



HAL
open science

Le niveau de la nappe alluviale est-il un bon critère pour différencier les stations forestières des vallées ?

Sylvain Gaudin, Laurence Carnnot-Milard

► **To cite this version:**

Sylvain Gaudin, Laurence Carnnot-Milard. Le niveau de la nappe alluviale est-il un bon critère pour différencier les stations forestières des vallées ?. 2021. <hal-03447604>

HAL Id: hal-03447604

<https://hal.science/hal-03447604v1>

Preprint submitted on 24 Nov 2021

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.



HAL Authorization

LE NIVEAU DE LA NAPPE ALLUVIALE EST-IL UN BON CRITÈRE POUR DIFFÉRENCIER LES STATIONS FORESTIÈRES DES VALLÉES ?

SYLVAIN GAUDIN – LAURENCE CARNOT-MILARD

LES NAPPES ALLUVIALES

Les forêts alluviales sont des écosystèmes particuliers. Elles diffèrent des autres forêts par beaucoup de leurs caractéristiques. Elles sont installées sur des alluvions souvent jeunes, se trouvent dans des positions topographiques basses (vallées, fonds de vallon), sont situées non loin de cours d'eau et sont en relation plus ou moins forte avec une nappe alluviale.

Lors de la réalisation d'un guide des stations forestières consacré aux milieux alluviaux dans le quart nord-est de la France (Carnot-Milard et Gaudin, 2010), une attention particulière a été apportée à l'étude des nappes alluviales. Elles peuvent assurer une alimentation en eau conséquente des arbres, directe ou par remontée capillaire, dans bien des stations (Jabiol *et al.*, 2009) et comme elles sont souvent atteintes lors de sondages pédologiques, la question de leur observation pour discriminer et caractériser les unités stationnelles a été posée. En effet, les stations forestières des milieux alluviaux sont le plus souvent classées selon un gradient d'humidité et comme le niveau hydrique des stations et la présence d'une nappe sont intimement liés, leur étude se révèle être prioritaire.

Les nappes alluviales : des masses d'eau liées à la rivière

Les nappes alluviales correspondent à de l'eau qui circule dans les alluvions des rivières. Leur évolution est liée à de nombreux paramètres et les échanges entre la rivière et les eaux de la nappe sont complexes. La profondeur et la dynamique des nappes dépendent notamment (Sophocleous, 2002) : de la topographie (largeur des vallées, pentes des versants autour de la vallée, pente en long), de la géologie (nature et perméabilité des roches) et du climat (période et hauteur des précipitations, évapotranspiration).

La figure 1 (p. 396) présente quelques éléments synthétiques sur la dynamique des nappes dans le cas d'une rivière située dans un régime pluvial (cas du secteur étudié). Ce régime implique la période des hautes eaux et des crues en hiver ou au printemps et des périodes d'étiage en été. Il se caractérise également par de fortes variabilités interannuelles.

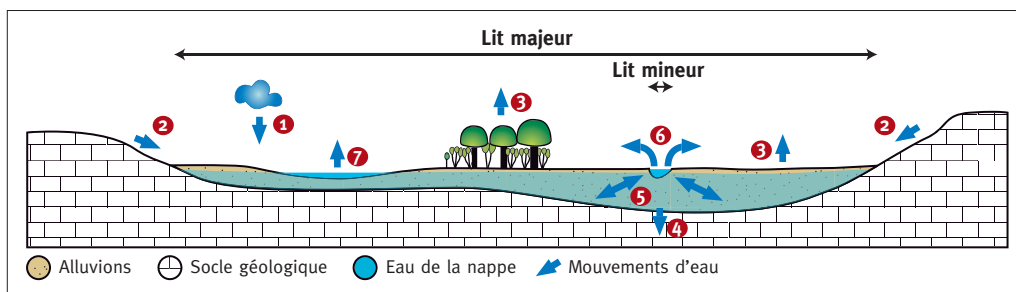
La plus grande partie des eaux de la nappe et de la rivière provient des eaux de pluie ① et des eaux collectées sur l'ensemble du bassin versant en amont : sources, ruissellements, circulation latérale dans les sols et les roches ②. En général, une bonne partie des pluies d'été n'alimente pas la rivière et les nappes car elles humectent le sol ou retournent directement à l'atmosphère

par évapotranspiration ③. En revanche, les pluies hivernales et printanières tombent sur des sols déjà humides et l'eau en excès s'infiltrate et circule pour alimenter rivières et nappes. Une partie des eaux peut aussi s'infiltrer dans les couches géologiques profondes, en fonction de leur perméabilité ④. La circulation de l'eau est assez rapide dans les textures grossières et beaucoup plus lente dans les textures fines. Elle est, par exemple, de l'ordre de 3 m/heure dans des alluvions sablo-graveleuses et de moins de 1 mm/heure dans des secteurs à forte composante argileuse (d'après Piégay *et al. in* Piégay, Pautou et Ruffinoni, 2003).

