



**HAL**  
open science

# Les bryophytes comme indicateurs de qualité de l'eau. Promenade le long du Gave d'Aspe, du Gave d'Oloron et du Rio Aragón (Espagne)

Estelle Ricard, Corinne Parat, Frédéric Mora

## ► To cite this version:

Estelle Ricard, Corinne Parat, Frédéric Mora. Les bryophytes comme indicateurs de qualité de l'eau. Promenade le long du Gave d'Aspe, du Gave d'Oloron et du Rio Aragón (Espagne). IPREM. 2020, pp.27. hal-04197003

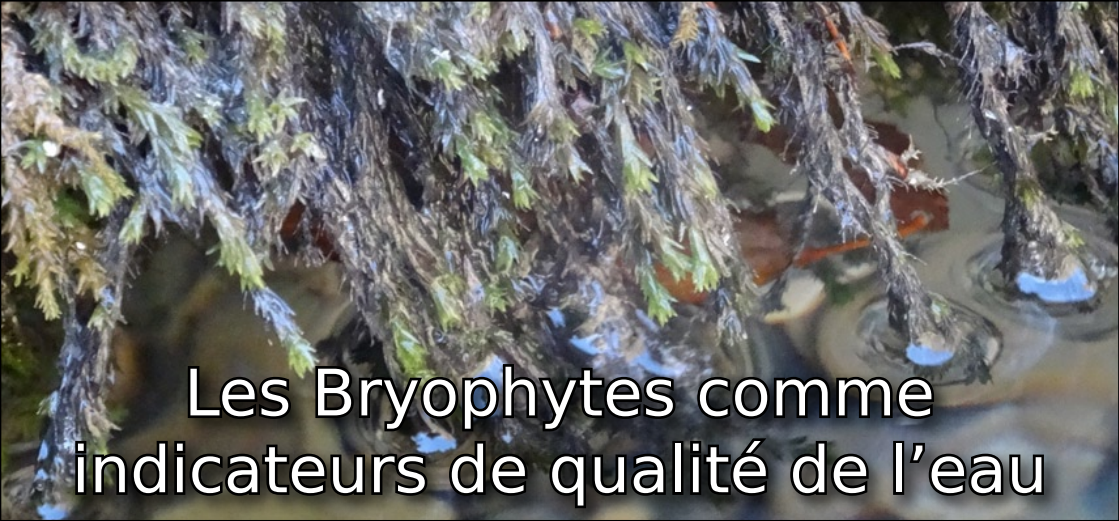
**HAL Id: hal-04197003**

**<https://hal.science/hal-04197003>**

Submitted on 5 Sep 2023

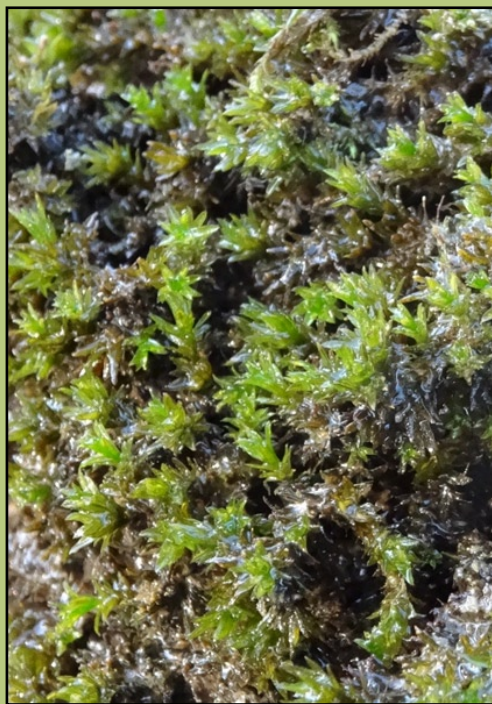
**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Les Bryophytes comme indicateurs de qualité de l'eau

*Promenade le long du Gave d'Aspe, du Gave d'Oloron et du Río Aragón (Espagne)*



## Auteurs

Estelle Ricard, Université de Pau et des Pays de l'Adour

Corinne Parat, Université de Pau et des Pays de l'Adour

Frédéric Mora, Biotope

## Remerciements



L'Agence de l'eau Adour-Garonne,



La Communauté d'Agglomération Pau Béarn Pyrénées.

## Présentation

Ce livret guide a été réalisé conjointement par l'Université de Pau et des Pays de l'Adour et Biotope.

Il propose de découvrir la richesse des communautés bryophytiques en lien avec les conditions environnementales du cours d'eau. Ainsi, au cours des 205 km que couvrent le gave d'Aspe, le gave d'Oloron (tronçon Oloron-Peyrehorade) et le río Aragón (de sa source au barrage de Yesa), 9 stations d'observations sont proposées.

## Crédit photographique

Couverture : *Cinclidotus riparius*, *Cinclidotus aquaticus*, *Cinclidotus fontinaloides* / pp. 6-7 / p.10 / Dernière de couverture : stations de prélèvement sur le Gave d'Aspe et le río Aragón © Estelle Ricard

p. 13 © Frédéric Mora / pp. 14-23 © Aquascop

## Introduction

Les bryophytes regroupent les mousses, les hépatiques\* et les sphaignes\*.

Les bryophytes sont présentes dans la plupart des milieux et parfois dans des conditions les plus extrêmes. Leurs intérêts dans les études de bio-monitoring (surveillance) environnemental viennent du fait qu'elles accumulent les métaux et les composés organiques présents dans leur environnement. Ainsi, elles permettent d'enregistrer une contamination sur un laps de temps plus long que l'analyse de l'eau, qui donne quant à elle, une évaluation de la concentration en métaux au moment du prélèvement.

Le projet PYCALAB, missionné par l'Agence de l'eau Adour-Garonne, propose de mettre en relation l'observation des communautés bryophytiques et de différents paramètres physico-chimiques facilement mesurables sur site. Ces observations doivent permettre de dresser un diagnostic rapide de l'état écologique et chimique du cours d'eau.

Ce livret guide, présente dans un premier temps les différents paramètres physico-chimiques facilement mesurables sur site ainsi que les résultats d'analyses effectuées. Viennent ensuite des fiches synthétiques permettant de différencier les différentes bryophytes présentes sur les cours d'eau étudiés, et enfin la relation qui existe entre les communautés bryophytiques et les conditions environnementales.

