

## LES GROUPEMENTS MUSCINAUX DES TUFES DE TOURAINE

par Jean-Marie COUDERC

Laboratoire de Biogéographie  
Institut de Géographie  
Parc Grandmont  
37200 Tours*Travail dédié en hommage au Professeur J. LEBRUN*RÉSUMÉ :

Les tufs sont des dépôts de carbonate de calcium qui se forment au débouché des sources incrustantes. La précipitation des bicarbonates en carbonates est liée d'une part à des facteurs physico-chimiques, et d'autre part à l'assimilation chlorophyllienne des végétaux (mousses surtout) qui prélèvent du CO<sub>2</sub> dans les eaux. Les relevés permettent de distinguer deux groupes : le *Cratoneuretum commutati* Aichinger dans les zones baignées par les eaux et sous les embruns, et l'*Eucladio-Barbuletum topiaceae* sur les suintements, les parois et les surplombs humides. Cette végétation muscinale fait place, dans les secteurs en voie d'assèchement à une Charmaie-Frênaie à Noyer.

RESUMEN :

Las tobas son depósitos de carbonato de calcio constituyéndose a la boca de las fuentes incrustantes. La precipitación de los bicarbonatos en carbonatos resulta a la vez de factores fisico-químicos, y de la asimilación clorofiliana de los vegetales (musgos sobretudo) que sacan el CO<sub>2</sub> de las aguas. Los inventarios fitosociológicos permiten separar dos agrupaciones : el *Cratoneuretum commutati* Aichinger en lugares mojados, y el *Eucladio-Barbuletum topiaceae* en las rezumaduras, las paredes y los desplomos húmedos. Esta vegetación de musgos y hepáticas deja lugar, en las zonas que se secan, a un Carpal-Fresnal con Nogal.

Les tufs sont des dépôts de carbonate de calcium qui se forment à la sortie des sources incrustantes. En Touraine, ils sont liés à des exurgences (1) jaillissant des calcaires et des marnes lacustres (d'âge Ludo-Sannoisien), en bordure des vallées de l'Indre et de l'Echandon, au fond du synclinal de Champagne (COUDERC, 1968). Les tufs sont recouverts par une végétation essentiellement muscinale, qui contribue à leur édification.

## I - LOCALISATION ET GENESE DES TUFES.

### A. Les sources tuffeuses étudiées se divisent en deux groupes :

1) Deux importants complexes de sources; l'un près du Moulin de Perrion (commune d'Esvres), l'autre au Moulin de la Doué (commune de Courçay).

2) Quatre sources faiblement tuffeuses que nous citons par ordre

- d'importance décroissante du tuf :
  - Nantilly (X= 481,55; Y= 256,25; Z= 64)
  - Couzières (X= 479,15; Y= 256,25; Z= 70)
  - Fontiville (X= 479,45; Y= 256,45; Z= 80)
  - La Dorée (X= 481,85; Y= 256,47; Z= 70)

Nantilly et La Dorée sont sur le territoire de la commune d'Esvres; Fontiville et Couzières sur celui du Veigné.

Situées au SW du Moulin de Perrion (X= 483,03; Y= 252,50; Z= 64), les sources de Perrion jaillissent au pied du versant W de la vallée de l'Echandon, au bord d'une route qui suit le tracé d'une ancienne ligne de chemin de fer (fig. 1).

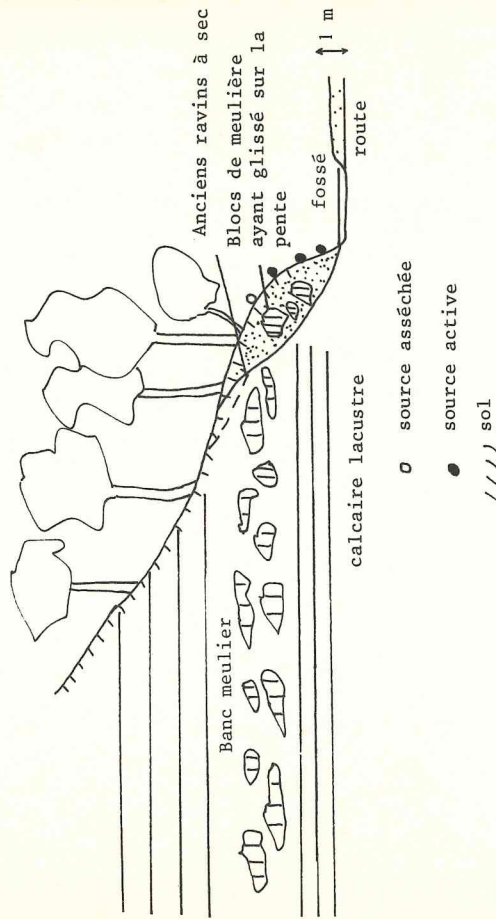


Figure n°1 : Disposition générale du tuf en bas du versant de l'Echandon à Perrion. (Sources centrales)

(1) Signalons que l'une des fontaines du Parc de Richelieu (dans le jardin de la Station de Parasitologie), alimentée par des eaux captées dans les calcaires jurassiques, est recouverte d'un champignon de tuf à l'instar des fontaines du Cours Mirabeau à Aix-en-Provence.

Les fontaines aux multiples conduits encroûtés par les tufs et aux débits variés, s'étalent sous forêt sur une longueur d'une centaine de mètres. De même les sources de La Doué jaillissent au pied du versant abrupt de l'Indre à Courçay (X= 490,40; Y= 251,15; Z= 65); elles sont échelonnées sur une plus grande distance, et ont entre elles des différences de débit encore plus sensibles. La source principale a un débit de 30 à 50 l/s selon les saisons.

B. Les tufs ont une morphologie variée : rochers en forme de champignons de plusieurs mètres de haut et d'épaisseur (fig. 4b), petits barrages formant des cascates dans les ruisseaux en aval des sources (fig. 2c), bourrelets ripariaux (fig. 4a), fins placages ou épais revêtements de versants avec surplombs et cavités multiples (fig. 2a et b, fig. 3).

