

      (situé par Bardat & Hauguel (2002) dans le Riccardio-Eucladion verticillati Bardat 1998)
  - Riccardio-Eucladion verticillati Bardat in Bardat et al. 2004 prov.
    - **Eucladietum verticillati** Allorge 1922

Ctenidietea mollusci Grgic 1980

* Ctenidietalia mollusci Hadac & Smarda *in* Klika & Hadac 1944

  végétations des rochers frais, riches en bases, dominées par *Conocephalum conicum*

Pogonato-Dicranelletea heteromallae v. Hübschmann 1967

* Dicranelletalia heteromallae Philippi 1963
  - Pellion epiphyllae Marstaller 1984
    - **Pellietum epiphyllae** Schade ex Ricek 1970
    - **Hookerietum lucentis** Lecointe & Provost 1970
    - **Trichocoleetum tomentellae** (Herzog 1943) Doll 1966
      - id. sous-association à *Hookeria lucens* v. Hübschmann 1986

Annexe 3 :
Interprétations syn-systématiques comparées relatives aux sources pétrifiantes

selon Bardat et al. (2004)			selon Dierßen (2001 : 17)		
Montio-fontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. et Tüxen 1943			Platyhypnidio-Fontinalietea antipyreticae Philippi 1956		
Cardamino-Chrysosplenietalia Hinterlang 1992			Leptodictyetalia riparii Philippi 1956		
Pellion endiviifoliae Bardat in Bardat et al. 2004 prov.		**Riccardio- Eucladion verticillati** Bardat in Bardat et al. 2004 prov.	**Eucladio-Cratoneurion** Dierßen 2001		**Brachythecion rivularis** Hertel 1974
Fegatelletum conicae Schade 1934	**Cratoneuretum commutati** (Gams 1927) Walther 1942	**Eucladietum verticillatii** Allorge 1922	**Cratoneuretum commutati** (Gams 1927) Walther 1942	**Eucladietum verticillatii** Allorge 1922	végétations dominées par *Conocephalum conicum*

Annexe 4 :
Abréviations utilisées dans les relevés

COMPAGNES	diverses espèces compagnes
CTENIDIETALIA	Ctenidietalia mollusci Hadac & Smarda in Klika & Hadac 1944
DICRANELLETALIA	Dicranelletalia heteromallae Philippi 1963
MONTIO-FONTANAE	Montio-fontanae-Cardaminetea amarae Braun-Blanq. et Tüxen 1943
PELLION ENDIV	Pellion endiviifoliae Bardat & Hauguel 2002
PELLION EPIPH	Pellion epiphyllae Marstaller 1984

Annexe 5 :
Vue schématique des associations en fonction de l'écologie

	riches en Ca^{++}	**formation de tuf**	**pauvres en Ca^{++}**
rochers frais à mouillés	**Ctenidietea mollusci** p.p. fréquence de *Conocephalum conicum*	0	différentes associations des **Lepidozio-Lophocoletea heterophyllae** ou des **Pogonato-Dicranelletea heteromallae**
(faibles) **suintements** (forts)	**Eucladietum verticillati** (dominante verticale)	++	**Pellietum epiphyllae**
	Cratoneuretum commutati (dominante horizontale)	++	**Trichocoleetum tomentellae**
sources	**Cratoneuretum commutati** id. Fissidentosum adianthoidi id. Vég. avec *Trichocolea tomentella*	++ +/0 +/0	**Hookerietum lucentis** id. avec *Scapania undulata* (D)
ruisselets de source	**Cratoneuretum commutati** id. Fissidentosum adianthoidi	+ +/0	**Trichocoleetum tomentellae** s. str. **Hookerietum lucentis**
pierres aux bords	**Fegatelletum conicae** e.a. faciès à *Dichodontium flavescens*	0	**Pellietum epiphyllae** e.a.

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

Please check our internet site http://www.mnhn.lu for the latest version of these instructions!

Scope

FERRANTIA is a series of monographic works (20-250 pages in final layout) dealing with life and earth sciences, preferably related in some way or other to the Grand-Duchy of Luxembourg.

It publishes original results of botanical, zoological, ecological, geological, mineralogical, paleontological, geophysical and astrophysical research and related fields.

A complete issue of FERRANTIA may be devoted to several papers on a single topic as the responsibility of an invited editor.

Copyright

The submission of a manuscript to FERRANTIA implies that the paper must not have been accepted for publication or be under consideration elsewhere.

Copyright of a published paper, including illustrations, becomes the property of the publisher. Requests to reproduce material from FERRANTIA should be addressed to the editor.