## Sommaire

Localisation des stations d'observation.....	4
Présentation des paramètres physico-chimiques mesurés sur les stations d'observation.....	6
Compositions physico-chimiques caractéristiques du gave d'Aspe, gave d'Oloron et du río Aragón.....	9
Présentation des paramètres physico-chimiques mesurés dans les eaux de rivières.....	10
Minéralisation caractéristique du gave d'Aspe, gave d'Oloron et du río Aragón.....	11
Présentation des bryophytes aquatiques du gave d'Aspe, du gave d'Oloron et du río Aragón.....	12
Clef simplifiée pour la détermination des espèces étudiées sur le gave d'Aspe, le gave d'Oloron et le río Aragón.....	13
Fiches descriptives de chaque espèce rencontrée.....	16
Minéralisation caractéristique des bryophytes du gave d'Aspe, gave d'Oloron et du río Aragón.....	23
Conclusion.....	26
Lexique.....	27

\* : Les mots suivis d'une astérisque se retrouvent dans le lexique en fin d'ouvrage



## Localisation des stations d'observation

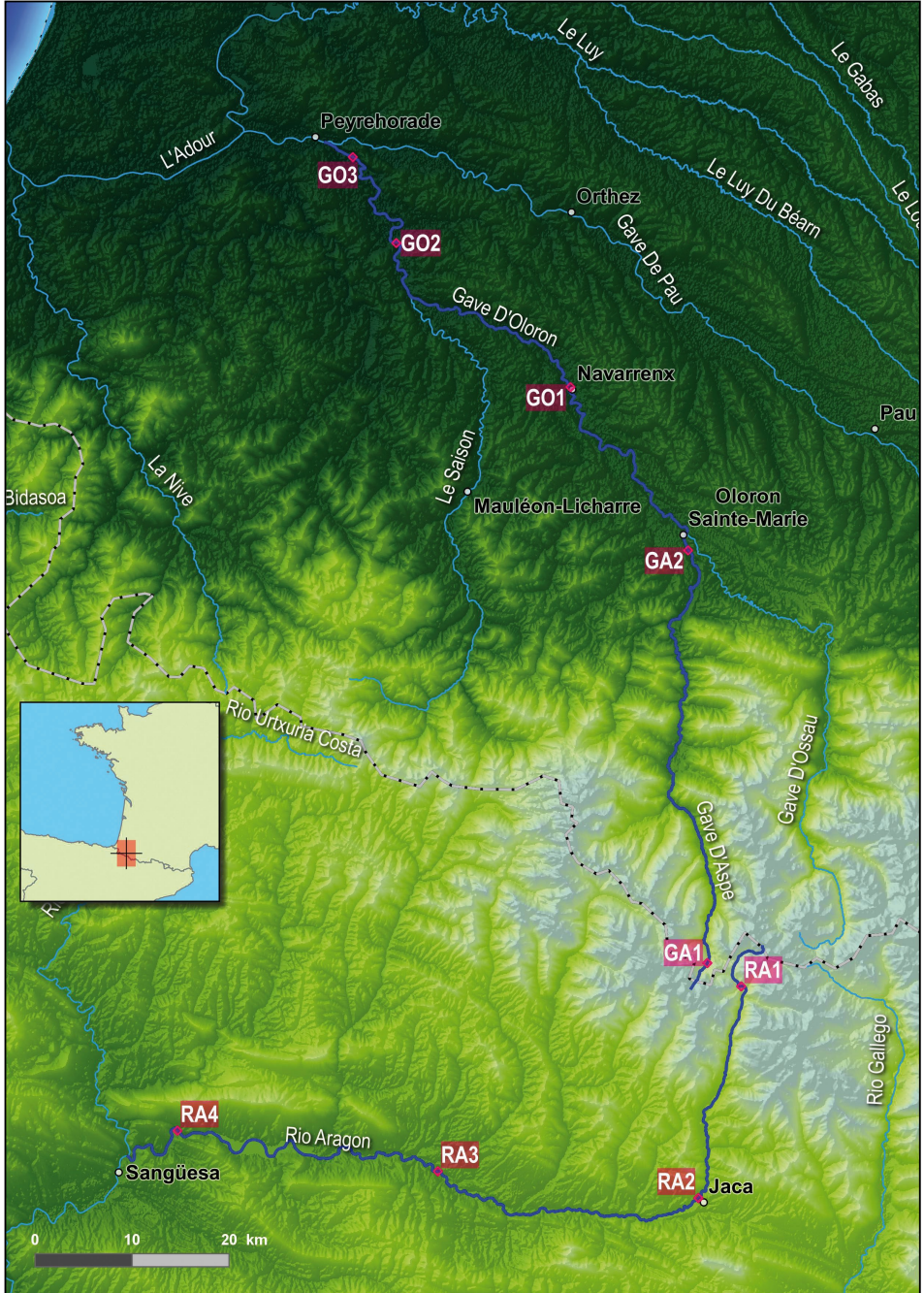
Les stations sont réparties le long du gave d'Aspe et du gave d'Oloron (entre Oloron-Sainte-Marie et Peyrehorade) en France et le long du río Aragón (depuis le col du Somport jusqu'au barrage de Yesa) en Espagne.

Les stations d'observations sont choisies pour répondre à différents paramètres tels qu'un régime hydrologique permanent, une quantité suffisante de biomasse végétale et un accès possible en automobile à proximité des rives. Cinq stations sont situées en France et quatre en Espagne (carte 1). Leur caractérisation est présentée dans le tableau ci-dessous.

### Localisation des stations sur le gave d'Aspe (France), le gave d'Oloron (France) et le río Aragón (Espagne).

Lieu	Station	Cordonnées (latitude, longitude)	Altitude (m)
<b>France</b>			
Sansanet	GA 1	42.80, -0.56	1316
Bidos	GA 2	43.18, -0.60	220
Navarrenx	GO 1	43.32, -0.76	105
Castagnède	GO 2	43.45, -0.99	28
Sorde l'Abbaye	GO 4	43.53, -1.06	10
<b>Espagne</b>			
Canal Roya	RA 1	42.80, -0.53	1360
Jaca	RA 2	42.58, -0.55	771
Berdún	RA 3	45.59, -0.88	544
Yesa	RA 4	42.62, -1.21	423

Carte 1 : Répartition des stations d'observation.

