

Utilisation de quelques renoncules prairiales comme indicateur biologique du niveau d'hydromorphie des sols

F. Chambaud¹, D. Oberti¹, V. Godreau²

L'application des mesures agri-environnementales nécessite bien souvent de porter un diagnostic sur les prairies, en particulier les prairies alluviales. Des espèces indicatrices peuvent alléger cette démarche. En Bourgogne, certaines renoncules permettent une estimation assez fine du degré d'hydromorphie des prairies.

RESUME

Dans le cadre des mesures agri-environnementales et de Natura 2000, le diagnostic écologique des prairies nécessite l'utilisation d'indicateurs biologiques statuant sur leur état et leur fonctionnement. Les renoncules prairiales, et plus particulièrement *Ranunculus flammula*, *R. repens*, *R. acris* et *R. bulbosus*, se distribuent le long d'un gradient hydrique des sols. La signification de ces espèces, vis-à-vis du niveau d'hydromorphie des sols, est testée statistiquement et conduit à la proposition d'une clé de diagnostic. Les espèces étudiées sont très répandues dans les prairies fauchées ou pâturées et faciles à identifier. La validation du modèle, basée sur la présence de ces 4 espèces, trouve des applications dans le diagnostic et l'inventaire des zones humides, le choix de mesures agri-environnementales ou la cartographie d'habitats pour la gestion conservatoire de sites Natura 2000.

MOTS CLES

Bourgogne, écologie, environnement, facteur édaphique, hydromorphie, indicateur biologique, *Ranunculus* spp., renoncule, prairie, prairie humide, prairie permanente, sol, végétation.

KEY-WORDS

Bio-indicator, Burgundy, buttercup, edaphic factor, environment, grassland, hydromorphy, permanent pasture, *Ranunculus* spp., soil, wet grassland.

AUTEURS

1 : Cellule d'Application en Ecologie, Université de Bourgogne, 6, bd Gabriel, F- 21000 Dijon ; Francois.Chambaud@u-bourgogne.fr

2 : Direction Territoriale ONF Bourgogne-Champagne-Ardenne, 4, rue Joseph Garnier, F-21000 Dijon.

Aujourd'hui, dans le contexte de l'application de mesures agri-environnementales ou de la mise en place de Natura 2000, on a besoin de classer les prairies alluviales en fonction de leur dépendance à l'eau donc du degré d'hydromorphie des sols. L'expertise floristique et pédologique des prairies, préalablement 1/ à la reconnaissance d'habitats CORINE Biotopes et à leur analyse spatiale (Couderchet *et al.*, 2001), et 2/ au diagnostic parcellaire en amont d'une contractualisation de mesures agri-environnementales, est lourde à mettre en œuvre pour des raisons économiques et de compétences techniques. Pour contourner cet écueil nous avons donc besoin d'indicateurs de terrain fiables, faciles à utiliser, dont l'appropriation est possible par les acteurs de terrain (techniciens agricoles, conservateurs...).

Pour les besoins d'une analyse des milieux naturels, nous avons mis en œuvre une typologie reposant sur une analyse simultanée des sols et des communautés végétales (Godreau *et al.*, 1994 et 1999 ; Chambaud et Oberti, 1995 ; Chambaud *et al.*, 1996). Nos travaux se sont intéressés aux prairies inondables des Vals de Saône entre Jussey et Mâcon, de Loire et d'Allier bourguignons. Ces études font suite aux demandes du Syndicat Mixte pour l'Aménagement de la Saône et du Doubs et de la DIREN Bourgogne.

Pour préciser les relations entre le sol et la végétation, nous avons pratiqué une analyse statistique qui met en évidence deux gradients écologiques prépondérants : la texture et l'hydromorphie des sols. Nous avons pu proposer une structuration des sols et de la végétation qui décrit ces gradients (Chambaud *et al.*, 1997 ; Couderchet *et al.*, 2001). Comme résultat général, cette approche descriptive précise la distribution et l'écologie de certaines espèces. Celles qui présentent les mêmes distributions vis-à-vis de la texture ou de l'hydromorphie des sols sont répertoriées au sein de groupes d'espèces indicatrices (Rameau *et al.*, 1989) utilisés pour le diagnostic des milieux prairiaux. En corollaire à ce résultat, le positionnement du groupe des renoncules par rapport à l'eau constitue un cas particulier (Chambaud, 2001).

Dans cet article, nous justifions et testons la pertinence d'utiliser la présence de quelques renoncules prairiales (*R. acris*, *R. bulbosus*, *R. flammula* et *R. repens*) comme indicateur pour classer les prairies alluviales de Bourgogne le long d'un gradient d'hydromorphie.

1. Matériel et méthodes

* Les renoncules, des espèces rencontrées dans une large palette de milieux et de nuances hydriques

En Bourgogne, le genre Renoncule est représenté par 28 espèces (Bugnon *et al.*, 1993) soit 64% des espèces recensées en France (Fournier, 1977). Ces espèces montrent une écologie variée et colonisent des milieux divers (tableau 1).

Tableau 1 : Distribution des espèces de renoncules répertoriées en Bourgogne par grand type de milieu.

Table 1 : Distribution of the species of buttercup found in Burgundy according to major environmental types.