Reviewing

Articles submitted for publication are reviewed by the editorial board and by one or two referees. The final decision on acceptance or rejection of the manuscript is taken by the editorial board. Manuscripts not prepared according to the following instructions to authors will be returned for correction prior to review.

Nomenclature

Papers with a systematic content should strictly follow the International Codes of Nomenclature.

Specimens

We recommend that the authors should deposit at least a part of the type material in the MNHN collections.

Publication dates

FERRANTIA pays special attention to publication dates, which are always specified to the day of publication.

Manuscripts

Manuscripts, without limitation of the number of pages, must conform strictly to the instructions to authors, and should be sent to the Editor:

FERRANTIA
Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg
25, rue Munster
L-2160 Luxembourg

Format

Manuscripts must be submitted as paper copy in triplicate in A4 format, preferably double-spaced, with margins of at least 3 cm and all pages numbered.

If possible, an electronic version of the text may also be sent as unformatted Word document (PC or MAC) (font Times New Roman, 10 pt). Tables (Word, Excel) and figures (300 dpi in the page size of the journal) may also be sent electronically.

Structure

Papers are to be written in simple, correct and concise French, German or English. They should be organized as follows:

- a brief title (should not include the name of new taxa);
- a suggested running head (no more than 50 characters);
- name(s) and first name(s) of author(s), followed by their full address(es) and, if possible, e-mail or fax number;
- abstracts in English, French and German, each 200-800 words long; new taxa names should be included in the abstract; the abstract should be precise and descriptive, in order to be reproduced as such in data bases; avoid vague sentences such as "three new species are described" or "species are compared to species already known"; include precise differential characters;
- text of the article, in the following order: Introduction, Abbreviations used, Material and methods, Results and/or Observations, Discussion, Acknowledgements, References. The arrangement of the parts "Results/ Observations" and "Discussion" may be modulated according to the length and subject of the article; very long papers may include a table of contents;
- for systematic descriptions, each description should follow the order: name of taxon with author and date, synonymy, type material, etymology, material examined, distribution, diagnosis and/or description, remarks.
- description of geological features should include type level, type horizon, type locality. This order may be adapted according to the concerned groups: consult a recent issue of FERRANTIA;
- taxon names must be stated with author (and publication date, separated by a comma, where appropriate) at

least once at the first mention. At subsequent mentions of the same taxon, or other taxa of the same genus, the genus name may be abbreviated (*Rosa canina* L. to *R. canina*).

- use n. sp., n. gen., n. fam., etc. for new taxa;
- use italicized words only for taxa of generic and subgeneric ranks;
- use lowercase characters for authority names
- references to illustrations and tables should be indicated as follows: (Fig. 1), (Fig. a, d), (Fig. 2a-d), (Figs 3; 6), (Figs 3-5; Tab. 2); (Tab. 1); for German texts use Abb. instead of Fig.
- footnotes should not be used.

Tables and figures

Copies of all figures and tables should be included with the manuscript. They can be either included in the text at the correct locations with their legends or referenced in the text and included as annexes.

For printing all figures must be provided as separate image files in a convenient format and resolution (TIF or JPEG for photographs, GIF, PNG or TIF for graphs and figures).

The editorial board will pay special attention to the quality and relevance of illustrations. Colored illustrations are accepted where appropriate and necessary.

Line drawings must be in Indian ink or high quality laser printouts; high contrast Fotographs are required,

Illustrations can be grouped into composite plates the elements of which are identified by letters (a, b, c...). Plates are not placed at the end of the article: they will be considered as figures and numbered as such. Arrange figures to fit in one (70 x 200 mm) or two columns (144 x 200 mm) or one half page (144 x 100 mm). Letters, numbers, etc., for each figure, are to be indicated on an accompanying overlay, not on the original figure. They will be inserted by the printer. A scale bar is required for each figure, when appropriate. No diagram or table is to exceed one page; longer tables should be divided.

References

In main text, references to authors, in lower case, should be presented without comma before year, as follows: Smith (2001), Smith (2001, 2002), (Smith 2001), Smith et al. (2003), (Smith 2001; Jones 2002), (Smith & Jones 2003, 2005), (Smith, Jones & Johnson 2003), (Smith et al. 2003), Smith (2001: 1; 2003: 5), Smith (2001: fig. 2).

References should be presented as follows, in alphabetical order. Do not abbreviate journal names:

Høeg J. T. & Lützen J. 1985. - Comparative morphology and phylogeny of the family Thompsoniidae (Cirripedia: Rhizocephala: Akentrogonida) with description of three new genera and seven new species. Zoologica Scripta 22: 363-386.