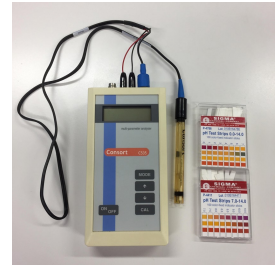
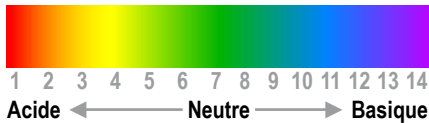


# Présentation des paramètres physico-chimiques mesurés sur les stations d'observation

## Mesure du pH

### Signification environnementale

Le pH est une mesure de la concentration des ions hydrogène en solution. Il se mesure sur une échelle de 0 à 14, selon l'échelle suivante :



Dans les eaux naturelles peu soumises aux activités humaines, le pH dépend de l'origine des eaux et de la nature géologique du sous sol.

### Méthode d'analyse

Mesure du pH :

- par une méthode potentiométrique en mesurant la différence de potentiel entre une électrode de verre et une électrode de référence
- par papier pH, un papier contenant un indicateur universel.

**Variation du pH mesuré sur les stations :**

7,3 ◀▶ 8,5

## Conductivité

### Signification environnementale

La conductivité d'un milieu est définie comme la puissance à conduire ou transmettre la chaleur, l'électricité, ou le bruit. Elle augmente lorsque la concentration des ions dans la solution augmente. La conductivité permet donc d'évaluer rapidement et approximativement la minéralisation globale de l'eau.

### Méthode d'analyse

La mesure de conductivité (Siemens par mètre [S/m]) est réalisée en mesurant la conductance d'une eau entre 2 électrodes métalliques. Elle est l'inverse de la résistivité électrique. Sa variabilité dans les eaux naturelles est comprise entre 50 et 1 500  $\mu\text{S/cm}$ .



**Variation de la conductivité mesurée sur les stations :**

100  $\mu\text{S/cm}$  ◀▶ 300  $\mu\text{S/cm}$

## *Oxygène dissous*

### Signification environnementale

L'oxygène dissous est la quantité de dioxygène ( $O_2$ ) gazeux dissous dans l'eau. Paramètre indispensable car il intervient dans la plupart des processus biologiques qui permettent la vie. La quantité de dioxygène dissous varie avec la température de l'eau (eau douce ou eau salée) : plus la température est élevée, moins l'oxygène dissous est disponible. Des concentrations inférieures à 5 mg/L peuvent causer un stress sur la vie aquatique.



### Méthode d'analyse

La mesure du dioxygène dissous se fait à l'aide d'un capteur d'oxygène associé à une sonde multiparamètres. La concentration (mg/L) et la saturation (%) en dioxygène dissous peuvent être mesurées simultanément.

**Variation de l'oxygène dissous mesurée sur les stations :**  
8 mg/L ◀▶ 13 mg/L

## *Les nitrates*

### Signification environnementale

L'azote minéral (ammoniaque  $NH_4$ , nitrates  $NO_3$ , nitrites  $NO_2$ ), constitue la majeure partie de l'azote total présent dans les eaux de rivière. Le suivi des nitrates est classiquement réalisé afin d'étudier l'état écologique d'une masse d'eau. En effet, la présence de concentration importante de nitrates peut être à l'origine des phénomènes d'eutrophisation\*.

Ces principales sources sont les effluents industriels et municipaux, le lessivage des terres agricoles et dans certains cas les rejets après épuration des eaux usées urbaines et industrielles.

### Méthode d'analyse

Les nitrates sont mesurés directement sur les stations d'observation par spectrophotométrie et en laboratoire par chromatographie ionique\*. La limite de qualité des eaux de rivière destinées à la production d'eau de consommation est fixée à 50 mg/L par décret.

**Variation de la concentration en nitrates mesurée sur les stations :**  
0,4 mg/L ◀▶ 4,8 mg/L

## *Les sulfates*

### **Signification environnementale**

Les sulfates sont naturellement présents dans les eaux de rivière. Les concentrations naturelles sont liées à la géologie du bassin hydraulique. Comme pour les nitrates, le suivi des sulfates est classiquement réalisé afin d'étudier l'état écologique d'une masse d'eau.

Les principales sources de contamination en sulfates sont les effluents industriels et municipaux, le lessivage des terres agricoles et dans certains cas les rejets après épuration des eaux usées urbaines et industrielles.

### **Méthode d'analyse**

Les sulfates sont mesurés directement sur les stations d'observation par spectrophotométrie et en laboratoire par chromatographie ionique\*. L'Organisation Mondiale de la Santé suggère un maximum de 250 mg/L en sulfates dans l'eau destinée à la consommation humaine.

### **Variation de la concentration en sulfates mesurée sur les stations :**

2 mg/L ◀▶ 40 mg/L



## Compositions physico-chimiques caractéristiques du gave d'Aspe, gave d'Oloron et du río Aragón

	gave d'Aspe (France)	gave d'Oloron (France)	río Aragón (Espagne)
<b>Paramètres physiques</b>			
Température (°C)	7 – 14	11,6 – 20,6	7 – 24,4
pH	7,63 – 8,22	8 – 8,38	7,26 – 8,52
Conductivité (µS/cm)	108 – 244	206 – 302	144 – 423
<b>Composition chimique (mg/L)</b>			
Nitrates (NO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> )	0,4 – 3,1	1,6 – 3,3	0,4 – 4,8
Sulfates (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	2,2 – 40,6	9,1 – 28,9	3 – 20,8
Phosphates (PO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Chlorures (Cl <sup>-</sup> )	1,4	8,8	9

Les mesures des principaux paramètres physico-chimiques dans les eaux de rivières effectuées entre juillet 2018 et mai 2019, présentent des valeurs classiquement mesurées dans ces cours d'eau. Aucune contamination n'ayant été enregistrée, les masses d'eau correspondent donc à un état écologique bon à très bon, suivant les critères définis par la directive cadre sur l'eau.