Type de milieu	Renoncules présentes
Eaux permanentes calmes ou courantes	<i>R. aquatilis</i> L., <i>R. baudoti</i> Godr., <i>R. Circinatus</i> Sibth., <i>R. fluitans</i> Lam., <i>R. peltatus</i> Schranck, <i>R. trichophyllus</i> Chaix, <i>R. tripartitus</i> DC.
Marécages	<i>R. hederaceus</i> L., <i>R. lingua</i> L., <i>R. ololeucos</i> Lloyd, <i>R. polyanthemos</i> L., <i>R. sceleratus</i> L.
Prairies humides à marécageuses	<i>R. acris</i> L., <i>R. flammula</i> L., <i>R. ophioglossifolius</i> Vill., <i>R. repens</i> L., <i>R. sardous</i> Crantz
Prairies et pelouses mésophiles à sèches	<i>R. bulbosus</i> L., <i>R. gramineus</i> L., <i>R. monspeliacus</i> L., <i>R. paludosus</i> Perret,
Boisements humides à frais	<i>R. aconitifolius</i> L., <i>R. auricomus</i> L., <i>R. ficaria</i> L., <i>R. nemorosus</i> DC, <i>R. parviflorus</i> L., <i>R. platanifolius</i> L.
Champs cultivés	<i>R. arvensis</i> L.

Tableau 2 : Valeur des coefficients d'Ellenberg pour différents facteurs du milieu et différentes renoncles prairiales.

Table 2 : Values of Ellenberg's coefficients for different environmental factors and different species of pasture buttercups.

	Luminosité	Température	Continentalité	Humidité	Acidité	Trophie en N	Salinité
<i>R. flammula</i>	7	X	3	9	3	2	1
<i>R. repens</i>	6	X	X	7	X	X	0
<i>R. acris</i>	7	X	3	X	X	X	0
<i>R. bulbosus</i>	7	X	3	3	X	X	X

Le symbole X signifie que l'auteur ne possède pas d'argument écologique suffisant pour classer l'espèce sur les différents gradients

Hormis les renoncles strictement aquatiques, un certain nombre d'autres espèces montrent des affinités variées pour l'eau (Bugnon *et al.*, 1993 ; Rameau *et al.*, 1989), ce qui tend à rendre compte d'un gradient hydrique des sols :

- Espèces mésohygrophiles à hygrophiles : *R. aconitifolius*, *ficaria*, *flammula*, *hederaceus*, *lingua*, *polyanthemus*, *ololeucos*, *ophioglossifolius*, *sceleratus*,

- Espèces mésophiles à mésohygrophiles : *R. acris*, *auricomus*, *gramineus*, *nemorosus*, *repens*, *sardous*.

-_Espèces mésophiles à mésoxérophiles : *R. bulbosus*, *monspeliacus*, *paludosus*.

En Allemagne, certains travaux (Ellenberg, 1979 ; Ellenberg *et al.*, 1991) précisent l'écologie de la flore continentale au regard de différents facteurs abiotiques : luminosité, température, humidité, acidité, trophie en azote, salinité, et continentalité. Les auteurs affectent aux espèces des coefficients allant de 0 à 9 pour l'ensemble des facteurs, sauf pour l'humidité où l'échelle s'étire de 0 à 12. Pour les quatre espèces de renoncles étudiées, les valeurs prises par les coefficients d'Ellenberg sont présentées dans le tableau 2.

*** Une identification des renoncles possible aux stades végétatif et reproductif**

La reconnaissance des renoncles flammette, rampante, âcre et bulbeuse est aisée (figure 1). Elle repose sur des critères végétatifs (port prostré ou dressé, feuilles découpées ou non, présence ou absence de bulbe...) ou reproductifs (taille des fleurs, organisation des pièces florales et notamment des sépales, forme des fruits...).

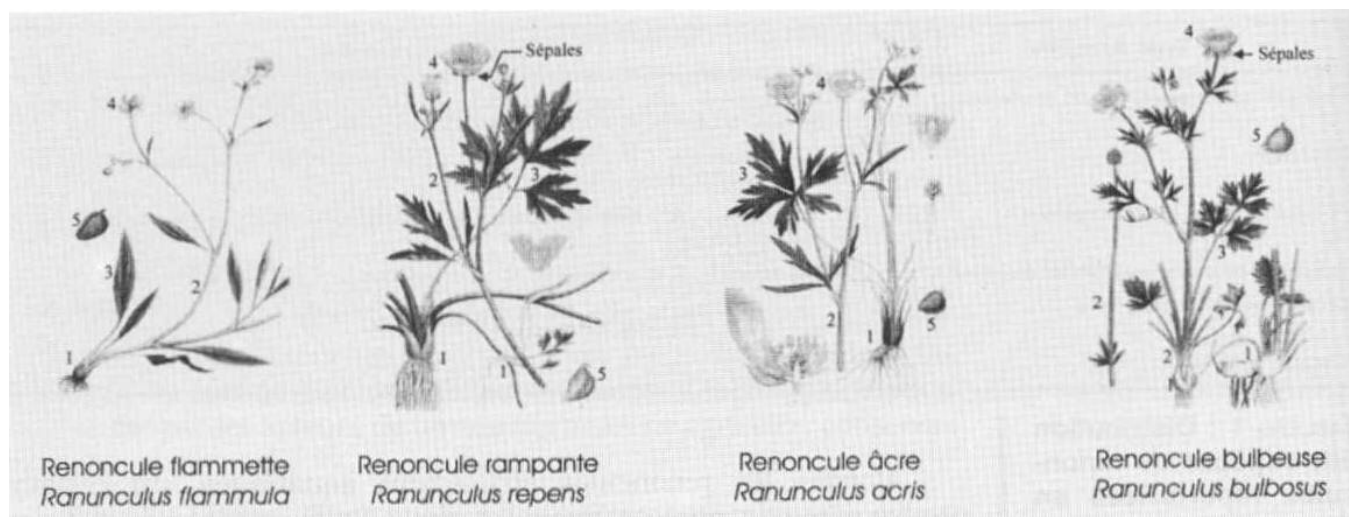
*** Recensement de la flore à l'aide de la méthode phytosociologique de Braun-Blanquet**