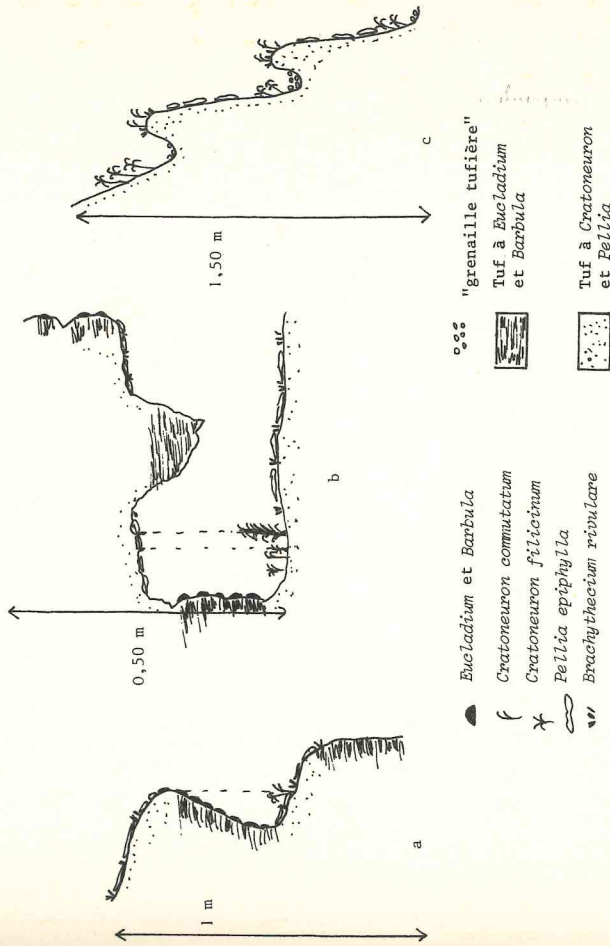


Figure n°2 : Trois aspects des tufs du troisième groupe de Perrion

Leur élaboration résulte de la décomposition et de la précipitation sous forme de carbonate, du bicarbonate de calcium que ces eaux contiennent en solution. Très peu soluble, le carbonate précipite au fond, recouvre des branches, des feuilles mortes, ou encroûte certains végétaux vivants. Ainsi dans le ruisseau en aval de la source de Couzières, rencontre-t-on des feuilles d'arbres et des coquilles de gastropodes (*Cyclostoma elegans* par exemple) complètement incrustées. Le titre hydrotimétrique total (THT) de ces eaux, toujours élevé (Tableau 1), est comparable à celui des grandes sources provençales à tuf (J. NICOD, 1966, p. 322).

Mesures de janvier 1976

	pH	THH	TAC
Perrion	7,7/7,8	31,5	30
La Doué	7/7,7	27/29	24,5/26,5
Nantilly	7,6	34	29,5
Couzières	8	26	22,5

Tableau 1 - pH, titres hydrotimétrique et alcalimétrique exprimés en degrés français (1) des principales sources tuffeuses.

La décomposition des bicarbonates est liée à la diminution de la teneur en CO<sub>2</sub> des eaux à leur émergence. L'équilibre exprimé par la réaction: Ca (HCO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> ⇌ CaCO<sub>3</sub>+CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O se déplace alors vers la droite. La quantité de CaCO<sub>3</sub> formé correspondant à la proportion de CO<sub>2</sub> dégagé, la formation des tufs dépend donc des causes de diminution du CO<sub>2</sub>. Des facteurs physiques et un facteur biogénique agissent de façon concomitante. L'élévation estivale de la température de ces eaux fraîches (de 9 à 12°), l'évaporation favorisée par un important brassage dû à l'écoulement de l'eau sur les versants vers le collecteur principal, sont autant de facteurs qui rompent l'équilibre de la réaction en libérant du CO<sub>2</sub>.

Le facteur biogénique, jouant un rôle de premier plan, est l'assimilation chlorophyllienne des végétaux des sources et des ruisselets qui en sortent : (les *Queckflurpflanzen* des auteurs allemands). Il s'agit surtout de Muscinées, d'Algues vertes et brunes, et accessoirement de Phanérogames et de Charophytes. Le prélèvement de CO<sub>2</sub> dans les eaux, et sa décomposition par les plantes, provoque un dépôt de carbonate sur les tiges, feuilles et thalles des Bryophytes, parfois sous forme de petits cristaux cubiques comme on peut le voir au microscope.

Contrairement aux travertins (dépôts stratifiés des lacs et des rivières) qui sont surtout liés à une précipitation physico-chimique des carbonates, les tufs de Touraine, poreux et riches en végétaux, sont essentiellement liés à l'activité des Bryophytes et des Algues, mais pas totalement. En effet, on constate à la source principale de La Doué, à Fontiville, Nantilly et Couzières, qu'il n'y a pas de tuf à l'emplacement même des exurgences, et cela semble même la règle si elles sortent par un bassin. Or un écoulement d'une dizaine de mètres suffit (à Nantilly et à La Doué en particulier) pour que le tuf et les mousses édificatrices apparaissent. J.-J. SYMOENS (1957, p.283) et J. NICOD (1966, p.325) ont fait les mêmes constatations dans leurs régions. Cela n'est pas dû à l'ombre qui peut régner sur le bassin de la source puisque sous le couvert de la forêt de Perrion, le tuf à *Cratoneuron*, *Pellia* et *Eucalcium* encroûte les sources elles-mêmes. Le phénomène ne se déclenche qu'avec le brassage et l'évaporation à la sortie des bassins des fontaines, d'autant qu'il peut exister du CO<sub>2</sub> libre disponible à l'émergence. Les ruptures de pente jouent un grand rôle comme le montrent la conservation ou l'exagération des cascades par le tuf.

(1) Un degré français = 10mg/l de CaCO<sub>3</sub> ou 8,4 mg/l de MgCO<sub>3</sub>.