## Présentation des paramètres physico-chimiques mesurés dans les eaux de rivières

Les paramètres physico-chimiques mesurés concernent les concentrations en éléments majeurs (calcium, magnésium, potassium, et sodium) et en éléments traces métalliques (aluminium, chrome, manganèse, fer, nickel, cuivre, zinc, cadmium, et plomb). Leur suivi a été effectué par l'IPREM (Institut des Sciences Analytiques et de Physico-Chimie pour l'Environnement et les Matériaux), laboratoire mixte du CNRS et de l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.

Si l'analyse des éléments traces métalliques nécessite l'utilisation d'appareils ne pouvant être déplacés sur site (appareil de volume important), les teneurs en calcium et magnésium peuvent être directement mesurées sur site par spectrophotométrie. La mesure sur site permet de limiter le transport d'un échantillon et de sa contamination.

La spectrophotométrie est une méthode d'analyse basée sur la capacité d'une substance chimique en solution à absorber la lumière qui la traverse, l'absorbance étant proportionnelle à la concentration de la substance chimique en solution. La spectrométrie permet d'avoir un résultat rapide (10 min environ) des teneurs sur les éléments d'intérêt (photo ci-dessous).

La spectrophotométrie permet aussi la quantification des nitrates ( $\text{NO}_3^{2-}$ ) et des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) directement sur site.



**Spectrophotomètre de terrain et tubes avec réactifs pour la quantification du calcium (Ca), du magnésium (Mg), du potassium (K), des nitrates ( $\text{NO}_3^{2-}$ ), des sulfates ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) et des phosphates ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) directement sur site.**

## Minéralisation caractéristique du gave d'Aspe, du gave d'Oloron et du río Aragón

	Recommanda- tion OMS	Gave d'Aspe (France)	Gave d'Oloron (France)	Río Aragón (Espagne)
<b>Éléments majeurs (mg/L)</b>				
Calcium (Ca)	270	24,9-64,1	33,6-65,5	15,2-58,2
Magnésium (Mg)	50	1,8-6	2,3-5	1,7-7,9
Potassium (K)	nd	0,1-0,5	0,1-1	0,1-1,1
Sodium (Na)	150	0,2-2,5	1,2-7,1	0,2-12
<b>Éléments traces métalliques (µg/L)</b>				
Aluminium (Al)	200	1,5-10,3	2,4-14,3	6-15,3
Chrome (Cr)	50	< 0,04	0,15-0,019	< 0,04
Manganèse (Mn)	50	0,43-0,95	0,45-2,69	0,2-1,24
Nickel (Ni)	20	0,23-0,44	0,21-0,58	0,25-0,63
Fer (Fe)	200	0,7-23,4	3,2-15,9	2,2-16,9
Cuivre (Cu)	2 mg/l	0,4-2,2	0,53-0,66	0,61-1,34
Zinc (Zn)	5000	3,8-22,2	1-6,5	1,4-10,2
Cadmium (Cd)	3	< 0,03	< 0,03	< 0,03
Plomb (Pb)	10	< 0,08	< 0,08	0,17-0,20

OMS : Organisation Mondiale de la Santé / nd : non défini

Comme pour le suivi des principaux paramètres physico-chimiques, les mesures des éléments traces métalliques dans les eaux de rivières effectuées entre juillet 2018 et mai 2019, présentent des valeurs classiquement mesurées dans ces cours d'eau. Aucune contamination n'ayant été enregistrée, les masses d'eau correspondent donc à un état écologique bon à très bon, suivant les critères définis par la directive cadre sur l'eau.

## Présentation des bryophytes aquatiques du gave d'Aspe, du gave d'Oloron et du río Aragón



### *Une bryophyte c'est quoi ?*

Les bryophytes sont des végétaux de petite taille (quelques centimètres). Elles se répartissent en trois divisions : les anthocérotes, les hépatiques\* et les mousses qui regroupent environ 20 000 espèces dans le monde, dont environ 800 espèces de mousses en France.

Les bryophytes sont des végétaux photosynthétiques dépendants de l'eau pour leur reproduction. Elles produisent donc les nutriments nécessaires à leur croissance à partir de l'énergie solaire, de l'eau, des sels minéraux et du dioxyde de carbone. Elles sont dépourvues de racines, sont dotées de rhizoïdes qui les fixent au substrat mais n'absorbent pas l'eau du sol. Le plus souvent de couleur verte, elles peuvent aussi être jaunes, brunes dorées ou noires.

De nombreuses bryophytes ont une capacité de reviviscence : elles entrent dans une vie latente sous l'effet de la dessiccation, pour reprendre leur développement après une pluie ou un écoulement d'eau.

### *Où trouver des bryophytes ?*

Du fait de leurs exigences écologiques variées (lumière, humidité, nature du substrat...), les bryophytes se sont adaptées à une grande diversité d'habitats. Parmi les plus fréquentés, les pelouses, les landes montagnardes, les forêts, les affleurements rocheux, les sources, les tourbières, les berges des ruisseaux, les dunes grises littorales et les surfaces artificialisées (murs, toits, allées piétonnes) constituent des habitats riches en bryophytes.