Il existe de nombreuses méthodes pour établir l'inventaire de la flore prairiale dans un but agronomique ou botanique. Elles diffèrent par le mode de répartition des points échantillons dans la parcelle, le choix d'une mesure (surface, linéaire) et l'échelle d'appréciation de la représentativité des espèces recensées (Granger, 1992). Les méthodes quantitatives développées par de Vries et de Boer (1959), Braun-Blanquet (1968) et Daget et Poissonnet (1971) sont les plus utilisées.

Nous avons retenu la méthode phytosociologique de Braun-Blanquet. Elle repose sur l'inventaire de la flore de la prairie au sein d'une surface homogène, qui correspond à l'aire minimale (Guinochet, 1973). Notre objectif consiste ici à réaliser un diagnostic du niveau d'hydromorphie des sols prairiaux à l'aide de la présence d'un petit nombre d'espèces ; il n'a pas de visée agronomique immédiate.

Figure 1 : Présentation et critères botaniques d'identification des quatre espèces de renoncules utilisées comme indicateurs biologiques du niveau d'hydromorphie (dessins tirés du site <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueder/lindman/index.html>).

Figure 1 : Presentation and botanical identification of the four buttercup species used as biological indicators of the hydromorphic level of the soils (drawings from <http://caliban.mpiz-koeln.mpg.de/~stueder/lindman/index.html>).



Critères de diagnostic	R. flammette	Renoncule rampante	Renoncule âcre	Renoncule bulbeuse
1 Souche	Courte avec stolons enracinés aux nœuds		Courte	Epaisse et bulbeuse
2 Tige	Lisse	Duveteuse		Renflée à la base
Port		Rampant		Dressé
3 Feuilles	Oblongues légèrement dentées	Divisées en 3 lobes dentés pétiolés	Divisées en 3 à 7 lobes plus ou moins étroits	Divisées en 3 lobes dentés, le lobe central pétiolé
4 Fleurs	Seules, jaunes, 7 à 20 mm. Floraison de mai à septembre	En grappes lâches, jaune, 2 à 3 cm. Sépales érigés contre les pétales. Floraison mai-septembre	Jaunes, 1,5 à 2,5 cm, sépales érigés contre les pétales. Floraison avril-septembre	Jaunes, 2 à 3 cm, pédoncule floral sillonné. Sépales tombants, appliqués contre le pédoncule floral. Floraison mars à juillet
5 Fruit	Disposé en tête globuleuse, bec très court	Glabre, aplati, muni d'un bec grêle courbé	En tête arrondie, à bec très nettement courbé	Glabre, comprimé avec marge carénée, sillonné et bec court

* Réalisation d'un profil pédologique et utilisation de descripteurs pour préciser l'environnement du relevé de végétation

Pour étudier l'influence des facteurs du milieu sur la flore prairiale, plusieurs variables de situation ou d'utilisation viennent préciser l'environnement de la placette échantillonnée : distance à la rivière, position topographique, mode d'utilisation (pâturage, fauche, mixte). Un profil pédologique, ouvert à la bêche sur 50 cm de profondeur puis complété par un sondage à la tarière pédologique en profondeur (-100 cm) a été réalisé sur chaque placette. Sur celui-ci nous précisons la texture des horizons du sol, le pH de l'horizon de surface mesuré au laboratoire, la présence de traces et de taches d'hydromorphie, leur importance et leur profondeur d'apparition, la présence d'horizons hydromorphes et leur position dans le profil, la présence d'une nappe perchée et/ou alluviale, l'existence d'un plancher argileux en profondeur...

*** Inventaire des données floristiques et d'environnement : le relevé phyto-écologique**

Le relevé phyto-écologique, réalisé sur une placette homogène dans ses dimensions floristiques et environnementales, est l'outil retenu pour l'inventaire des prairies. Dans le principe, les relevés sont réalisés conformément à un plan d'échantillonnage, établi lors d'une pré-étude écologique, destiné à mettre en évidence les gradients écologiques prépondérants lors d'un inventaire conjoint et simultané du sol et de la végétation. Sur les Vals d'Allier, de Loire et de Saône, nous avons réalisé 338 relevés phyto-écologiques entre le 20 avril et le 20 juin.

*** Traitement des données floristiques et environnementales à l'aide d'analyses multivariées et de tests statistiques de signification**

Les informations contenues dans les relevés phyto-écologiques sont codées en présence-absence pour la flore et en variables nominales pour les données environnementales. Pour ce qui concerne l'hydromorphie des sols, la variable a été codée en quatre modalités ou classes en fonction de la profondeur d'apparition des marques d'hydromorphie ou des horizons hydromorphes (H1 : 0 à -15 cm, H2 : -15 à -30 cm, H3 : -30 à -50 cm, H4 : -50 à -80 cm). Ces classes sont en cohérence avec les descripteurs validés statistiquement par le référentiel pédologique (AFES, 1995). Les sols hydromorphes (Réductisols, Rédoxisols) sont ceux qui expriment un horizon de type gley ou pseudogley dans les cinquante premiers centimètres.