Marshall C. R. 1987. - Lungfish: phylogeny and parsimony, in Bernis W. E., Burggren W. W. & Kemp N. E. (eds), The Biology and Evolution of Lungfishes, Journal of Morphology 1: 151-152.

Röckel D., Korn W. & Kohn A. J. 1995. - Manual of the Living Conidae. Volume 1: Indo-Pacific Region. Christa Hemmen, Wiesbaden, 517 p.

Schwaner T. D. 1985. - Population structure of black tiger snakes, *Notechis ater niger*, on off-shore islands of South Australia: 35-46, in Grigg G., Shine R. & Ehmann H. (eds), Biology of Australasian Frogs and Reptiles. Surrey Beatty and Sons, Sydney.

Gerecke R., Stoch F., Meisch C. & Schrankel I. 2005. - Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfusskrebse (Copepoda). Ferrantia 41, Musée national d'histoire naturelle, Luxembourg, 140 p.

Proofs and reprints

Proofs will be sent to the author (or the first author) for correction and must be returned within two weeks by priority air mail. Authors will receive twenty-five reprints free of charge; further reprints can be ordered at a charge indicated on a form supplied with the proofs.

Page layout of final publication

paper size	170 x 240 mm
page size	144 x 200 mm
nomber of columns	2
column width	70 mm
space between columns	4 mm
top margin	22 mm
bottom margin	18 mm
inside margin	15 mm
outside margin	11 mm

Fonts

Body text: Palatino linotype (serif), 9pt

Titles, legends, headers, footers: Trebuchet (sans-serif)

Les volumes de la série FERRANTIA paraissent à intervalles non réguliers. Ils peuvent être consultés en ligne à l'adresse suivante:

http://www.mnhn.lu/ferrantia/

Adresse de courriel pour les commandes:

diffusion@mnhn.lu

LISTE DES NUMÉROS PARUS À CETTE DATE

Travaux scientifiques du Musée national d'histoire naturelle (1981-1999)

I Atlas provisoire des Insectes du Grand-Duché de Luxembourg. Lepidoptera. 1ère partie (Rhopalocera, Hesperiidae). Marc Meyer et Alphonse Pelles, 1981.

II Nouvelles études paléontologiques et biostratigraphiques sur les Ammonites du Grand-Duché de Luxembourg, de la Province du Luxembourg et de la région Lorraine attenante. Pierre L. Maubeuge, 1984.

III Revision of the recent Western Europe species of genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda). Part 1: Species with short swimming setae on the second antennae. Claude Meisch, 1984.

IV-1 Hétéroptères du Grand-Duché de Luxembourg: *Psallus (Hylopsallus) pseudoplatani* n. sp. (Miridae, Phylinae) et espèces apparentées. Léopold Reichling, 1984.

IV-2 Hétéroptères du Grand-Duché de Luxembourg: Quelques espèces peu connues, rares ou inattendues. Léopold Reichling, 1985.

V La bryoflore du Grand-Duché de Luxembourg: taxons nouveaux, rares ou méconnus. Ph. De Zuttere, J. Werner et R. Schumacker, 1985.

VI Revision of the recent Western Europe species of genus *Potamocypris* (Crustacea, Ostracoda). Part 2: Species with long swimming setae on the second antennae. Claude Meisch, 1985.

VII Les Bryozoaires du Grand-Duché de Luxembourg et des régions limitrophes. Gaby Geimer et Jos. Massard, 1986.

VIII Répartition et écologie des macrolichens épiphytiques dans le Grand-Duché de Luxembourg. Elisabeth Wagner-Schaber, 1987.

IX La limite nord-orientale de l'aire de *Conopodium majus* (Gouan) Loret en Europe occidentale. Régine Fabri, 1987.

X Epifaune et endofaune de *Liogryphaea arcuata* (Lamarck). Contribution à l'écologie des populations de *Liogryphaea arcuata* (Lamarck) dans le Sinémurien au NE du Bassin de Paris. Armand Hary, 1987.

XI Liste rouge des Bryophytes du Grand-Duché de Luxembourg. Jean Werner, 1987.

XII Relic stratified scress occurences in the Oesling (Grand-Duchy of Luxembourg), approximate age and some fabric properties. Peter A. Riezebos, 1987.

XIII Die Gastropodenfauna der "angulata-Zone" des Steinbruchs "Reckingerwald" bei Brouch. Hellmut Meier et Kurt Meiers, 1988.

XIV Les lichens épiphytiques et leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Paul Diederich, 1989.

XV Liste annotée des Ostracodes actuels non-marins trouvés en France (Crustacea, Ostracoda). Claude Meisch, Karel Wouters et Koen Martens, 1989.