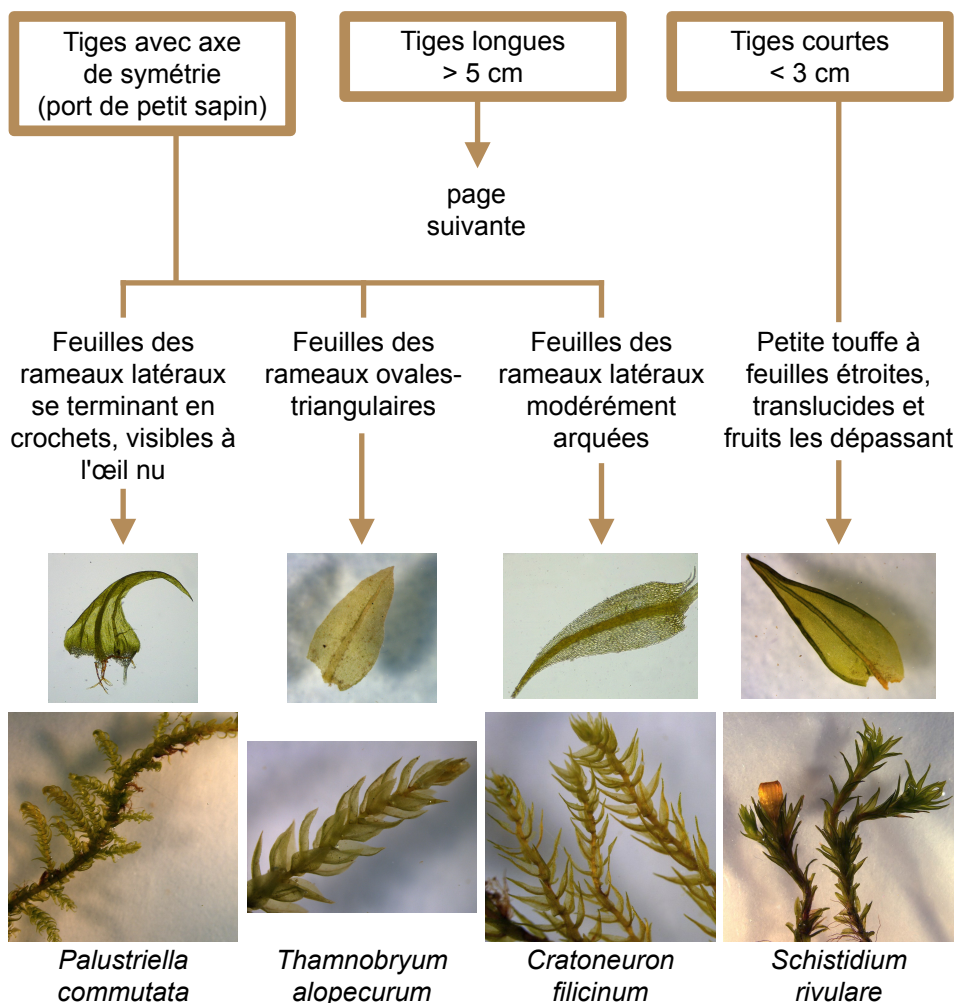
Nettement inféodées aux substrats pierreux, les bryophytes aquatiques se rencontrent surtout sur les rivières à truites et les nombreux petits ruisseaux en tête de bassin. Les berges ombragées et les systèmes racinaires des aulnes hébergent un grand nombre d'hépatiques. Sur les parties aval des cours d'eau à lit plus large et à courant plus lent, les bryophytes aquatiques recherchent les ouvrages artificiels, en particulier les seuils.

# Clef simplifiée pour la détermination des espèces étudiées sur le gawe d'Aspe, le gawe d'Oloron et le río Aragón

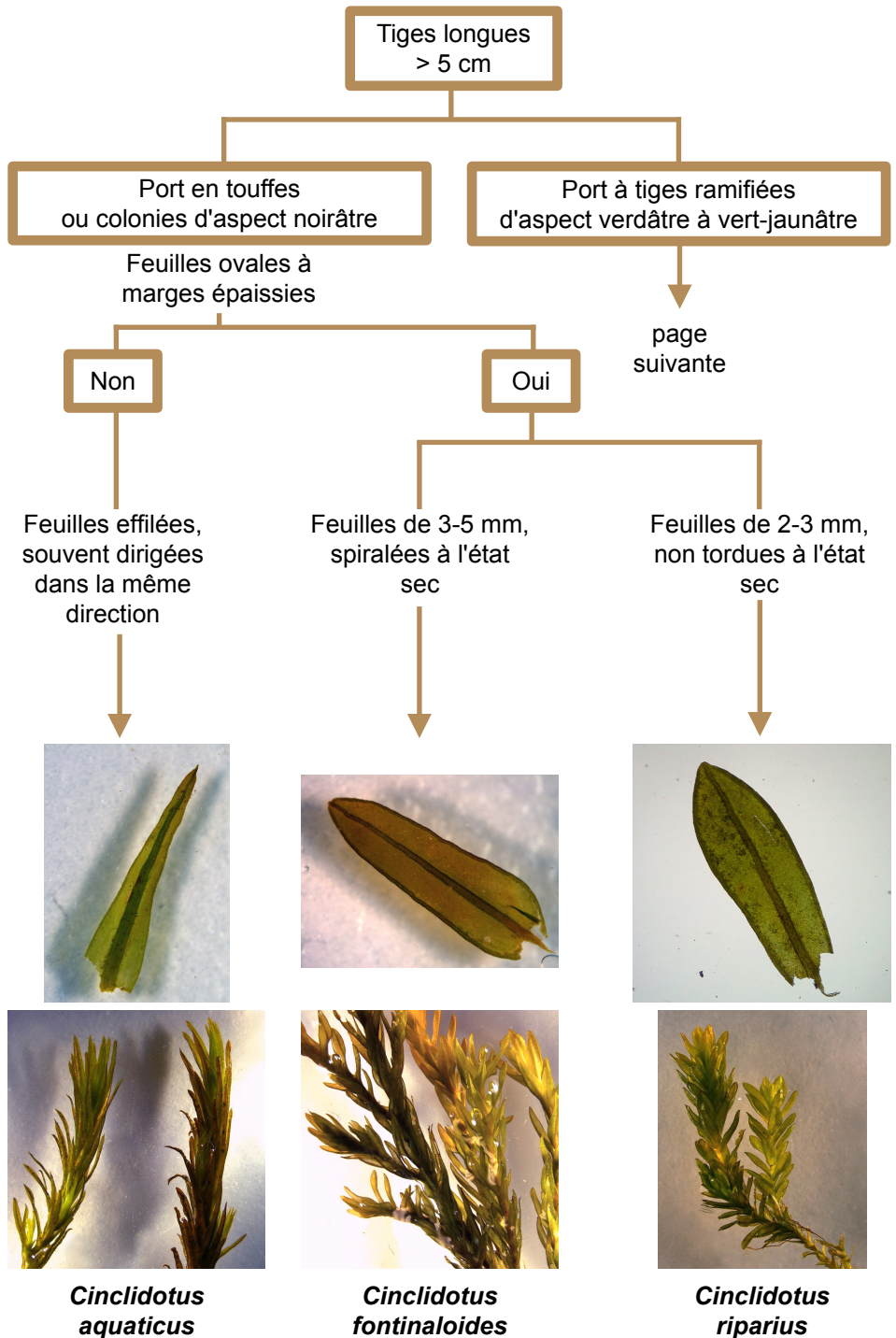
La clef simplifiée présentée dans ce livret est valable uniquement pour la détermination des espèces étudiées sur le gawe d'Aspe, le gawe d'Oloron et du río Aragón. La détermination des espèces se base sur une observation générale et simplifiée des bryophytes.