Les données sont traitées par Analyses Factorielles des Correspondances (structure des nuages factoriels) avec enchaînement successivement d'une Classification Ascendante Hiérarchique (analyse de la variabilité des nuages factoriels) puis d'une partition automatique de l'arbre hiérarchique en classes (logiciel SPAD, version 4.5, Editions Cisia). Pour statuer sur la corrélation entre la présence des renoncules et le degré d'hydromorphie des sols, nous réalisons des tests de Kruskal-Wallis (logiciel StatView, version 5.0), qui permettent d'étudier la variabilité entre plusieurs échantillons de tailles différentes sans condition mathématique particulière (Scherrer, 1984). Quand il est significatif, le test de Kruskal-Wallis indique une hétérogénéité au sein de l'échantillon. En revanche, il ne permet pas de statuer sur la cause de cette variabilité. Nous avons alors recours à un test non paramétrique de comparaisons multiples *a posteriori*, de type Student-Newman-Keuls. Celui-ci précise les variables qui régissent l'hétérogénéité dans la distribution des espèces. Enfin, nous utilisons un test de corrélation pour étudier la distribution des couples de renoncules au regard du gradient hydrique des sols.

2. Résultats et discussion

*** Texture et hydromorphie, gradients qui informent sur le fonctionnement édaphique des vallées**

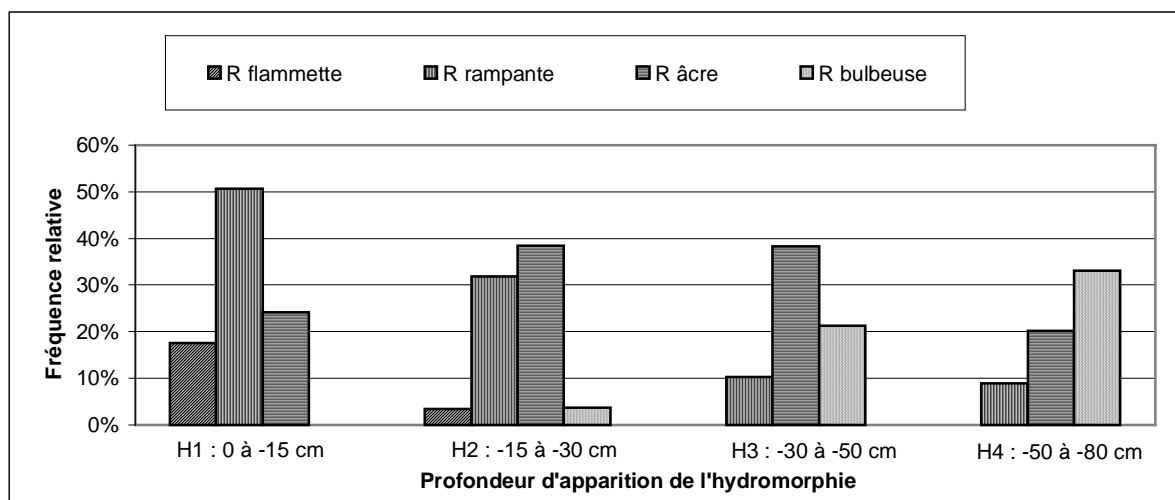
Les AFC proposent une structuration des données autour d'un premier gradient de texture des sols. Des analyses récentes permettent de qualifier plus précisément ce gradient qui tient au tri granulométrique des alluvions (Gautier et Chambaud, 1999, 2000 et 2001) en fonction de leur taille et de la distance aux chenaux actifs, résultats conformes à ceux d'Amoros et Petts (1993). Dans des situations topographiques identiques, ce classement latéral confère aux sols des propriétés physiques spécifiques, notamment en ce qui concerne le drainage et la rétention d'eau. Ceci est confirmé par le second gradient individualisé par les analyses multivariées, qui oppose les sols secs bien drainés aux sols marécageux engorgés superficiellement (Chambaud, 2001). Les premiers sont filtrants, de nature sableuse, siège d'une nappe alluviale battante alors que les seconds sont peu perméables, argileux dès la surface et favorisent fréquemment une nappe perchée (Bruckert, 1988 ; Bruckert et Bekkary, 1991 ; Chambaud *et al.*, 1997).

*** Les renoncules prairiales montrent une distribution spécifique discriminée par le niveau d'hydromorphie des sols**

La figure 2 schématise la distribution des renoncules âcre, bulbeuse, flammette et rampante en fonction de la profondeur d'apparition de l'hydromorphie des sols : hydromorphie de surface comprise entre 0 et -15 cm, hydromorphie de faible profondeur comprise entre -15 et -30 cm, hydromorphie de moyenne profondeur comprise entre -30 et -50 cm, hydromorphie profonde comprise entre -50 et -80 cm.

Figure 2 : Distribution des différentes espèces de renoncules en fonction de la profondeur d'apparition des phénomènes d'hydromorphie.

Figure 2 : Distribution of the different species of buttercup according to the depth of appearance of hydromorphic characters.