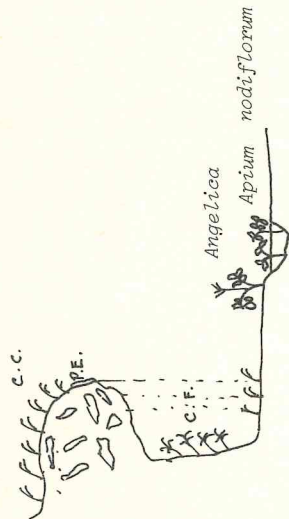


Figure n°3

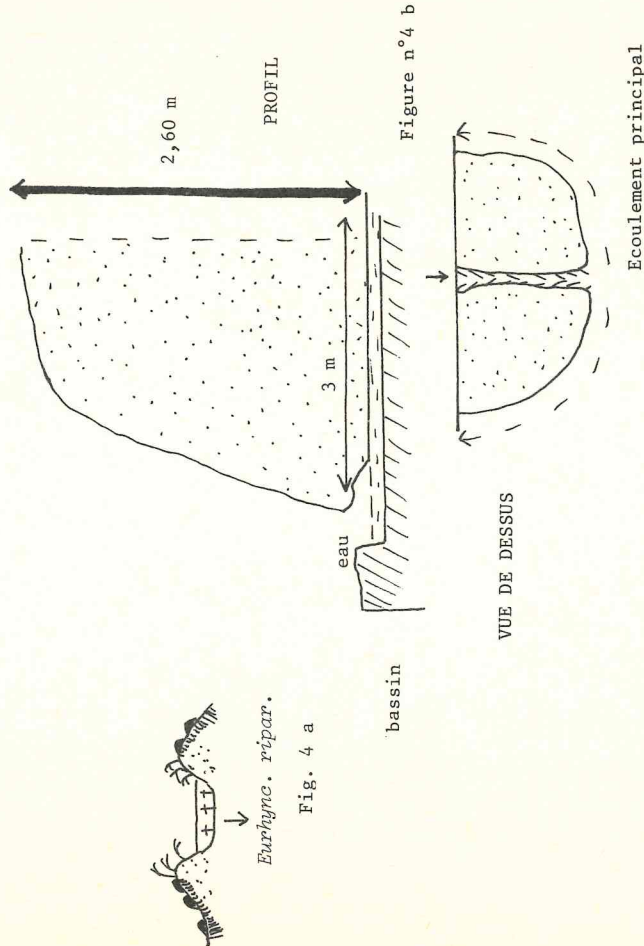


Fig. 4 a

Figure n°4 b

## II - ANALYSE DES GROUPEMENTS MUSCINAUX.

## A. Les tufs du Moulin de Perrion.

Sur le versant en pente raide (jusqu'à 50°) existent trois groupes principaux de sources et de tufs séparés par des suintements diffus et des bourbiers. L'environnement forestier est constitué par un *Fraginetum* (en bas de versant), un *Quercus-Carpinetum* à Mercuriale, Buis et Hellebore, et par places, en haut de versant, par un *Melico-Fagetum*. Les relevés ont été faits en allant du Nord vers le Sud.

1) Premier groupe de sources (au niveau du réservoir d'eau) sur une longueur de 9m.  
+ Bords tuffeux d'une vasque d'1, 30m de large, situé un mètre au-dessus du niveau de la route. Les bords bien humides sont abondamment colonisés par *Cratoneuron* fixant apparemment davantage de calcaire que *Pellia*, présente de ci-delà, mais au creux de petites alvéoles.  
Relevé sur 1 m<sup>2</sup>. (n°1)

*Cratoneuron filicinum* (Hedw.) Spruce var. *vallisclausae* Dix. 3.4  
*Brachythecium rivulare* B., S. et G. 2.3  
*Bryum pseudotriquetrum* (Hedw.) Schwaegr. 2.2  
avec *Pellia endiviifolia* Dicks.  
*Mentha pulegium* L. var. *boraei* Timb. +  
*Epiobium cf parviflorum* Schreb. +  
et sur une pierre mouillée à la base :  
*Oscillatoria* sp.  
*Brachythecium rutabulum* (Hedw.) B.S. et G.

+ Source et suintements contigus avec tuf en placage.

Relevé sur 3m<sup>2</sup> (n°2)

I *Ligustrum vulgare* L. (pl.) 2.1  
*Scrophularia aquatica* L. 2.1  
*Juncus inflexus* L. 1.3  
*Apium nodiflorum* (L.) Lag. 1  
*Angelica sylvestris* L. 1  
II *Cratoneuron filicinum* var. *vallisclausae* 4.4  
*Bryum pseudotriquetrum* 2.3  
*Cratoneuron commutatum* 1.3  
*Pellia endiviifolia* 1.3  
(uniquement dans des cupules du tuf)  
*Mnium undulatum* +

2) Après 25m sans écoulement, et un bourbier sans tuf long de 7m à *Equisetum arvense* L. et *Tussilago farfara* L., on rencontre une importante série de sources tuffeuses (sur 17m de long). Après des suintements à *Pellia* et *Brachythecium rivulare*, on arrive à une grosse masse tuffeuse couronnée par une source dont l'émergence est située plus haut sous le forêt (fig. 1). Le tuf a 0,50m d'épaisseur, 2,50m de haut et 3,50m de large.