Elle ne remplace pas une identification effectuée par un écologue.

Les espèces les plus souvent rencontrées sont **en gras**.







Port à tiges ramifiées d'aspect verdâtre à vert-jaunâtre

Feuilles pliées longitudinalement

Oui

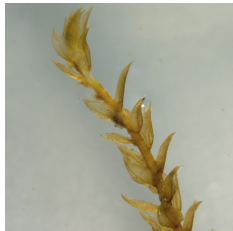
Non

Feuilles grandes, pliées, disposées sur trois rangs

Feuilles petites (1-1,2 mm), arquées et orientées dans la même direction

Feuilles de taille moyenne (1,5-2 mm), largement ovales à courte pointe, vert brillant à noirâtre

Feuilles grandes (2-3 mm) triangulaires à triangulaires-ovales, à pointe aiguë, vertes à reflets dorés



***Fontinalis antipyretica***

***Hygrohypnum luridum***

***Rhynchostegium riparioides***

***Brachythecium rivulare***

## Fiches descriptives de chaque espèce rencontrée

### *Remarques importantes :*

Les bryophytes font partie d'un biotope fragile à protéger. Leur récolte est donc fortement déconseillée.

La station GA 1 (Parking du Sansanet) étant située dans le Parc National des Pyrénées, tout prélèvement est interdit.

Les fiches de ce livret, présentent les espèces les plus répandues dans la zone d'étude. Pour chaque espèce, le nombre d'étoiles indique la rareté de l'espèce selon le code suivant :

★ : rare

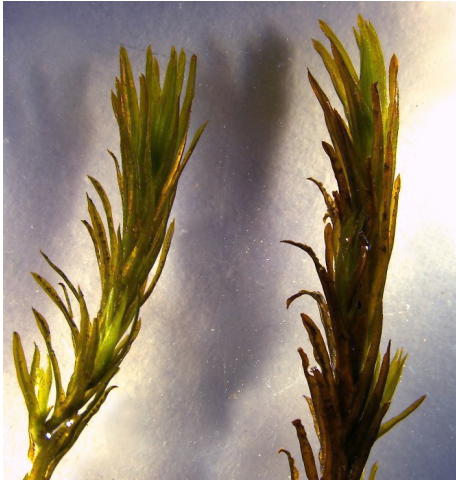
★ ★ : assez commun

★ ★ ★ : commun

Chaque fiche descriptive comporte un tableau synthétique avec une description générale, la couleur et la taille caractéristique de l'espèce, la forme de la feuille et la caractéristique du milieu de croissance.

Les mots suivis d'une astérisque (\*) se retrouvent dans le lexique en fin d'ouvrage.

# *Cinclidotus aquaticus*



Description générale

Mousse robuste formant des colonies denses d'aspect noirâtre

Couleur

Vert foncé à vert noirâtre, jeunes pousses plus claires

Taille

Rameaux jusqu'à 8 cm

Forme de la feuille

Feuilles en forme d'alêne\*, très effilées, raides et souvent courbées en faux

Caractéristiques du milieu de croissance

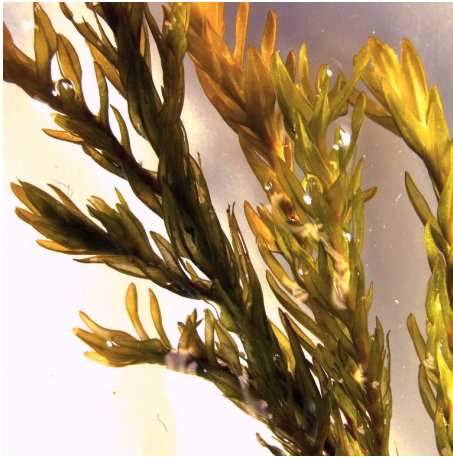
Espèce des eaux courantes rapides, carbonatées, riches en oxygène, pauvres à moyennement riches en nutriments.

Croît sur des substrats durs (roches, seuils..) et ensoleillés

Présence sur station

GO 2, GO 3

# *Cinclidotus fontinaloides*



Description générale	Mousse robuste, en touffes lâches
Couleur	Vert foncé à vert noirâtre, jeunes pousses plus claires
Taille	6 à 12 cm
Forme de la feuille	Feuilles oblongues*, à extrémité plus ou moins aiguë. Plus grande largeur de la feuille située entre le quart et le tiers inférieur de la feuille
Caractéristiques du milieu de croissance	<p>Espèce des eaux courantes rapides, alcalines, pauvres à riches en nutriments.</p> <p>Espèce supportant bien la dessiccation (elle pousse surtout entre le niveau d'étiage et le niveau des hautes eaux).</p> <p>Croît sur des substrats durs (roches, pierres, racines...), de préférence ensoleillés.</p>
Présence sur station	GA 1, GO 1, GO 3, RA 1, RA 2, RA 3 et RA 4



# *Cinclidotus riparius*



Description générale

Mousse robuste, qui pousse en touffes assez courtes

Couleur

Vert foncé à vert noirâtre, jeunes pousses plus claires

Taille

2 à 5 cm

Forme de la feuille

Feuilles oblongues\*, à extrémité plus ou moins arrondie à obtuse. Plus grande largeur située vers la moitié du limbe\*.

Caractéristiques du milieu de croissance

Espèce des eaux courantes rapides, carbonatées fraîches et oxygénées, pauvres à moyennement riches en nutriments.

Préfère les stations longuement immergées, mais tolère la dessiccation.

Croît sur des substrats durs (roches, seuils...), éclairés ou ombragés

Présence sur station

GA 2, GO 1, GO 4, RA 2, RA 3 et RA 4

# Fontinalis antipyretica



Description générale

Grande mousse, formant de longues touffes orientées selon le courant, à tiges pouvant mesurer plusieurs décimètres de long

Couleur

Vert franc à vert foncé

Taille

De 20 à 40 cm en moyenne

Forme de la feuille

Feuilles rigides, assez grandes (4-5 mm), pliées dans le sens de la longueur (carénées), pointues. Feuilles régulièrement disposées sur 3 rangs.

Caractéristiques du milieu de croissance

Espèce des eaux carbonatées à acides, pauvres à riches en nutriments.

