

Végétation aquatique

Contexte hydrogéologique	Echelle d'espace			Échelle de temps		Niveau informations nécessaires	Coûts (€)		Coûts (temps)	
	Description des données	Seuil d'interprétation	Aire d'interprétation	Pas de temps Résultats	Pas de temps Données		Terrain	Bureau Labo	Terrain	Bureau Labo
										
Nappes libres	Transects 2m x 50m	0,1 à 2km	Tronçon de cours d'eau voire masse d'eau	Intégration annuelle	Instantané	Moyen	Moyen	Faible	Moyen	Faible

Description rapide

Les macrophytes aquatiques désignent les grands végétaux aquatiques (bryophytes, ptéridophytes et angiospermes) et les algues macroscopiques et filamenteuses (Characées), visibles et identifiables à l'œil nu. Ils peuvent être utilisés comme des bioindicateurs, c'est-à-dire « comme des organismes qui, par référence à des variables biochimiques, cytologiques, physiologiques, éthologiques ou écologiques, permettent, de façon pratique et sûre, de caractériser l'état d'un écosystème et de mettre en évidence leurs modifications » (Blandin, 1986). Un apport de nappe vers une rivière modifie les conditions de température, d'oxydation du sédiment et de richesse en éléments nutritifs favorisant ainsi certaines espèces végétales aquatiques par rapport à d'autres.

La méthode fondée sur la végétation aquatique est adaptée pour réaliser la caractérisation rapide des échanges nappe/rivière à l'échelle de la plaine alluviale à l'aide de relevés floristiques associés aux exigences écologiques des espèces. La méthode permet de caractériser les échanges entre les milieux aquatiques de surface (stagnants ou courants) et les nappes et d'identifier l'origine des apports (de la rivière ou de la nappe de versant) dans les cas où les qualités des eaux sont tranchées.

Principe de caractérisation des échanges

La caractérisation des échanges nappe/rivière à l'aide des macrophytes s'appuie sur le diagnostic du fonctionnement des zones humides et cours d'eau de la plaine alluviale et repose sur les exigences écologiques des espèces végétales aquatiques collectées dans ces milieux (figure 26 page suivante). Les groupements végétaux présents peuvent être associés au degré de trophie, c'est-à-dire au niveau de ressources disponibles des écosystèmes et à l'existence d'apports d'eau souterraine.

Le degré de trophie d'un milieu joue un rôle primordial sur la structure et la dynamique des communautés végétales en conditionnant directement leur composition. Pour des niveaux de ressources élevés, les espèces de grande taille et à croissance rapide sont généralement les plus compétitives, et tendent à dominer les peuplements. Lorsque le

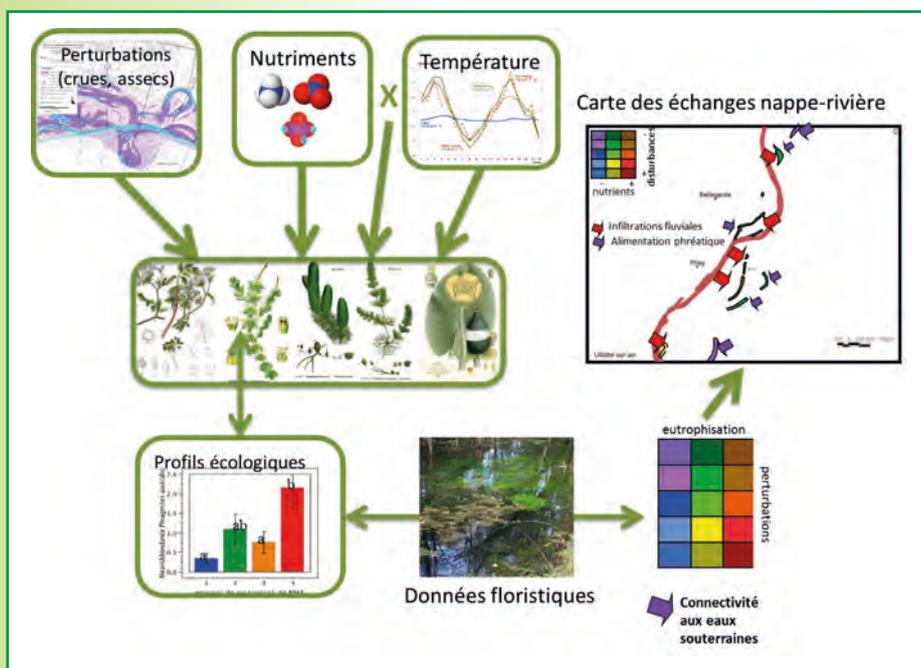


Figure 26. Schéma de principe du diagnostic fondé sur la végétation aquatique.

niveau de ressources est faible, les espèces capables de supporter ce stress (croissance lente, conservation des ressources, taille plutôt faible) sont majoritaires. Par conséquent, les espèces aquatiques ne sont pas distribuées de manière aléatoire dans les écosystèmes et l'on peut associer la plupart des espèces à des niveaux de ressources donnés.