XVI Atlas des lichens épiphytiques et de leurs champignons lichénicoles (macrolichens exceptés) du Luxembourg. Paul Diederich, 1990.

XVII Beitrag zur Faunistik und Ökologie der Schmetterlinge im ehemaligen Erzabbau-gebiet "Haardt" bei Düdelingen. Jos. Cungs, 1991.

XVIII Moosflora und -Vegetation der Mesobrometen über Steinmergelkeuper im Luxemburger und im Bitburger Gutland. Jean Werner, 1992.

19 Ostracoda. Nico W. Broodbakker, Koen Martens, Claude Meisch, Trajan K. Petkovski and Karel Wouters, 1993.

20 Les haies au Grand-Duché de Luxembourg. Konjev Desender, Didier Drugmand, Marc Moes, Claudio Walzberg, 1993.

21 Ecology and Vegetation of Mt Trikora, New Guinea (Irian Jaya / Indonesia). Jean-Marie Mangen, 1993.

22 A checklist of the recent non-marine ostracods (Crustacea, Ostracoda) from the inland waters of South America and adjacent islands. Koen Martens & Francis Behen, 1993.

23 Ostracoda. Claude Meisch, Roland Fuhrmann, Karel Wouters, Gabriele Beyer and Trajan Petrovski, 1996.

24 Die Moosflora des Luxemburger Oeslings. Jean Werner, 1996.

25 Atlas des ptéridophytes des régions lorraines et vosgiennes, avec les territoires adjacents, Georges Henri Parent, 1997.

26 Evaluation de la qualité des cours d'eau au Luxembourg en tant qu'habitat pour la loutre. Groupe Loutre Luxembourg, 1997.

27 Notes Paléontologiques et Biostratigraphiques sur le Grand Duché de Luxembourg et les régions voisines. Pierre Louis Maubeuge & Dominique Delsate, 1997.

28 Die Moosflora der Kleinen Luxemburger Schweiz (Müllertal). Florian Hans, 1998.

29 Etude sur les genres *Globorilusopsis* Maubeuge, 1994 et *Simoniceras* n. gen. du Lias Supérieur du Grand-Duché de Luxembourg (Calyptoptomatida). Pierre Louis Maubeuge, 1998.

30 L'Ichthyofaune du Toarcien luxembourgeois. Cadre général et catalogue statistique. Dominique Delsate, 1999.

31 Proceedings of the 3rd European Batdetector Workshop. 16-20 August 1996 Larochette (Lux.). Christine Harbusch & Jacques Pir (eds.), 1999.

32 Les collections paléontologiques du Musée national d'histoire naturelle de Luxembourg. Fossiles du Trias et du Jurassique. Dominique Delsate, Chris Duffin & Robi Weis, 1999.

FERRANTIA (2002-)

33 Die Fledermäuse Luxemburgs (Mammalia: Chiroptera). Christine Harbusch, Edmée Engel, Jacques Pir, 2002.

34 The Protura of Luxembourg. Andrzej Szeptycki, Norbert Stomp, Wanda M. Weiner, 2003.

35 Liste rouge des bryophytes du Luxembourg. Jean Werner, 2003.

36 Paléontologie au Luxembourg. Simone Guérin-Franiatte (éd.), 2003.

37 Verbreitungsatlas der Amphibien des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess (éd.), 2003.

38 Trois études sur la Zone Rouge de Verdun. I. Herpétofaune. II. La diversité floristique. III. Les sites d'intérêt botanique et zoologique. Georges H. Parent, 2004.

39 Verbreitungsatlas der Heuschrecken des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess, 2004.

40 Les macrolichens de Belgique, du Luxembourg et du nord de la France - Clés de détermination. E. Sérusiaux, P. Diederich & J. Lambinon, 2004.

41 Die Fauna der Quellen und des hyporheischen Interstitials in Luxemburg unter besonderer Berücksichtigung der Milben (Acari), Muschelkrebse (Ostracoda) und Ruderfusskrebse (Copepoda). Reinhard Gerecke, Fabio Stoch, Claude Meisch, Isabel Schrankel, 2005.

42 Red List of the Vascular Plants of Luxembourg. Guy Colling, 2005.

43 Contribution à la climatologie du Luxembourg. Analyses historiques, scénarios futurs. Christian Ries (éd.), 2005.

44 Sandstone Landscapes in Europe - Past, Present and Future. Proceedings of the 2nd International Conference on Sandstone Landscapes. Vianden (Luxembourg) 25-28.05.2005. Christian Ries & Yves Krippel (eds.), 2005.

45 Additions et corrections au catalogue des plantes vasculaires de l'arrondissement de Montmédy. Etude sur l'évolution séculaire de la flore. Georges H. Parent, 2006.