Espèce des eaux courantes lentes ou en situation abritée au niveau de faciès d'eaux courantes rapides.

Croît sur des substrats durs (roches, pierres, racines...), de préférence ensoleillés

Présence sur station

GA 2 et RA 1

# *Hygrohypnum luridum*



(en milieu montagneux)



Description générale

Plante assez fluette et molle, à tiges principales rampantes, à rameaux souvent crochus

Couleur

Vert ou jaunâtre

Taille

3 à 8 cm

Forme de la feuille

Feuilles petites (environ 1 mm), oblongues\*, concaves, à extrémité aiguë, souvent orientées dans la même direction

Caractéristiques du milieu de croissance

Espèce des eaux neutres à carbonatées, fraîches et oxygénées, pauvres à moyennement riches en nutriments.

De préférence sur les blocs et rochers aspergés durant les périodes de hautes et moyennes eaux.

Croît dans des zones de préférence ensoleillées, mais pouvant être ombragées

Présence sur station

GA 1, GO 4, RA 1, RA 2 et RA 3

# *Rhynchostegium riparioides*



Description générale

Mousse de taille moyenne, assez robuste, pouvant former des moquettes denses

Couleur

Vert clair à foncé ou olivâtre

Taille

4 à 10 cm

Forme de la feuille

Feuilles de taille moyenne (environ 2 mm), ovales, plates ou un peu concaves, à courte pointe obtuse ou aiguë émoussée

Caractéristiques du milieu de croissance

Espèce des eaux courantes de préférence rapides, carbonatées à acides, pauvres à riches en nutriments.

Croît dans des zones immergées en permanence ou entre la zone de balancement entre les moyennes ou hautes eaux. Se développe sur des substrats divers : blocs aspergés, galets du lit vif, racines sur berges...

Stations ensoleillées ou ombragées

Présence sur station

GA 1, GO1, GO4, RA 1, RA2 et RA 3

## Minéralisation caractéristique des bryophytes du gave d'Aspe, gave d'Oloron et du río Aragón

Le suivi des concentrations en éléments majeurs (calcium, magnésium, potassium, sodium, aluminium et fer) et les éléments traces métalliques (chrome, manganèse, nickel, cuivre, zinc, cadmium et plomb), dans les échantillons de bryophytes récoltés au cours des 3 missions réalisées entre juillet 2018 et mai 2019, a été effectué à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour.

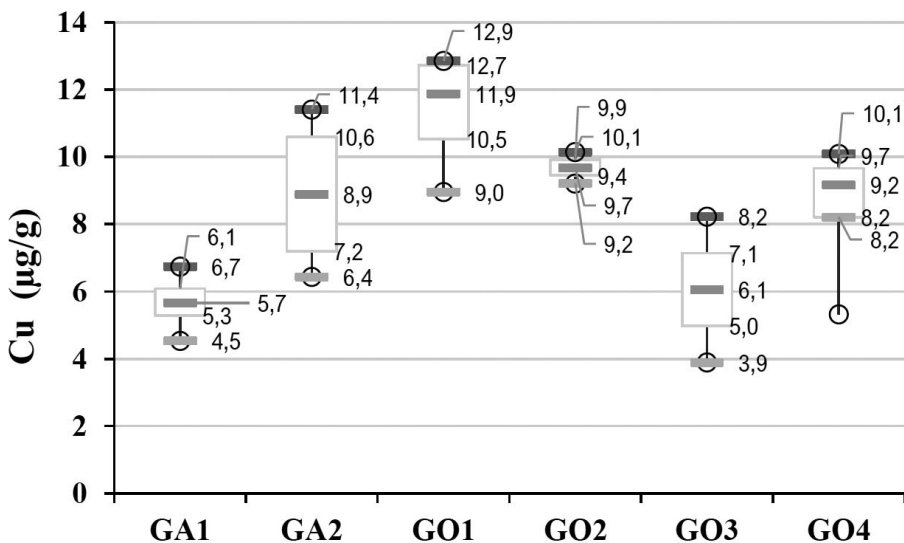
Les concentrations obtenues ne présentent pas de valeurs dépassant le seuil 1 de référence des cours d'eau (tableau ci-dessous), classant ainsi les cours d'eau étudiés parmi les rivières en bon état écologique. Un comportement récurrent et caractéristique de certains éléments traces métalliques, dans les cours d'eau français et espagnol, a cependant été observé.

Métaux	Classe 1	Seuil 1	Classe 2	Seuil 2	Classe 3	Seuil 3	Classe 4	Seuil 4	Classe 5
Arsenic (As)	Gamme de référence	4,5	Gamme de sécurité	9	Pollution certaine	27	Pollution forte	54	Pollution très forte
Cadmium (Cd)		1,2		2,5		7		14	
Chrome (Cr)		11		22		65		130	
Cuivre (Cu)		33		66		200		400	
Mercure (Hg)		0,15		0,3		0,85		1,7	
Nickel (Ni)		22		45		135		270	
Plomb (Pb)		27		55		165		330	
Zinc (Zn)		175		350		1 050		2 100	

Concentration en µg/g de poids sec



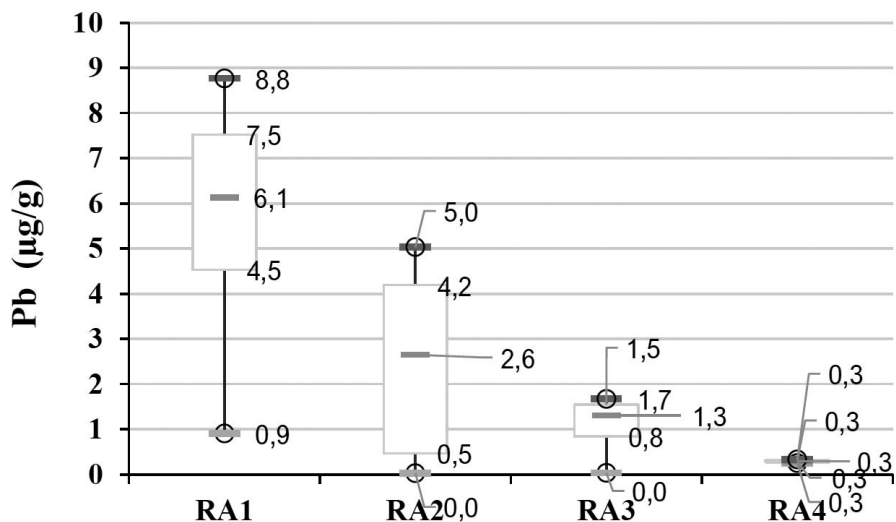
*Comportement de l'aluminium, du fer, du chrome, du cuivre, du nickel, du zinc dans les gaves d'Aspe et d'Oloron.*