Les apports d'eaux souterraines agissent souvent sur la qualité de l'eau dans la zone humide, et de ce fait contribuent à l'organisation des communautés végétales. Si les eaux souterraines sont pauvres en nutriments, elles peuvent maintenir des conditions oligotrophes (pauvres en éléments nutritifs) dans le milieu aquatique. De surcroît, parce qu'elles sont sténothermes (sujettes à de faibles variations de température), les eaux de nappe maintiennent des températures plus froides en été dans la zone humide, limitant la production végétale et notamment la prolifération algale. Elles contribuent aussi à limiter les phénomènes d'anoxie grâce au renouvellement des eaux engendré par le renouvellement permanent de l'eau interstitielle par les apports de la nappe.

■ Protocole de mesure des échanges

La méthode basée sur la reconnaissance des communautés végétales permet un diagnostic rapide et peu coûteux (tableau 16) et intègre les échanges sur une période de temps annuelle.

- ▶ Relevés floristiques à effectuer en été (encart : matériel) sur des transects de deux mètres, perpendiculairement à l'axe d'écoulement, suivant la taille du milieu échantillonné (par ex. bras mort de plusieurs centaines de mètres de longueur). Plusieurs prélèvements peuvent être réalisés à des intervalles réguliers (espacés en général de 50 à 100 m)
- ▶ Estimation des abondances des végétaux sur le site grâce au double indice d'abondance de Braun-Blanquet (1932) (tableau 17). Ces indices permettent d'avoir l'abondance relative de chaque espèce sur le transect ainsi que leur mode de répartition

L'essentiel du protocole

1. Relevés floristiques sur des transects
2. Identification des espèces et estimation des abondances
3. Mesures et prélèvements d'eau superficielle pour analyses physico-chimiques
4. Calcul des indices à partir de la végétation et analyse en composantes principales (ACP) des données de physico-chimie
5. Interpolation des indices et cartographie sous SIG.

Dispositifs / matériel

Matériel de mesure

Règle de 2 m
Râteau télescopique

Prise de notes

Fiches de relevé végétation
Bloc note
Crayon(s) papier(s) si vite tombés dans l'eau

Orientation et informations

GPS, Topofil ou cartographie permettant de connaître la distance entre les transects

Navigation

Bateau (+ gonfleur) + rames

Tableau 16. Mise en œuvre : coûts hommes/jours pour la méthode fondée sur la végétation aquatique.

Tâches	Temps	Coût (nb de personnes par jour)
Échantillonnage de la végétation	5km / jour	2
Analyse des données	10km / jour	1
Cartographie et synthèses	10km / jour	1

Valeurs des classes des différents indices et formules de calcul

Trophie

Σ pour l'ensemble des espèces du relevé (abondance x affinité de l'espèce pour le trophique) et ce pour chaque niveau trophique. Le niveau trophique du site est la classe trophique qui obtient le score le plus élevé parmi les quatre classes ci-dessous :

- oligotrophe ;
- mésotrophe ;
- eutrophe ;
- hyper-eutrophe.

Affinité pour des milieux thermiquement stables

Σ pour l'ensemble des espèces du relevé (abondance x valeur d'affinité de l'espèce pour des milieux thermiquement stables). Le score obtenu renseigne sur la stabilité thermique probable du site :

- Score = 0 stabilité thermique nulle ;
- 1 à 4 faible ;
- 5 à 9 moyenne ;
- >9 forte.

Probabilité d'apports issus de la nappe de versant

Indice calculé en multipliant l'indice d'affinité pour les milieux oligotrophes (dans le cas d'une nappe oligotrophe) avec indice d'affinité pour des milieux thermiquement stables :

- Score = 0 ou 1, probabilité nulle ;
- 2, faible ;
- 3, moyenne ;
- 4, 6 ou 9, forte.