On trouve sur les parois humides (relevé n°3 sur 5 m<sup>2</sup>) :

I *Epiobium cf hirsutum* L. +  
*Genium robertianum* L. +  
*Mentha aquatica* L. +  
*Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv. i  
II *Pellia endiviifolia* 4.5  
*Cratoneuron filicinum* var. *vallisclausae* 3.2  
*Barbula topheaea* (Brid.) Mitt. 2.4  
(sous les surplombs et le long des conduits)

*Cratoneuron filicinum* 1.3  
(là où l'eau s'écoule et dans les dépressions)  
*Eurhynchium riparioides* (Hedw.) Rich. 1.3  
*Cratoneuron commutatum* +  
(sur le flanc des sourcins)  
*Mnium longirostrum* Brid. +  
*Lophocolea heterophylla* Dum. +  
(en mélange avec *Barbula*)

L'examen de la paroi un peu plus au sud, montre que *Pellia* est surtout liée au *Cratoneuron* qui accompagne les filets d'eau. Les suintements très diffus, voire même le tuf simplement humide (où l'eau passe par capillarité) dominant à cet endroit; or on y trouve un tapis dense, mais peu épais, de *Barbula topheaea* et d'*Eucladium verticillatum* (With.) B.S. et G., et peu de *Pellia*. *Barbula* et *Eucladium*, toutes deux susceptibles d'être encroûtées, sont difficiles à distinguer sur le terrain; à cet endroit (sur 3m<sup>2</sup>) *Eucladium* est brun-olive ou marron comme *Barbula*.

Relevé n°4.

*Samolus valerandii* L. +  
*Brachythecium rivulare* (à tiges courtes) 3.2  
*Eucladium verticillatum* 2.2  
*Pellia endiviifolia* 1  
*Barbula topheaea* +  
*Mnium longirostrum* +

Le relevé suivant effectué au-dessus du tuf et plus au sud, donne une idée de l'environnement forestier. Il s'agit d'une Charmaie-Frênaie occupant des niveaux marneux à blocs de meulière qui gagne à la partie supérieure du tuf asséché (fig. 1).

Relevé sur 24m<sup>2</sup> (n°5).

## Strate I

*Juglans regia* L. 2  
*Sambucus nigra* L. 2  
*Fraginus excelsior* L. 1  
*Salix cf cinerea* L. 1  
*Robinia pseudacacia* L. 1  
*Clematis vitalba* L. 1

## Strate III

*Endymion non-scriptum* (L.) Garcke 3.1  
*Arum maculatum* L. 3.1  
*Mercurialis perennis* L. 3.1  
*Hedera helix* 3.2  
*Phyllitis scolopendrium* (L.) Newman 2.3  
*Fuscus aculeatus* L. 1.3  
*Listera ovata* (L.) R.Br. 1.1  
*Ribes rubrum* L. +  
(*Orehis purpurea* Huds.) +

## Strate II

*Sambucus nigra* 2  
*Hedera helix* 2  
*Clematis vitalba* 2  
*Malus sylvestris* Miller 1  
*Cornus sanguinea* 1  
*Lonicera xylosteum* 1

## Strate IV

*Eurhynchium swartzii* Hobk. 4.4  
*Brachythecium rutabulum* 1.3

Notons que dans ce groupement auquel il confère une indiscutable individualité ("*Fragino-Carpinetum juglandetosum*"), le Noyer a une étonnante vitalité et tout particulièrement dans les zones les plus humides, avec une abondance-dominance atteignant parfois 4.

En contrebas des tufs, le fossé qui recueille les eaux calcaires abrite:

*Apium nodiflorum* 2.4 et par places : *Mentha pulegium* 4.4  
*Eupatorium cannabinum* L. 1.2 *Chara cf. vulgaris* 3.4  
(à tiges très encroûtées)

3) Troisième groupe de sources (seize mètres plus au sud) s'étalant sur 20m. Elles sortent par des fissures larges et profondes (le regard y pénètre sur une profondeur d'environ 1m), qui tranchent le tuf de bas en haut et qui laissent apparaître des blocs de meulière tombés au pied du versant, et noyés dans la masse du tuf (fig. 1).

- Ce relevé n° 6 a été fait sur les bords de la fissure la plus large, un mètre au-dessus du fossé (sur 5 dm<sup>2</sup>) :

*Pellia endiviifolia* 3.4  
*Eucladium verticillatum* 3.3  
*Eurhynchium swartzii* 2.3  
*Cratoneuron filicinum* var. *vallisclausae* 2.3  
*Mnium undulatum* 1.1

Plus une algue verte légèrement encroûtée : cf *Vaucheria*

- Un peu au-dessus dans une zone plus sèche, deux espèces jaunâtres et souffreteuses :

*Cratoneuron filicinum* var. *vallisclausae*  
*Brachyctectum rivulare*

Remarque : la seule mousse qui, à cet endroit, est présente dans les cavités et sur les parois verticales, est *Eucladium*. Par contre un peu plus au sud, les tout derniers suintements sont colonisés par *Barbula tophacea*, de couleur brun-jaunâtre foncé. Cette espèce se maintient donc dans des biotopes assez secs où *Eucladium* peut manquer, et où n'existe plus *Pellia*.

#### B. Les tufs du Moulin de La Doué.

Nous savons qu'il n'y a pas de tuf sur les bords du bassin de la plus grande des sources, où nous avons seulement trouvé

*Eurhynchium curvisetum* Husnot (fructifié) sur la paroi sèche, et *Eurhynchium riparioides* au déversoir.

1) Exsurgences tuffeuses en bordure de sentier (à l'ouest des habitations) et au pied de la paroi calcaire.

- Tuf autour des conduits dont les plus hauts sont asséchés; relevé n° 2 sur 3 dm<sup>2</sup> :

*Riccardia pinguis* (L.) Gray 1.2  
*Cratoneuron filicinum* 2.3  
*Cratoneuron filicinum* var. *vallisclausae* 1.2  
 - Parois plus sèches (relevé n° 8 sur 4 dm<sup>2</sup>) :

*Eucladium verticillatum* 2.3  
 (bords de conduits asséchés)

*Anomodon viticulosus* (Hedw.) Hook et Tayl.

(à la limite de la zone à embruns)

- Bords des bassins du pied de la paroi où nous avons trouvé *Cammarus pullex*, *Bithynella viridis* et des *Cyclops* (cf. *albicus* et *bicuspidatus*).  
 Relevé n° 9 sur 1 m<sup>2</sup>

*Hygroamblystegium tenax* (Hedw.) Jemm. 3.4

*Cratoneuron filicinum* var. *vallisclausae* 2.3

2) Les tufs de la propriété du Moulin de La Doué. (1)

Il y a dans le jardin de cet ancien moulin à carton, situé en contrebas du sentier et des exurgences, de nombreuses et importantes formations tuffeuses, au niveau des cascades et en bordure des ruisseaux qui gagnent l'Indre. Nous avons fait des relevés sur les 4 plus importantes en allant de l'Est vers l'Ouest, c'est-à-dire de l'amont vers l'aval de l'Indre.