46 Beiträge zur Paläontologie des Unterdevons Luxemburgs (1). Christian Franke (Hrsg.), 2006.

47 Verbreitungsatlas der Libellen des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess, 2006.

48 Les Hêtres tortillards, *Fagus sylvatica* L. var. *tortuosa* Pépin, de Lorraine, dans leur contexte européen. Georges H. Parent, 2006.

49 Inventaire minéralogique du Luxembourg - Stolzembourg, Schimpach, Goesdorf. Simon Philippo (éd.), 2007.

50 Inventaire de la biodiversité dans la forêt "Schnellert" (Commune de Berdorf) - Erfassung der Biodiversität im Waldgebiet "Schnellert" (Gemeinde Berdorf). Marc Meyer & Evelyne Carrières (éds.), 2007.

51 Proceedings of the first international Recorder conference. Luxembourg 2-3 December 2005. Tania Walisch (ed.), 2007.

52 Verbreitungsatlas der Reptilien des Großherzogtums Luxemburg. Roland Proess (éd.), 2007.

53 Les arbres introduits au Luxembourg. Inventaire des essences arborescentes non indigènes de pleineterre présentes sur le territoire du Grand-Duché de Luxembourg. Antoinette Welter, Jean Turk, Joé Trossen, 2008.

54 Fossils as Drugs: pharmaceutical palaeontology. Christopher J. Duffin, 2008.

55 Proceedings of the first conference on faunistics and zoogeography of European Trichoptera. Luxembourg 2nd - 4th September 2005. Marc Meyer & Peter Neu (eds.), 2008.

56 Colonial nesting in the Great Crested Grebe *Podiceps cristatus* (Linné 1758). Research results from a colony on the Dutch IJsselmeer in comparison to other studies on colonial nesting in the species. André Konter, 2008.

57 Die Waldgesellschaften Luxemburgs. Vegetation, Standort, Vorkommen und Gefährdung. Thomas Niemeyer, Christian Ries & Werner Härdtle, 2010.

58 Beiträge zur Paläontologie des Unterdevons Luxemburgs (2). Christian Franke (Hrsg.), 2010.

59 Proceedings of the 3rd international symposium Coleoid Cephalopods Through Time. Luxembourg 8th - 11th October 2008. Dirk Fuchs (editor), 2010.

60 Verbreitungsatlas der Zikaden Luxemburgs - Textband. Rolf Niedringhaus, Robert Biedermann, Herbert Nickel, 2010.

61 Verbreitungsatlas der Zikaden Luxemburgs - Atlasband. Rolf Niedringhaus, Robert Biedermann, Herbert Nickel, 2010.

62 Le Jurassique inférieur et moyen au Luxembourg - Nouvelles données paléontologiques et biostratigraphiques. Robert Weis & Simone Guérin-Franiatte (éds.), 2010

63 La Flore calcicole et basophile du Massif vosgien. Georges H. Parent, 2011.

64 Rearing of unionoid mussels (with special emphasis on the Freshwater Pearl Mussel Margaritifera margaritifera). Frank Thielen (editor), 2011.

65 Les bryophytes du Luxembourg - Liste annotée et atlas. The bryophytes of Luxembourg - Annotated list and atlas. Jean Werner, 2011.

66 Die Graslandgesellschaften Luxemburgs. Simone Schneider, 2011.

67 Comparative studies of behaviour in allopatric subspecies of Grebes, Podicipedidae. Black-necked Grebe *Podiceps nigricollis* (Brehm 1831) and White-tufted Grebe *Rollandia rolland* (Quoy & Gaimard 1824). André Konter, 2012.

68 Beiträge zur Paläontologie des Unterdevons Luxemburgs (3). Christian Franke (Hrsg.), 2012.

69 Die Höhlenfauna Luxemburgs. Dieter Weber (Hrsg.), 2013.

70 Verbreitungsatlas der Weberknechte des Großherzogtums Luxemburg. Christoph Muster & Marc Meyer, 2014.

71 Le Jurassique au Luxembourg (1) - Vertébrés, échinodermes et céphalopodes du Bajocien. Roby Weis & Ben Thuy (éds.), 2015.

72 Aberrant plumages in grebes Podicipedidae - An analysis of albinism, leucism, brown and other aberrations in all grebe species worldwide. André Konter, 2015.

73 Beiträge zur Paläontologie des Unterdevons Luxemburgs (4). Christian Franke (Hrsg.), 2016.

74 Les sources de la région gréseuse du Luxembourg. Sociologie de la bryoflore et conservation. Jean Werner & Alexandra Arendt, 2016.