Pour plus d'information sur les méthodes de calcul et notation des espèces aquatiques voir le guide Nappes/Rhône et le rapport final Naprom

- ▶ Identification à l'espèce des végétaux sur le terrain ou prélèvement pour identification en laboratoire grâce à des flores
- ▶ Mesures de conductivité, de température et de pH de l'eau *in situ* et prélèvements d'eau pour analyses d'éléments dissous au laboratoire
- ▶ Calcul des indices trophiques, d'affinité à une thermie stable, et donc de probabilité d'apports de nappe à partir des relevés floristiques
- ▶ Analyse en composantes principales (ACP) des données physico-chimiques
- ▶ Interpolation des indices et cartographie sous SIG

Tableau 17. Les indices de la méthode Braun-Blanquet (1932).

Abondance relative : recouvrement du transect (%)
1 : < 5%
2 : entre 5 et 25%
3 : entre 25 et 50%
4 : entre 50 et 75%
5 : > 75%

Interprétation des données et des résultats

Cet aspect du travail repose sur le calcul d'indices fondés sur l'affinité des plantes à l'état trophique du milieu et à l'apport d'eau souterraine (Amoros *et al.* 2000) (encart : Formules de calcul) :

- ✓ l'état trophique d'un site est obtenu en faisant la somme de chaque abondance relative des espèces estimée sur le terrain multiplié par son code indicateur pour chaque classe de trophie. La classe de trophie ayant la plus grande valeur est retenue ;
- ✓ l'indice de fréquence relative des espèces favorisées par les eaux thermiquement stables est obtenu en sommant les valeurs d'affinité des espèces pour ce type de milieu, ce qui traduit une affinité pour les sites alimentés en eaux souterraines ;
- ✓ afin de mettre en rapport les informations sur le niveau d'eutrophisation et l'intensité des apports de nappe, un indice sur la probabilité d'apports issus de la nappe de versant est utilisé. Les valeurs des deux indices précédents sont alors multipliées pour chaque site. Suivant le résultat de cette multiplication, la probabilité d'apport issu de la nappe de versant est établie ;
- ✓ les données physico-chimiques, notamment température et conductivité, sont utilisées pour compléter le diagnostic.

■ Valeurs guides et repères

- ▶ Groupes taxonomiques de plantes aquatiques courants utilisés pour le diagnostic des apports de nappe : certaines Characées, *Potamogeton coloratus*, *Berula erecta*, *Mentha aquatica*, *Myriophyllum verticillatum*, *Groenlandia densa*, *Juncus articulatus*.
- ▶ Nombres d'espèces de végétaux aquatiques utiles au diagnostic de présence d'apport de nappe en France : 93
- ▶ Exemples d'espèces indicatrices d'apports de nappe : *Berula erecta*, *Mentha aquatica* (figure 27) *Potamogeton coloratus* (figure 28)
- ▶ Exemples d'espèces caractéristiques des niveaux trophiques : oligotrophe (*Potamogeton coloratus*), mésotrophe (*Myriophyllum verticillatum*), eutrophe (*Potamogeton nodosus*), hyper-eutrophe (*Ceratophyllum demersum*)
- ▶ Conductivité des eaux superficielles : elle renseigne sur la minéralisation de l'eau ; celle-ci est classiquement beaucoup plus forte dans les eaux souterraines situées en région calcaire, par rapport à celles localisées en zones de socle cristallin
- ▶ Température des eaux superficielles : la température de l'eau de nappe est attendue comme stable et proche de 13°C en milieu tempéré. En période printanière et estivale (moment des échantillonnages végétation et physico-chimie des eaux superficielles), de faibles températures sont associées à une alimentation en eau souterraine
- ▶ pH des eaux superficielles : le pH est souvent plus élevé en moyenne dans les eaux de rivière, et il permet également de détecter des pics de productivité primaire pouvant influencer les autres paramètres
- ▶ Teneurs en éléments dissous des eaux superficielles (par ex. pour les nitrates, ammonium) : lorsque les aquifères sont contaminés par les nitrates, les sites présentant de fortes concentrations en nitrates dans l'eau sont potentiellement (mais pas systématiquement) alimentés par des eaux souterraines

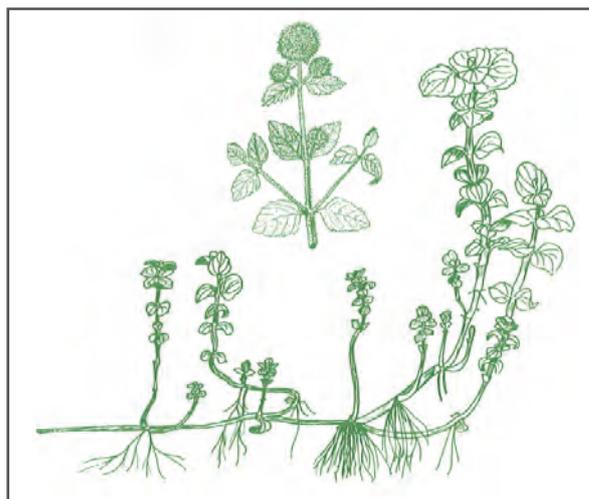


Figure 27. *Mentha aquatica* in Montégut (1993).