(1) Nous remettons le propriétaire, le Médecin-Général BERNARD, de nous avoir permis d'étudier à loisir ce magnifique ensemble de tufs.

a) "Champignon" de la cascade du ruisseau principal. Il a 3,50m de haut; il est né au niveau d'une rupture de pente brutale; il est traversé dans sa partie centrale par un écoulement large de 30 cm et profond de 30 cm. Sa couverture phanérogamique est la suivante :

*Phyllitis scolopendrium* 3.3  
*Geranium robertianum* 1.2  
*Epilobium* cf. *parviflorum* 1.1  
*Ranunculus acris* L. +  
*Cardamine pratensis* L.

- Côté E-Partie basse plus sèche récemment retaillée; relevé n° 10 sur 2 m<sup>2</sup>.

*Barbula tophacea* 2.3  
*Cratoneuron commutatum* 1.3 (en mélange avec la précédente)  
*Brachythecium rivulare* 1.3

- Côté E- Partie moyenne : bords du ruisseau à eaux très courantes; relevé n° 11 sur 1 m<sup>2</sup>.

*Apium nodiflorum* (pâle) 1.1  
*Cratoneuron commutatum* 4.4 (bien encroûté à la base)  
*Eurhynchium riparioides* 3.4 (un peu encroûté)  
*Cratoneuron filicinum* 1.3

Nota : aucune hépatique n'a été relevé sur ce champignon.

- Côté E-Partie haute plus sèche que la zone centrale; relevé n° 11 sur 1 m<sup>2</sup>.

*Carex divulsa* Stokes 2.3  
*Senophularia aquatica* 2.3  
*Apium nodiflorum* 1.1  
*Eucladium verticillatum* 2.3

- Côté W-Partie basse et moyenne mouillée par des suintements en éventail; relevé n° 13 sur 2 m<sup>2</sup>.

*Cratoneuron commutatum* 4.4  
*Barbula tophacea* 2.3

- Ruisseau coulant vers l'Indre au pied du champignon ; relevé n° 14 sur 4m<sup>2</sup>.

*Cratoneuron commutatum* 4.4  
*Eurhynchium riparioides* 3.4 (au fond)  
*Acrocladium cuspidatum* Lindb. 1  
 et des Algues (Pennales) *Synedra* sp.  
*Diatoma vulgare*  
*Gomphonema* sp.

Remarque : *Cratoneuron commutatum*, aux tiges fortes, est lié aux eaux courantes; il apparaît comme le plus grand édificateur de tuf; son mélange avec *Barbula* (relevé n° 13) que nous avons rencontré deux autres fois (tableau n° 2), provient en fait du contact entre deux associations parallèles sur une très petite surface. *Cratoneuron* occupe le côté interne de bourrelets de tuf à croissance rapide entourant le ruisseau et recevant des embruns, tandis que *Barbula* en occupe le côté externe (fig. 4a).

b) Champignon de tuf situé à l'ombre d'un épicéa (côté W du Moulin) et adossé au mur d'une terrasse du jardin (fig. 4b); relevé n° 15 sur 3 m<sup>2</sup>.

*Phyllitis scolopendrium* 4.4  
*Geranium robertianum* 1.1  
*Hedera helix* 1.1  
*Cardamine pratensis* 1.1  
*Poa trivialis* L. 1.1

*Brachyctectum rivulare* 4.4  
*Pellia encaviifolia* 2.3  
 (en mélange avec la précédente)  
*Eucladium verticillatum* 1.2  
*Cratoneuron filicinum* var. *vallisclausae* 1.2

CRATONEURETUM COMMUTATI DES TUFFS DE TOURAINE. Tableau n° 2

Espèces - N° des relevés	1	2	3	6	7	9	10	11	13	19
Caractéristique										
<i>Cratoneuron commutatum</i>		1.3	+				1.3	4.4	4.4	
Différentielles de sous-assoc.		3.4	4.4	3.2	2.3	1.2	2.3			
<i>Craton. filic. var. valliclausae</i>		+	1.3	4.5	3.4					
<i>Pellia indivivifolia</i>						2.3		1.3		1.3
<i>Cratoneuron filicinum</i>										
Caract. de l'Eucladio-Barbuletum										
<i>Eucladium verticillatum</i>				3.3						
<i>Barbula topheacea</i>				2.5			2.3	2.3		
Caract. d'alliance, ordre et classe										
<i>Hygroamblystegium tenax</i>						3.4				2.4
<i>Riccardia pinguis</i>						1.2				
<i>Brachythecium rivulare</i>		2.3					1.3			
<i>Mnium longirostrum</i>			+							
Compagnes										
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>										1.3
<i>Eurhynchium riparioides</i>						1.1				
<i>Mnium undulatum</i>			+			2.3				
<i>Eurhynchium swartzii</i>										
<i>Lophocolea heterophylla</i>										
<i>Epilobium parviflorum</i>			+				1.1			
<i>Mentha pulegium</i>			+							
<i>Phyllitis scolopendrium</i>										
<i>Aptium nodiflorum</i>							1.1			1.1