Sur le graphe, on remarque que la renoncule âcre présente une distribution écologique à large amplitude hydrique, centrée cependant sur les niveaux d'hydromorphie saturés à faible et moyenne profondeur, ce qui en fait une espèce plutôt hygrocline. La renoncule bulbeuse se positionne sur le pôle hydrique bien drainé pour des niveaux d'hydromorphie profonde ou de moyenne profondeur ; cette espèce est dite mésophile à mésoxérophile. Les renoncules flammette et rampante sont les espèces qui montrent la plus grande affinité pour les sols saturés en eau. La renoncule flammette se distribue préférentiellement sur les sols hydromorphes dès la surface ou à faible profondeur, ce qui en fait une espèce hygrophile. La renoncule rampante montre une amplitude écologique moyenne avec une fréquence d'autant plus forte qu'elle croît sur des sols à hydromorphie de surface ou à faible profondeur. Cette caractéristique en fait une espèce mésohygrophile.

Les tests de Kruskal-Wallis et de Student-Newman-Keuls sont mis en œuvre pour vérifier la distribution de ces espèces relativement aux classes d'hydromorphie étudiées et pour contrôler l'hétérogénéité dans les distributions. Pour les quatre espèces de renoncules étudiées, les tests de Kruskal-Wallis sont significatifs. Les tests de Student-Newman-Keuls nous donnent la signification à 5% des différents niveaux d'hydromorphie en fonction des renoncules étudiées (tableau 3).

Tableau 3 : Distribution des différentes espèces de renoncules par rapport aux différentes modalités de la variable hydromorphie du sol : test SNK à 5% de signification.

Table 3 : Distribution of the various species of buttercup relatively to the different types of soil hydromorphy. SNK test at 5% significance level.

Hydromorphie*	Renoncule flammette	R. rampante	R. âcre	R. bulbeuse
H1 – H2	S	S	S	NS
H1 – H3	S	S	S	NS
H1 – H4	S	S	NS	S
H2 – H3	S	S	NS	NS
H2 – H4	NS	S	S	S
H3 – H4	NS	S	S	S

* H1 : de 0 à -15 cm, H2 : -15 à -30 cm, H3 : -30 à -50 cm, H4 : -50 à -80 cm
S : significatif ; NS : non significatif

Les quatre espèces de renoncules possèdent des distributions et des affinités qui diffèrent pour le niveau d'hydromorphie des sols. Ces résultats confirment ou précisent les travaux d'Ellenberg. Les renoncules flammette et rampante montrent une distribution conforme à celle proposée par l'auteur avec des coefficients respectifs de 9 et 7 ; elles se positionnent sur les sols marécageux et humides. La renoncule rampante montre des différences significatives de distribution pour tous les niveaux d'hydromorphie testés, ce qui la positionne comme une espèce charnière entre renoncules flammette et âcre.

La renoncule bulbeuse se distribue significativement sur le pôle mésophile à sec du gradient hydrique, ce qui est conforme au coefficient 3 attribué par Ellenberg. La renoncule âcre présente une distribution centrée sur les sols à hydromorphie de faible et moyenne profondeur, ce qui apporte une information complémentaire aux travaux d'Ellenberg, l'auteur n'ayant pas proposé pour cette espèce de coefficient. A l'issue de ce travail, en valeur absolue, nous proposons le positionnement des différentes renoncules sur un gradient d'humidité-sécheresse comme suit : R. flammette > R. rampante > R. âcre > R. bulbeuse.

Pour préciser cette proposition, nous procédons à la réalisation d'une matrice de corrélation, qui teste deux à deux la présence des espèces, avec le calcul d'un intervalle de confiance à 99% (tableau 4).

Il ressort de ce tableau que les coefficients de corrélation les plus forts concernent les couples renoncules âcre et rampante (0,73), renoncules flammette et rampante (0,72), renoncules âcre et bulbeuse (0,71). Nous estimons que la présence simultanée de ces espèces conforte le diagnostic du niveau d'hydromorphie des sols et conduit à préciser des nuances dans la partie médiane, la moins contrastée, du gradient hydrique. L'absence des espèces de renoncule dans les prairies, ce qui est le cas dans environ 15% des relevés, ne nous permet pas de statuer sur le degré d'hydromorphie des sols.

Tableau 4 : Coefficients de corrélation entre les différentes espèces de renoncules pour un intervalle de confiance à 99%.

Table 4 : Correlation coefficients among the different species of buttercup (confidence interval 99%).

Couples testés	Corrélation	Intervalle de confiance	
		Borne inférieure	Borne supérieure
R. âcre - R. bulbeuse	0,71	0,63	0,77
R. âcre - R. flammette	0,58	0,50	0,66
R. âcre - R. rampante	0,73	0,65	0,79
R. bulbeuse - R. flammette	0,54	0,42	0,62
R. bulbeuse - R. rampante	0,33	0,54	0,71
R. flammette - R. rampante	0,72	0,64	0,78

*** Proposition d'une clé pour le diagnostic du niveau d'hydromorphie des sols**

Une synthèse de ces résultats est proposée dans le tableau 5. Celui-ci fonctionne comme une clé utilisée pour le diagnostic du niveau d'hydromorphie des sols. Il propose une modélisation du gradient hydrique des sols basée sur des critères pédologiques et botaniques puis une qualification du milieu et de la flore. Les deux extrémités du gradient hydrique sont ici occupées uniquement par la renoncule flammette, caractéristique des milieux marécageux à végétation hygrophile et la renoncule bulbeuse, typique des milieux secs avec végétation mésophile à mésoxérophile. Entre ces deux extrêmes nous proposons de préciser le gradient hydrique avec la présence simultanée des espèces comme suit :

- Renoncules flammette et rampante, milieux humides à végétation mésohygrophile.
- Renoncules rampante et âcre, milieux très frais à végétation hygrocline.
- Renoncules âcre et bulbeuse, milieux frais à végétation mésophile.