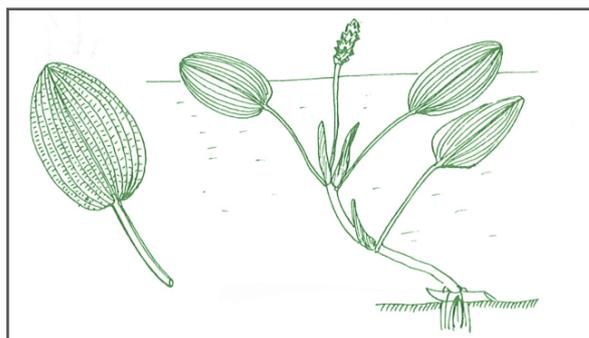


Figure 28. *Potamogeton coloratus* in Montégut (1993).

■ Résultats : exemple de la vallée du Rhône

La figure 29 propose un exemple de cartographie après interpolation de l'estimation de l'intensité des apports de nappe sur le secteur de Donzère-Mondragon dans la vallée du Rhône. Les relevés floristiques sont marqués par des points noirs. Le diagnostic différencie cinq zones :

- ✓ zone 1 - L'alimentation en eaux souterraines du Rhône apparaît importante du fait de la présence en abondance d'espèces témoignant de tels apports ;
- ✓ zone 2 - Entre les PK 182 et 194, les apports apparaissent de moindre importance, mais restent présents. L'abondance des espèces associées à des apports d'eaux souterraines devient nulle après le PK 194 ;
- ✓ zone 3 - Des apports d'eaux souterraines au canal de dérivation sont également perceptibles même s'ils semblent moins intenses et plus hétérogènes. Ceux-ci sont aussi perceptibles en amont et au centre de l'île, ce qui laisse supposer un passage de l'apport de versant sous le canal dans sa portion amont ;

- ✓ zone 4 - Seule une station située sur le Lez indique de forts apports d'eaux souterraines, cela était prévisible, étant donné la nature de ce cours d'eau dont les eaux proviennent directement des nappes de versants ;
- ✓ zone 5 - Le sud du secteur semble ne pas recevoir d'apports de nappe car l'indice d'apport phréatique est globalement nul. Dans cette zone cela semble cohérent car ce secteur est potentiellement colmaté.

■ Points forts

- ▶ Permet un diagnostic rapide et peu coûteux en matériel
- ▶ Intègre les échanges sur une période de temps annuelle
- ▶ Permet de travailler sur une large échelle spatiale