EUCLADIO-BARBULETUM TOPHACEAE DES TUFFS DE TOURAINE. Tableau n° 3

Espèces - N° des relevés	4	8	12	15	17	23
Caractéristiques						
<i>Eucladium verticillatum</i>		2.2	2.3	2.3	1.2	3.4
<i>Barbula topheacea</i>		+			3.4	
Caract. du Cratoneuretum et de ses sous-assoc.						
<i>Cratoneuron commutatum</i>						2.3
<i>Pellia indivivifolia</i>						
<i>Cratoneuron filicinum</i>		1		2.3		
<i>Cratoneuron filicinum var. valliclausae</i>					1.2	2.3
Caract. d'alliance, ordre et classe.						
<i>Brachythecium rivulare</i>						
<i>Bryum pseudotriquetrum</i>		3.2		4.4		1.2
<i>Mnium longirostrum</i>		+				
Compagnes						
<i>Anomodon viticulosus</i>			2.4			
<i>Poa trivialis</i>						+
<i>Carex divulsa</i>				2.3		
<i>Mentha rotundifolia</i>						
<i>Samolus valerandi</i>					1.1	
<i>Aptium nodiflorum</i>					1.1	3.4
<i>Phyllitis scolopendrium</i>					2.3	
<i>Senophularia aquatica</i>						+
<i>Geranium robertianum</i>						1.3
<i>Nasturtium officinale</i>						

c) Source tuffeuse descendant en escalier dans le jardin potager.

- pierre recevant des embruns : 3.4  
*Brachythecium rivulare*  
*Hygroamblystegium tenax* 1.3
- marches et pierres dans l'eau : 4.4  
*Eurhynchium riparioides*  
( de grande taille)
- tuf du bord de la cascade; relevé n°16 sur 1 m2 :  
*Hygroamblystegium tenax* 3.4  
*Eurhynchium riparioides* 1.3  
(en mélange avec un peu d'*Hygroamblystegium*)  
*Pellia indivivifolia* +  
avec *Gomphonema sp.*

- bordure du ruisseau en aval : 2.4  
*Riccardia pinguis*  
*Cratoneuron commutatum* 2.4  
*Eurhynchium riparioides* 2.4

d) Source de l'extrémité occidentale du jardin. Plusieurs ruisselets arrivent à cet endroit; l'un forme un champignon de 2m de haut, de 3m d'épaisseur et de 6 à 7m de circonférence à la base et qui s'arrête à la limite même de l'eau du bassin qui est à son pied. Relevé n°17 sur 4 m2.

- I. *Phyllitis scolopendrium* 3.4 II. *Eucladium verticillatum* 3.4  
*Mentha rotundifolia* (L.)Huds. 2.2 *Barbula topheacea* 3.4  
*Nasturtium officinale*R.Br. 1.3 *Cratoneuron commutatum* 2.3  
*Geranium robertianum* +.3 + *Vaucheria sp*(en partie encroûtée)  
*Poa trivialis* + *Synedra sp.*

Remarque : *Eucladium* et *Barbula* se rencontrent par places à toutes les hauteurs et à toutes les expositions. Sur la face la plus sèche (au SW), *Eucladium*, qui n'est pas encroûté, atteint une grande taille (3cm) et a des feuilles à dents très marquées.

C. Les formations tuffeuses mineures.

- 1) Nantilly.  
C'est une exsurgence dont le débit varie de 24m3/h à 30m3/h après une période de grandes pluies; le tuf n'apparaît qu'à une dizaine de mètres de l'émersion au niveau d'une cascade d'1,50m de haut.  
- relevé n°18, avant la cascade, dans le courant :  
*Hygroamblystegium tenax* 3.3  
*Pellia indivivifolia* 3.3
- sous la cascade et près de la chute; relevé n°19 sur 3 dm2 :  
*Hygroamblystegium tenax forma spinifolia* 2.4  
*Cratoneuron filicinum* 1.3  
*Eurhynchium riparioides* 1.3  
avec Algues nombreuses : *Oscillatoria sp.*  
*Cosmarium sp.*  
*Ferridinium cinctum* (abondant)
- sur les côtés et à l'intérieur du conduit; relevé n°20 sur 3 dm2 :  
*Cratoneuron filicinum* 3.4  
*Eurhynchium riparioides* 3.3  
*Pellia indivivifolia* 1.4
- parois calcaires; relevé n°21 sur 3 m2 :

- côté gauche (au soleil) : touffes de *Thamniolum alopecuroides* (Hedw.) B. et S., méconnaissable et recroquevillé 2.3
- zone humide plus basse : *Amblystegium varium* Lindb. dont certaines touffes bien encroûtées 2.3
- côté droit : *Cratoneuron filicinum* 2.3  
(dont certaines très au soleil)
- au pied de la cascade; relevé n°22 sur 5 dm2 :
- sous les embruns : *Eurynethium riparioroides* 4.5  
(forte et sous sa forme immergée)
- sous l'eau : *Hygroamblystegium tenax* 4.4
- sous la deuxième petite cascade :  
Diatomées (Centrales) dont *Synedra* et *Gomphonema*.
- *Eurynethium riparioroides* 4.4 (forme forte)

Remarque : *Pellia* se trouve ici aussi bien dans des biotopes relativement secs et exposés au soleil que dans les endroits qui reçoivent de l'eau en permanence, alors que le débit n'est pas très variable dans l'année.

## 2) Couzières.

Nous n'avons pas pu voir l'exsurgence elle-même; à l'endroit où le ruisseau sort de la propriété, caché par une dalle, le tuf forme un revêtement peu épais sur les parois.

Relevé n°3 sur 4 dm2 :

- zone recevant un peu de soleil  
*Cratoneuron filicinum* 2.3
- Bryum pseudobriquetum* 1.2
- zone largement dans l'ombre  
*Eucladium verticillatum* 1.3

## 3) Fontiville.

L'actuelle source n'a plus qu'un débit très modeste en raison d'un captage. L'eau est très chargée en calcaire et dans les deux bassins (artificiels) on trouve *Chara* cf. *vulgaris* très encroûtée, avec *Myriophyllum verticillatum* L. Il n'y a pas (ou plus) d'accumulation de tuf, mais un léger dépôt de calcaire au débouché du conduit alimentant le bassin inférieur.

Relevé sur 2 dm2 (n°24) :

- Hygroamblystegium tenax* 2.2 (encroûté)
- Amblystegium serpens* (Hedw.) B. et S. 1.3 (sur une pierre sèche)
- Diatomées dont *Cymbella* sp. et *Synedra* sp.