La nappe et la rivière échangent de l'eau en permanence ⑤. Par exemple l'été, lorsque le niveau des rivières est bas, c'est la nappe qui alimente la rivière et maintient le niveau d'étiage. En revanche en hiver, en période de hautes eaux, ce sont les rivières qui alimentent les nappes. Les échanges entre la nappe et la rivière varient non seulement dans le temps, mais également dans l'espace, en fonction notamment de la topographie et d'actions humaines (barrages, dérivations). Certains secteurs correspondent préférentiellement à une infiltration de l'eau de la rivière et d'autres à un drainage de la nappe dans la rivière (Trémolières *et al.*, 1993). L'eau de la nappe peut également migrer parallèlement à la rivière dans le sens du courant. Selon la géomorphologie (pente de la rivière, sinuosité du cours d'eau, niveau d'incision de la rivière dans ses alluvions...), les mouvements d'eau orthogonaux à la rivière (vidange ou remplissage de la nappe) ou parallèles à la rivière (pas d'échanges entre nappe et rivière) prédominent (Sophocleous, 2002).

Lorsque les rivières reçoivent beaucoup d'eau, elles peuvent sortir de leur chenal usuel d'écoulement, le lit mineur, et envahir tout ou partie du lit majeur. Celui-ci correspond à l'extension maximale des crues. Outre les crues de débordement ⑥ résultant d'une brusque montée des eaux de la rivière, il peut se produire des crues par remontée de nappe ⑦. L'eau remonte alors au-dessus du sol dans les points les plus bas des vallées, même s'ils sont éloignés de la rivière.

FIGURE 1
REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE EN COUPE TRANSVERSALE
D'UNE NAPPE ALLUVIALE ET DE LA CIRCULATION DE L'EAU DANS UNE VALLÉE



Les nappes alluviales sont-elles utilisées dans les guides et catalogues des stations ?

Lors de sondages à la tarière pédologique ou lors du creusement de fosses, il est possible d'atteindre la nappe alluviale et ainsi de déterminer sa profondeur à une date donnée. La question se pose alors de savoir comment intégrer ce paramètre dans la définition des types de stations ou dans leur détermination, sachant qu'une seule mesure n'est pas toujours représentative (la nappe oscille en fonction de nombreux paramètres). La consultation de différents ouvrages relatifs aux habitats ou aux stations alluviales montre que les approches sont variées.

Par exemple (tableau I, p. 397), la présence des habitats dans un contexte régional donné, la Chautagne, peut être mise en relation avec la profondeur de la nappe (Leclerc et Michon, *in* Piégay, Pautou et Ruffinoni, 2003).

TABLEAU I **Profondeur de la nappe en fonction du classement phytosociologique (alliance)**
(d'après Leclerc et Michon, *in* Piégay, Pautou et Ruffinoni, 2003)

Alliance	<i>Alnion</i> sur sol tourbeux	<i>Salicion</i> (à Saule blanc) sur sol alluvial calcaire	<i>Alno-fraxinion</i> (à Aulne blanc et Frêne) sur sol limono-argileux	<i>Ulmion</i> (à Peuplier blanc et Frêne) sur sols alluviaux calcaires limono- argileux	<i>Carpinion</i> (à Charme et Chêne sessile) sur sol brun à pseudogley
Profondeur de la nappe	Inférieure à 0,5 m	Inférieure à 1 m	Oscillant entre 0,8 et 1,5 m	Oscillant entre 2,5 et 4 m	Pas de nappe alluviale

La lecture du guide des stations de la plaine rhénane (Hauschild et Asael, 1997) montre que le niveau de la nappe est un des descripteurs des stations. Deux intervalles sont annoncés : les limites marginales correspondent aux plus fortes amplitudes constatées, les limites majoritaires à ce qui est le plus courant. La profondeur usuelle de la nappe est utilisée, associée à des données floristiques, comme critère de détermination des stations.