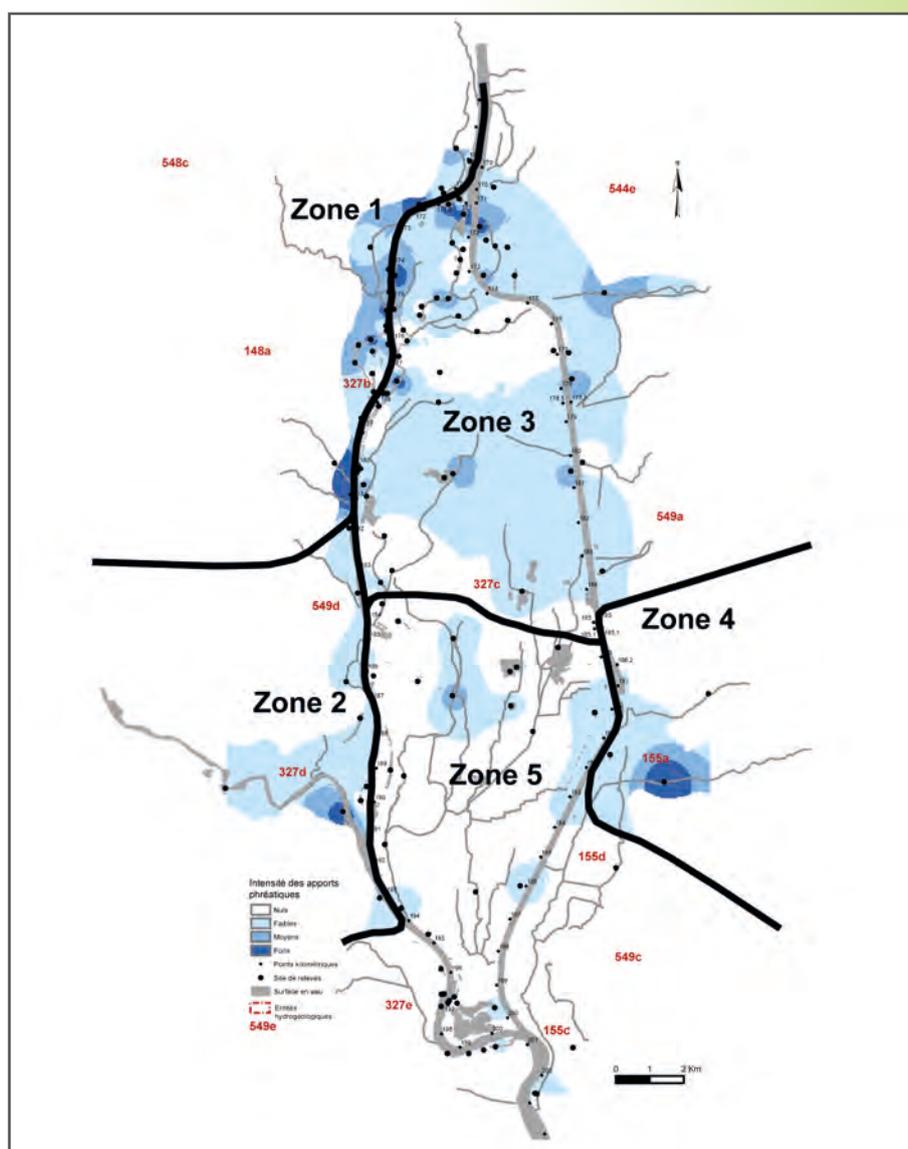


Figure 29. Estimation de l'intensité des apports phréatiques aux milieux aquatiques du Rhône dans le secteur de Donzère-Mondragon.

■ Informations et données nécessaires

- ▶ Exigences écologiques des espèces
- ▶ Contexte biogéographique
- ▶ Inventaire des espèces de végétaux aquatiques
- ▶ Physico-chimie des eaux superficielles : O₂ dissous, température, pH, conductivité, éléments dissous (par ex. nitrates, ammonium)

■ Points faibles, conditions d'utilisation, prérequis

- ▶ Ne permet pas de détecter les apports de la rivière vers la nappe
- ▶ Applicable uniquement dans les milieux pourvus de végétation (deux espèces indicatrices au minimum) hors zone méditerranéenne (l'intégration de nouvelles espèces permettrait de généraliser la méthode à l'échelle nationale, voire européenne)
- ▶ Pertinence du diagnostic limitée par la densité de milieux humides alluviaux
- ▶ Diagnostic semi-quantitatif
- ▶ Difficulté de mise en œuvre dans les contextes de très forte anthropisation (homogénéité de la qualité des eaux)
- ▶ Moins bonne efficacité du diagnostic en cas de contraste qualitatif faible entre eaux de nappes et eaux de rivière

■ Méthodes complémentaires

- ▶ Analyse géomatique des niveaux d'eau (fiche outils n°1)
- ▶ Géochimie (fiche outils n°5)
- ▶ Invertébrés souterrains (fiche outils n°7)

Références et liens pour en savoir plus

Amoros C., Bornette G., Pascal Henry C. (2000) *A vegetation-based method for ecological diagnosis of riverine wetlands*. Environmental Management, Vol. 25, Num. 2, p. 211-227.

Blandin P. (1986) *Bioindicateurs et diagnostic des systèmes écologiques*. Bull. ecol., 17 (4) : p. 215-307.

Braun-Blanquet J. (1932) *Plant sociology* (translation by H.S. Conard, G.D. Fuller) 18 + 439 p. Mac Graw-Hill Book Co. Inc. New York.

Montégut J. (1993) *Le milieu aquatique : connaissance, entretien, désherbage*. Association de Coordination Technique Agricole.

Graillet D., Paron F., Bornette G., Marmonier P., Piscart C., Cadilhac L. (2014) *Coupling groundwater modeling and biological indicators for identifying river/aquifer exchanges*. SpringerPlus. 2014, 3:68. DOI: 10.1186/10.1186/2193-1801-3-68.

Personnes ressources

Gudrun Bornette (Écologie végétale) : UMR CNRS 6249, Chronoenvironnement, Université de Franche Comté, Besançon, gudrun.bornette@univ-fcomte.fr

Florent Arthaud (Écologie végétale) : UMR Inra 042 US-Cartel, Centre alpin de recherche sur les réseaux trophiques et les écosystèmes limniques, Université Savoie Mont Blanc, Chambéry, florent.arthaud@univ-savoie.fr