**Evolution de la concentration en cuivre ( $\mu\text{g/g}$  de matière sèche) en fonction des stations. Les autres métaux suivent une évolution similaire.**

Le schéma évolutif observé est le suivant : augmentation des concentrations depuis la station GA1 (Sansanet) jusqu'à la station GO1 (Navarrenx), suivi d'une diminution des concentrations à la station GO2. Cette évolution est liée à la confluence du Saison avec le gave d'Oloron qui provoque un effet de dilution. L'augmentation des concentrations est liée à un enrichissement naturel des masses d'eau. Un comportement similaire de l'évolution des concentrations pour ces éléments est observé sur les trois périodes de prélèvement (été 2018, automne 2018 et printemps 2019).

## Comportement du cuivre et du plomb dans le río Aragón.



Evolution de la concentration en plomb (en µg/g de matière sèche) le long des stations du río Aragón. Le cuivre suit une évolution similaire.

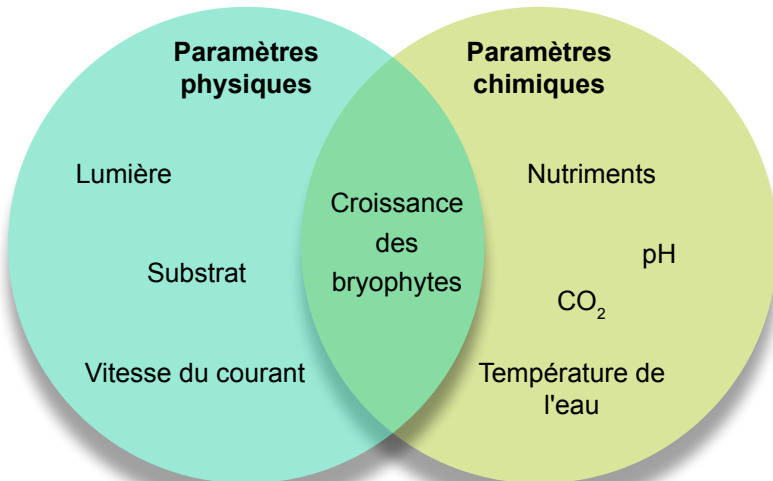
Les concentrations en cuivre et en plomb diminuent depuis la station RA1 (Canal Roya) jusqu'à la station RA4 (Yelsa). L'évolution du cuivre et du plomb dans le río Aragón est liée à la présence de sols riches en cuivre dans les parties amont du fleuve (vestiges d'anciens complexes industriels à la station RA1 qui remontent au XVI<sup>ème</sup> siècle, pour l'exploitation de l'argent, puis du cuivre et du fer). Un comportement similaire de l'évolution des concentrations est observé sur les trois périodes de prélèvement (été 2018, automne 2018 et printemps 2019).

## Conclusion

Le suivi de différents paramètres physico-chimiques et des pesticides dans le gave d'Aspe, le gave d'Oloron et le río Aragón, montre une bonne qualité des cours d'eau.

Le suivi des concentrations en éléments majeurs (calcium, magnésium, potassium, sodium, aluminium et fer) et les éléments traces métalliques (chrome, manganèse, nickel, cuivre, zinc, cadmium, et plomb), dans les bryophytes a montré un comportement récurrent et caractéristique de certains éléments traces métalliques, dans les cours d'eau français et espagnol. Les concentrations mesurées restent toutefois dans le seuil de bonne qualité des cours d'eau.

Au vu des résultats obtenus, il est difficile de conclure sur l'utilisation seule des herbiers bryophytes pour un diagnostic rapide de l'état des cours d'eau, cependant, le lien entre la présence des bryophytes et des conditions environnementales peut être résumé par le diagramme suivant :



# Lexique

**Chromatographie ionique** : Technique analytique pour la détermination et la quantification des ions dans une solution.

**Eutrophisation** : Prolifération importante des algues liée à une présence de matières nutritives importante.

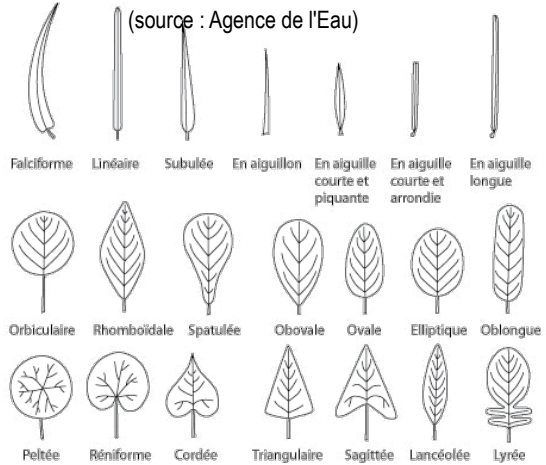
**Forme d'alène** : de forme allongée et effilée.

**Hépatiques** : Végétaux qui constituent l'une des classes de l'embranchement des Bryophytes.

**Limbe** : Partie de la feuille des bryophytes, excluant la nervure et la marge, généralement unistratifiée.

**Sphaignes** : Plante vivace, cryptogame, de la famille des Bryophytes.

## Forme des feuilles :



## Pour aller plus loin

### Etudes environnementales :

Gecheva et al., 2014 : Water pollutant monitoring with aquatic bryophytes : a review.

Ah-peng, 2004 : Bryophytes aquatiques bioaccumulateurs de polluants et indicateurs écophysologiques de stress : synthèse bibliographique

### Guide :

Agences de l'eau, Etudes Inter-Agences n° 55

Directive cadre sur l'eau : <https://www.eaufrance.fr/les-principaux-textes-en-vigueur>

### Sites internet :

<http://bryophytes-de-france.org>

<https://substances.ineris.fr>

Enfin, toutes les données relatives à cette étude ont été communiquées à l'Agence de l'eau Adour-Garonne.