## 4) La Dorée.

Le débit de la source est d'environ 20 m3/h au maximum et l'eau passe dans deux bassins successifs où l'on constate une incrustation de calcaire sur les parois.

Relevé n°25 sur 1 m2 :

- Cratoneuron filicinum* var. *trichodes* Brid. 2.3  
(juste au-dessus de la limite de l'eau)
- Eurynethium riparioroides* 2.2

## III - REMARQUES SYNTAXONOMIQUES ET SYNECOLOGIQUES

## A. Remarques syntaxonomiques

Cette végétation se range dans la classe des *Montio-Cardaminetea* Br. Bl. et Tüxen 43, ordre des *Montio-Cardaminetalia* Pawl. 28, alliance du *Cratoneuron commutatum* W. Koch 28. Le *Cratoneuron commutatum* Aichinger 33 est un groupement reconnu depuis longtemps, qui englobe à la fois les faciès à

*Cratoneuron commutatum* des eaux courantes, les tapis à *Cratoneuron filicinum* des zones un peu moins baignées par les eaux (zones à embruns par exemple), ainsi que les biotopes à forts suintements occupés par *Pellia endiviifolia*.

Certains auteurs (ALEX. VON HUBSCHMANN - 1967 et DIERSSEN - 1973) considèrent que *Pellia* et *Cratoneuron filicinum* sont des caractéristiques du groupement; toutefois leur présence de II dans notre tableau synthétique (tableau 2), et de III au maximum dans le tableau 2 de DIERSSEN (1973), composé à partir de douze relevés d'auteurs allemands, laisse à penser qu'il s'agit de différentielles de sous-associations ou de caractéristiques d'alliance, d'ordre ou de classe. En effet *Cratoneuron filicinum* est une espèce qui caractérise par ailleurs des groupements sur schistes et grès suintants (*Pellio-Cratoneuretum filicinum* et *Cratoneuro filicinum-Cardamineteum amarum* Maas 1959).

Bien que sa position systématique soit encore mal assurée (variété ou espèce ?), *Cratoneuron filicinum* var. *vallisclusae* apparaît, avec une présence de III, comme une bonne différentielle d'une sous-association des parois tuffeuses très humides avec *Pellia endiviifolia*. *Eucladium verticillatum* est la caractéristique d'un groupement paucispécifique des suintements et des zones relativement plus sèches : l'*Eucladietum verticillati* Allorge 21, où certaines Algues vertes sont assez bien représentées. Nous ne pensons pas (cf. A. VON HUBSCHMANN, 1967, p. 105) que l'*Eucladietum* fasse partie de la "vaste association *Cratoneuretum verticillati*"; le groupement paraît stable et n'évolue pas vers le *Cratoneuretum*.

Sans doute l'association est-elle pauvre en espèces, mais elle s'enrichit de l'Allemagne vers les régions méditerranéennes où on trouve par exemple *Adiantum capillus-veneris*. Nous y avons trouvé associée *Barbula topheaea*. Cependant sa présence assez faible (II dans le tableau 3) permet-elle de la considérer comme une caractéristique comme l'a fait J. P. HEBBRARD pour le SE de la France, sous le nom d'*Eucladio-Dicymoneteum topheae*? Nous ne retenons le taxon d'*Eucladio-Barbuletum topheae* qu'à titre provisoire, dans la mesure où *Barbula* comme *Eucladium*, caractérise les zones suintantes de parois subverticales, de crevasses et de surplombs, capables de connaître des phases d'assèchement non négligeable.

Nous n'avons pas trouvé dans ces biotopes *Hymenostilium recurvirostre* que A. VON HUBSCHMANN considère comme caractéristique (1957, tabl. 30) de l'*Eucladietum verticillati*. Il en est de même pour *Cratoneuron commutatum* var. *faleatum* (Brid.) Moenk. totalement absent. Le *Cratoneuretum faleatum* Gams 27 est un groupement montagnard (PHILIPPI, 1975) comme le *Pinguicula Cratoneuretum* (WALTHER 42) Oberdorf. 57 et l'*Eucladio-Pinguiculetum alpinum* Br. Bl. 48 que nous connaissons (enrichis en espèces méridionales) dans les Causses (vallée de la Jonte) avec *Pinguicula longifolia* Ramond, et en Haute-Soule (Pyrénées occidentales).

## B. Remarques écologiques et dynamiques

L'*Eucladio-Barbuletum* tapisse les creux et les surplombs en fonction, non de l'ombre, mais des suintements. L'eau passe par capillarité entre les mousses en coussins très compacts, avec leurs tiges serrées les unes contre les autres, ce qui donne un tuf pulvérulent. Là où l'eau tombe goutte à goutte se trouvent *Pellia* et *Cratoneuron*. On rencontre parfois des "stalactites" de *Cratoneuron* s'allongeant dans le sens de l'écoulement des gouttes, et plus rarement des "stalagmites" d'algues vertes (*Vaucheria*), de *Cratoneuron* et de *Brachythecium rivulare* mélangés (fig. 2), mesurant jusqu'à 8 cm de haut, et formées de plusieurs tiges s'entremêlant et entourées d'un fourreau calcaire.

Sur pente forte, on remarque par places des festons et des écailles de tuf (fig. 2c), là où *Cratoneuron* et *Brachythecium rivulare*, croissant plus vite que *Pellia*, forment des excroissances de tuf barrant parfois le passage à un filet d'eau. Derrière le barrage se forme une cuvette remplie de "grenaille tuffière" (expression employée par J.J. SYMOENS, 1957) agitée par les eaux.