Tableau 5 : Utilisation de quelques renoncules pour le diagnostic du niveau d'hydromorphie des sols, la qualification du milieu et de la flore prairiale.

Table 5 : Use of certain buttercup species for the diagnosis of the soil hydromorphic level, the qualification of the environment, and the assessment of the pasture flora.

Espèces présentes	Taches rouille	Gley ou pseudogley	Type de milieu	Flore prairiale
<i>Ranunculus flammula</i>	dès la	entre 0 et -15 cm	Marécageux	Hygrophile
<i>Ranunculus flammula</i> <i>Ranunculus repens</i>	surface	entre -15 et -30 cm	Humide	Mésohygrophile
<i>Ranunculus repens</i> <i>Ranunculus acris</i>	entre 0 et -15 cm	entre -30 et -50 cm	Très frais	Hygrocline
<i>Ranunculus acris</i> <i>Ranunculus bulbosus</i>	entre -30 et -50 cm ou absentes	entre -50 et -80 cm ou absent	Frais	Mésophile
<i>Ranunculus bulbosus</i>	absentes	absent	Sec à très sec	Mésophile à mésoxérophile

3. Conclusion et applications

Les quatre renoncules utilisées sont des espèces largement répandues dans tous types de prairies, qu'elles soient conduites en fauche et/ou en pâture. Ces espèces sont recensées dans les quadrats permanents utilisés par Murphy *et al.* (1994) pour décrire le fonctionnement hydro-géo-morphologique de la végétation alluviale de six rivières européennes dont la Loire et l'Allier. Les renoncules utilisées sont identifiables toute l'année, que ce soit au stade végétatif ou reproductif. Leur présence est révélatrice du niveau d'hydromorphie des sols et conduit à la construction d'un outil prédictif simple, robuste et transférable vers un large public : techniciens agricoles, conservateurs et gestionnaires d'espaces naturels, enseignants, chercheurs...

L'outil de diagnostic proposé est basé uniquement sur l'information apportée par la présence d'une ou plusieurs espèces au sein de la placette échantillonnée, leur absence ne permet pas de statuer sur l'hydromorphie des sols. Ce constat est commun à la plupart des méthodes reposant sur le concept d'espèce diagnostic. Les travaux n'ont ici pas pris en compte l'abondance des espèces, qui est susceptible de fluctuer dans l'espace et dans le temps en fonction de critères multiples tels que la pâture, la fauche ou la fertilisation.

Dans le Val de Saône, Couderchet *et al.*, 2001 appliquent cet outil pour spatialiser des découpages dans l'espace inondable. Le résultat propose une segmentation formalisée des catégories de prairies dites longuement, moyennement et faiblement inondables, identifiées par Trivaudey (1983, 1988, 1995) et identifie des nuances hydriques des prairies de fauche de l'*Arrhenatherion* (mésohygrophiles à fraîches, mésophiles à fraîches et mésophiles à sèches). Cette partition du continuum hydrique des sols trouve son application dans la mise en place de mesures agri-environnementales comme le retard de fauche différencié en fonction du niveau d'hydromorphie et de la phénologie des prairies, ou la cartographie d'habitats dans des optiques de gestion conservatoire au travers de l'élaboration de documents d'objectifs de sites Natura 2000.

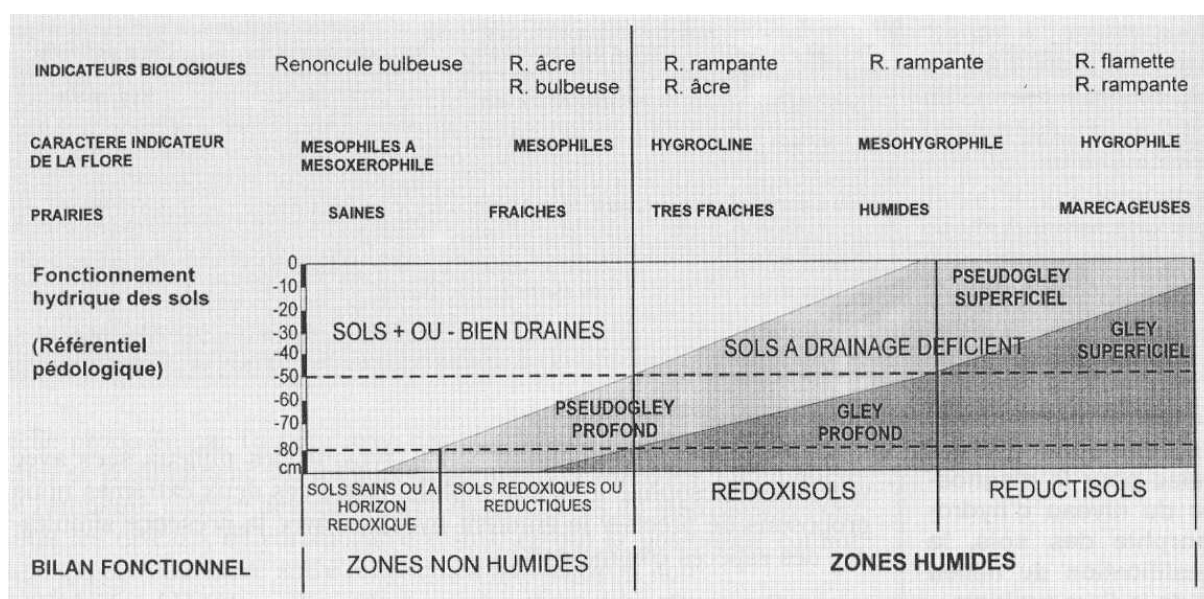
Dans le contexte d'inventaire des zones humides en Bourgogne (Oberti *et al.*, 2000), les renoncules ont été utilisées comme élément de diagnostic et de validation du statut de zones humides des prairies en référence aux critères de l'article 2 de la Loi sur l'eau du 3 janvier 1992 (figure 3).