APERCU PHYTOSOCIOLOGIQUE  
DES GROUPEMENTS AQUATIQUES ET SEMI-AQUATIQUES  
DES MARDELLES DU BASSIGNY

par Bernard DANGIEN et  
Jean-Marie DECORNET

Laboratoire de Botanique  
(Professeur Jean Claude HAYON)  
Faculté des Sciences Pharmaceutiques  
et Biologiques  
54000 Nancy

Laboratoire de Biologie végétale  
(Professeur Jean-Marie PELT)  
Institut Européen d'Ecologie  
Les Récollets  
57000 Metz

En Hommage au Professeur J. LEBRUN

Ces granules ont de quatre à huit millimètres de long, et de deux à cinq millimètres de large environ.

L'exemple des tufs de Perrion, dans une zone forestière que l'homme laisse plus ou moins à elle-même, permet d'entrevoir l'évolution de la végétation sur les tufs les plus anciens. On doit d'abord noter qu'à Perrion comme à Courçay, les exurgences les plus élevées sont asséchées (phases de sécheresse ?, augmentation des captages ?). Sur les parois verticales de Courçay, les tufs formés par les anciennes sources tarées sont colonisés par *Anomodon viticulosus* et *Ceratodon purpureus* Brid. Dans l'ambiance forestière de Perrion, la Charmaie-Frénaie à Noyer et Erable sycomore, plus ou moins introgressée d'espèces rudérales ou nitrophiles comme le Robinier et le Sureau, gagne sur le sommet des tufs (fig. 1). Dans la zone humide du pied de versant, on rencontre l'Aulinaie-Frénaie. Il n'y a de recul forestier que localement, à proximité du niveau de base du fossé et de la route, avec des chablis assez nombreux sur ces pentes fortes. L'érosion attaque le tuf et les sols limoneux ou marneux, mais la richesse du milieu est telle, qu'une végétation pionnière, avec le Cornouiller sanguin, le Brachypode sylvestre et le Troène, colonise ces colluvions jusqu'à l'encoche laissée dans le versant par la chute de l'arbre. Il faut même parfois un oeil exercé pour reconnaître un ancien tuf sous l'humus forestier et le tapis d'*Eurhynchium praelongum* et *swartzii*.

Les perturbations liées aux anciens travaux ferroviaires, et au passage de l'actuelle route ne permettent pas une étude dynamique sur une très longue période.

BIBLIOGRAPHIE

- COUDERC, J.-M., 1968. - Les phénomènes d'hydrologie karstique de Touraine. *MORIS*, XV, n° 58, 227-251, 4 fig., 1 pl.h.t.
- DIERSSEN, K., 1973. - Die *Cratoneurum*-Gesellschaft einiger Quellbäche in den Bückbergen bei Bad Eilsen. *Mitteilungen der Floristisch-sociologischen Arbeitsgemeinschaft*. N.F. Heft 15/16, 22-27, II Tab.
- DUVIGNEAUD, J., 1970. - La végétation des tufs calcaires situés au pied du Franc Bois, à Fagnolle (Prov. de Namur, Belgique). *Bull. Soc. royale de Bot. de Belgique*, 103, 167-183, 4 fig.
- HEBBARD, J.-P., 1973. - *Etude des bryocoenoses du Sud-Est de la France et de leur contexte écologique*, Tome 1 : 422 p., Tome 2 : 57 tabl., fig. Thèse Sc. ronéot. Marseille.
- HUBSCHMANN, A. von., 1967. - Über die Moosgesellschaften und das Vorkommen der Moose in den übrigen Pflanzengesellschaften des Moseltales. *Schriftenreihe für Vegetationskunde*, 2, 63-121. Bad Godesberg.
- IMCHENETZKY, A., 1962. - Notes sur deux tufiers du Périgord méridional. Comptes rendus de la 88ème Session extraordinaire de la Soc. bot. de France en Périgord et Quercy. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, Paris, 109e année, 95-97.
- NEUMAYR, L., 1971. - Moosgesellschaften der südöstlichen Frankenalb und des Bayerischen Waldes-Hopped, *Denkschriften der Regensburger Botanischen Gesellschaft*, 29/I : 1-364, II : Tab. 1-100.
- NICOD, J., 1966. - Considérations sur les teneurs en carbonates de quelques sources karstiques de Basse-Provence *MORIS*, XIII, 315-329, 4 fig., 1 pl.
- PHILIPPI, G., 1975. - Quellflurgesellschaften der Allgäuer Alpen. *Beitr. naturkundlicher Forschung Südbest-Deutsch.*, 34, 259-287, 10 Tab. Karlsruhe.
- SYMONEIS, J.-J., 1957. - Les eaux douces de l'Ardenne et des régions voisines : les milieux et leur végétation algale. *Bull. Soc. Royale de Bot. de Belgique*, 89, III-314, 11 photo. 24 fig.
- WALTHER, K., 1942. - Die Moosflora der *Cratoneurum commutatum*-Gesellschaft in der Karawanken. *Hechtigra*, 81, 128-130.

RESUME :

Les auteurs mettent en évidence l'évolution spontanée d'une hydrosère dans les mardelles du Bassigny (Haute-Marne).

Ils décrivent les divers groupements aquatiques et semi-aquatiques responsables de l'atterrissement de ces mares de plateaux et signalent l'intérêt floristique de ces sites menacés de comblement artificiel.

SUMMARY :

The authors show the spontaneous evolution of hydrophilous communities of the "Mardelles" (cloods) in the Bassigny district (Haute-Marne, France).

They describe the various aquatic or semi-aquatic communities leading gradually to the sides of these marshes on Plateaux and notice the floristic interest of these sites which will be artificially filled up.

ZUSAMMENFASSUNG (1) :

Die Verfasser beleuchten die wild wachsende Entwicklung der Wasservegetation in den "Mardellen" der Landschaft Bassigny, um Langres (Département Haute-Marne, Frankreich).

Sie beschreiben die verschiedenen echten und halbachten Wasserpflanzen-Gesellschaften, welche dort die Aufschwemmung dieser Pfützen auf einem Plateau erzeugen. Sie weisen auf die floristischen Eigentümlichkeiten dieser Stellen, welche eine künstliche Aufschüttung bedroht.

(1) Traduction amablement effectuée par Monsieur RIMLINGER.