Sur le plan agricole, les travaux de phyto-écologie réalisés sur les prairies pâturées et fauchées du Val de Saône bourguignon, montrent que la diversité taxonomique et la valeur pastorale divergent en fonction de la texture et du niveau d'hydromorphie des sols (Chambaud, 2001). Cet outil basé sur la présence de certaines renoncules conduit à isoler les prairies les plus humides (majoritairement conduites en fauche), caractérisées par des enjeux patrimoniaux importants, des prairies les moins humides (pâtures majoritaires), implantées sur sols bien drainés, distinguées par une valeur pastorale importante. Cette scission propose l'individualisation d'un premier espace dédié à la production fourragère. Le second, composé des prairies les plus longuement

inondables, intéresse le domaine de la gestion conservatoire, où il existe également des besoins dans la connaissance des relations entre espèces prairiales (végétales et animales) et pratiques agricoles. Ces deux approches, loin d'être contradictoires, sont complémentaires puisque l'élevage constitue ici le maillon indispensable pour la pérennisation et la gestion durable des prairies. Cet outil est aujourd'hui transféré vers les Chambres d'agriculture ; il est intégré dans le guide pratique pour la mise en place de Mesures Agro-Environnementales en Val de Saône (Khil, 2002).

Figure 3 : Diagnostic des zones humides à l'aide de la présence de quelques renoncules prairiales et signification au regard du niveau d'hydromorphie des sols.

Figure 3 : Diagnosis of wet zones with the help of the presence of certain species of pasture buttercups ; significance regarding the hydromorphic level of the soils.



Accepté pour publication, le 12 février 2003

Remerciements : Nous tenons à remercier Jean-Louis Simonnot pour sa relecture, ses propositions constructives et l'intérêt qu'il a montré pour ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- A.F.E.S. (1995) : *Référentiel pédologique des sols d'Europe*, I.N.R.A, 2^{ème} édition.
- Amoros C., Petts G. (1993) : *Hydrosystèmes fluviaux*, Ed. Masson, Paris, *Collection d'écologie*, n°24, 300p.
- Braun-Blanquet J. (1968) : "L'école phytosociologique zuricho-montpelliéraine et la SIGMA", *Vegetatio*, 16, 1-78.
- Bruckert S. (1988) : "Rôle de la fissuration des roches dans l'infiltration de l'eau, la formation des nappes perchées sur coussin d'air et le régime atmosphérique des sols", *Ann. Sci. Univ. Franche-Comté*, Besançon, Géologie, 4 (9), 27-36.
- Bruckert S., Bekkary M. (1991) : "Analogie de formation des nappes perchées dans les sols de type amphigleys et pseudogleys", *C.R. Acad. Sci. Paris*, t. 313, Série II, p. 1485-1491.
- Bugnon F., Loiseau J.E., Felzines J.C., Royer J.M. (1993) : *Nouvelle flore de Bourgogne. I catalogue général et fichier bibliographique*, Bull. scientifique de Bourgogne, édition hors série, 217 pages

Chambaud F. (2001) : *Influence du milieu, de la fauche et de la pâture sur la biodiversité et la valeur fourragère des prairies inondables du Val de Saône bourguignon*, mémoire soutenu pour l'obtention du titre Ingénieur Diplômé Par l'Etat, spécialité agriculture, ENESAD, Dijon. 46 pages + annexes.

Chambaud F., Oberti D. (1995) : *Etude des Milieux Naturels du Val de Saône. Typologie et caractérisation fonctionnelle des prairies inondables du Val de Saône entre Jussey et Mâcon (départements 70, 21, 71, 01)*, rapport Cellule d'Application en Ecologie, Université de Bourgogne pour le compte du Laboratoire d'Ecologie de l'Université de Bourgogne, 136 pages + annexes.

Chambaud F., Lemaire E., Oberti D. (1996) : *Opération Locale Val de Loire Val d'Allier. Suivi écologique et évaluation des mesures Agri-Environnementales. Prétude écologique et typologie fonctionnelle des prairies, landes et pelouses inondables*, rapport Cellule d'Application en Ecologie, Université de Bourgogne pour le compte de la Chambre d'Agriculture de la Nièvre et de la DIREN Bourgogne, 100 pages + annexes.

Chambaud F., Oberti D., Simonnot J.-L. (1997) : "Importance des nappes perchées dans le déterminisme écologique des communautés végétales de la prairie du Val de Saône", *Bull. Sci. Bourgogne*, 49, pp. 79-91.

Couderchet L., Chambaud F., Oberti D., Couderchet B., Tourneux F.P. (2001) : *Cartographie expérimentale des milieux humides de la basse vallée du Doubs et de la Vallée de la Saône*, document laboratoire INTERMET Université de Bordeaux 3, Cellule d'Application en Ecologie Université de Bourgogne, Espace Environnement Développement, pour le compte de la DIREN Bourgogne

Daget P., Poissonet J. (1971) : "Une méthode d'analyse phytologique des prairies. Critères d'application", *Fourrages*, 49, 31-39.

Ellenberg H. (1979) : "Zeigerwerte von Gefässpflanzen Mitteleuropas", *Scripta Geobotanica*, 9, 1-122.

Ellenberg H., Weber H., Düll R., Wirth V., Werner W., Paulissen D. (1991) : "Zeigerwerte von Pflanzen in mitteleuropa", *Scripta Geobotanica*, 18, 1-248.

Fournier P. (1977) : *Les Quatre Flores de France. Tome I*, 2ème édition, éditions Lechevalier Paris.

Gautier E., Chambaud F. (1999, 2000, 2001) : *La détermination d'un espace de liberté pour le système fluvial ligérien : identification et spatialisation des unités morphodynamiques et écologiques fonctionnelles dans les vals libres et endigués de la Loire, enjeux et acteurs sociaux*, Programme National de Recherche sur les Zones Humides. Parties géomorphologie, sédimentologie et phytoécologie. MATE et Agences de l'Eau, 135 p.

Godreau V., Bornette G., Frochot B., Amoros C., Castella E., Oertli B., Craney E., Chambaud F., Oberti D. (1994) : *Etude des milieux naturels du Val de Saône. Intérêt écologique fonctionnel des milieux aquatiques et terrestres du Val de Saône*, Laboratoire d'Ecologie Université de Bourgogne pour le compte du S.M.S.D., A.E.R.M.C., Ministère de l'Environnement, 2 tomes, 100 p + annexes et cartes.

Godreau V., Bornette G., Frochot B., Amoros C., Castella E., Oertli B., Chambaud F., Oberti D., Craney E. (1999) : "Biodiversity in the floodplain of Saône : a global approach", *Biodiversity and Conservation*, 8, 839-864, Kluwer Academic Publishers.

Granger S. (1992) : *Typologie de fonctionnement de prairies permanentes pâturées. Essais d'identification de voies à prospecter pour la gestion des prairies de l'Auxois*, thèse de Doctorat de Sciences de la Vie, spécialité Agronomie et productions végétales, Université de Bourgogne, 260 pages.

Guinochet M. (1973) : *Phytosociologie*, éditions Masson Paris, 227 pages.

Khil S. (2002) : *Guide pratique pour la mise en place de mesures Agro-Environnementales en Val de Saône*, document Chambre Régionale d'Agriculture de Bourgogne.

Murphy K., Castella E., Clement B., Hills J.M., Obridlik P., Pulford I.D., Schneider E., Speight M.C.D. (1994) : "Biotic indicator of riverine wetland ecosystem functioning", *Global Wetlands : Old World and New*, Edited by W.J. Mitsch, Elsevier Science B.V., pp 659-683.

Oberti D., Chambaud F., Simonnot J.L. (2000) : *Inventaire des zones humides de Bourgogne. Volume 1 concepts, méthodes et typologies*, document Cellule d'Application en Ecologie Université de Bourgogne pour DIREN Bourgogne, financement Agences de l'Eau et Ministère de l'Environnement, 397 pages.

Rameau J.C., Mansion D., Dumé G. (1989) : *Flore Forestière Française. Guide écologique illustré. Tome 1 Plaines et Collines*, Editions IDF.

Scherrer B. (1984) : *Biostatistiques*, Gaëtan Morin éditions, 850 pages.

Trivaudey M.-J. (1983) : *Etude écologique de deux systèmes prairiaux alluviaux de la vallée de la Saône (Hauts du Val de Saône)*, DEA Biologie végétale et Physiologie, Université de Nancy I, 35 pages.

Trivaudey M.-J. (1988) : "Les prairies longuement inondables de la Saône", *Colloques phytosociologiques XVI*, Paris, pp 814-834.

Trivaudey M.-J. (1995) : *Contribution à l'étude phytosociologique des prairies alluviales de l'Est de la France (Vallées de la Saône, de la Seille, de l'Ognon, de la Lanterne et du Breuchin)*, *Approches systémiques*, 2 tomes, thèse Université de Franche-Comté, 205 pages.

de Vries D.M., de Boer T.A. (1959) : "Methods used in botanical grassland research in the Netherlands and their application", *Herbage Abstracts*, 29 (1), pp 1-7.

SUMMARY

Utilization of certain species of pasture buttercup (Ranunculus spp.) as biological indicators of the hydromorphic level of soils

As a part of the agri-environmental measures and 'Natura 2000' operations, the setting-up of an ecological diagnosis of grasslands requires the use of biological indicators reflecting their status and their working. Pasture buttercups, especially *Ranunculus flammula*, *R. repens*, *R. acris* and *R. bulbosus*, are distributed along a gradient of soil water contents. The significance of these species, as regards the hydromorphic level of the soils, was tested statistically and led to the setting-up of a diagnostic key. The species studied are quite frequent in mown or grazed pastures and are easy to identify. A model, based on the presence of these four species, was validated and can be applied to the diagnosis and survey of wet grasslands, the choice of agri-environmental measures or the mapping of habitats for the conservation of 'Natura 2000' sites.