Dans le guide des stations des milieux forestiers du Ried de l'Ill et du Nonnenbruch (Madesclaire, 1996), il est indiqué pour la plupart des stations alluviales les valeurs minimales et maximales de profondeur de la nappe, en période de hautes et basses eaux. Ainsi, pour la chênaie pédonculée-frênaie fraîche sur sol avec graviers profonds, il est indiqué que la nappe oscille entre 50 cm et 80 cm de profondeur pendant les périodes de hautes eaux et entre 90 cm et 150 cm pendant celles de basses eaux. La profondeur de la nappe n'est quasiment pas utilisée dans la clé de détermination des stations. Elle ne sert que pour différencier la station la plus engorgée.

Le catalogue des stations forestières de la plaine de Saône (Bailly, 1995) n'utilise également que très peu la profondeur de la nappe comme critère de différenciation des stations. Cette donnée est abordée dans la fiche descriptive de certains types, mais sans indications chiffrées. La présence d'une nappe profonde à peu près permanente est par exemple indiquée pour la station 4200 qui correspond à une chênaie pédonculée-frênaie-ormaie. Le régime des crues et les périodes d'engorgement des sols sont également signalés.

Pour les peupleraies, la prise en compte de la nappe est recommandée lors de l'étude des stations (Berthelot, 1997). Un travail de synthèse sur les stations à Peuplier (Paillassa, 2008) utilise la profondeur de la nappe, durant une courte période de temps (du 15 juin au 15 juillet) pour déterminer les différentes stations. Des valeurs minimales et maximales de profondeur de la nappe sont signalées pour chacune des stations les plus humides. L'absence de nappe accessible aux racines est précisée pour les stations les plus sèches.

L'analyse de différentes publications nous permet de conclure que le niveau de la nappe alluviale est diversement utilisé selon les auteurs. Comme cela a été indiqué en figure 1 (p. 396), la profondeur des nappes alluviales dépend de nombreux paramètres et évolue dans le temps. Afin de savoir si la profondeur de nappe observée lors d'un relevé ponctuel est une donnée fiable et utilisable, il convient de connaître les variations de cette profondeur, en particulier en fonction :

- de la saison (comment les nappes évoluent-elles en général au cours de l'année dans la zone d'étude ?) ;
- de l'année (le niveau des nappes est-il différent d'une année à l'autre ?) ;
- des types de stations (la profondeur de la nappe est-elle un bon critère pour différencier les stations ?).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Utilisation des relevés phytoécologiques

Le guide des stations des milieux alluviaux (Carnnot-Milard et Gaudin, 2010) a été construit sur une vaste zone d'étude de plaine qui concerne intégralement ou partiellement les régions Picardie, Île-de-France, Champagne-Ardenne, Bourgogne et Lorraine. Les vallées concernées reposent très majoritairement sur les auréoles sédimentaires du Bassin parisien (alluvions calcaires majoritaires). Le climat varie sur la zone d'étude : il est nettement océanique en Picardie et passe progressivement à des tendances continentales en allant vers la Lorraine.

La conception de ce guide a nécessité la réalisation de 1 037 relevés phytoécologiques (peuplement, flore, topographie, sol...) réalisés entre mai 2006 et juillet 2009 par divers opérateurs. Quand la profondeur de la nappe alluviale a pu être notée grâce à un sondage à la tarière pédologique, cette information a été consignée systématiquement. Nous disposons donc d'une base de données importante qui permet de construire différents graphiques (figure 2, p. 399).

Pour les stations les plus engorgées (stations A, correspondant à des aulnaies marécageuses), la nappe est proche de la surface et il est quasiment toujours possible de l'atteindre avec un sondage à la tarière. En revanche, les stations humides (D, correspondant le plus souvent à des frênaies-ormaises) ont une nappe généralement plus profonde qui n'a pu être atteinte que dans environ 30 % des relevés. Plusieurs causes concourent à ce que la nappe ne soit pas atteinte :

- des horizons fortement caillouteux ou argileux forment un obstacle qui interdit une prospection suffisamment profonde à la tarière ;
- dans beaucoup de relevés, une tarière longue de 120 cm a été utilisée ce qui ne permettait pas de dépasser cette profondeur (d'où de nombreux sondages limités à cette profondeur pour les stations humides de type D) ;
- certaines des stations rencontrées ont sûrement une nappe alluviale trop profonde au moment du relevé (plus de 2 m de profondeur, comme cela a été montré dans d'autres études ; par exemple Pautou *et al.*, 1979).

Les relevés sont nombreux et donnent une image de la fréquence d'apparition et de la profondeur de la nappe pour chaque groupe de stations. Cette image est cependant incomplète, faute de sondages assez profonds. Par ailleurs, ces données ne permettent pas de connaître l'évolution dans le temps de la profondeur des nappes.

Installation de piézomètres

• Les critères de choix des emplacements

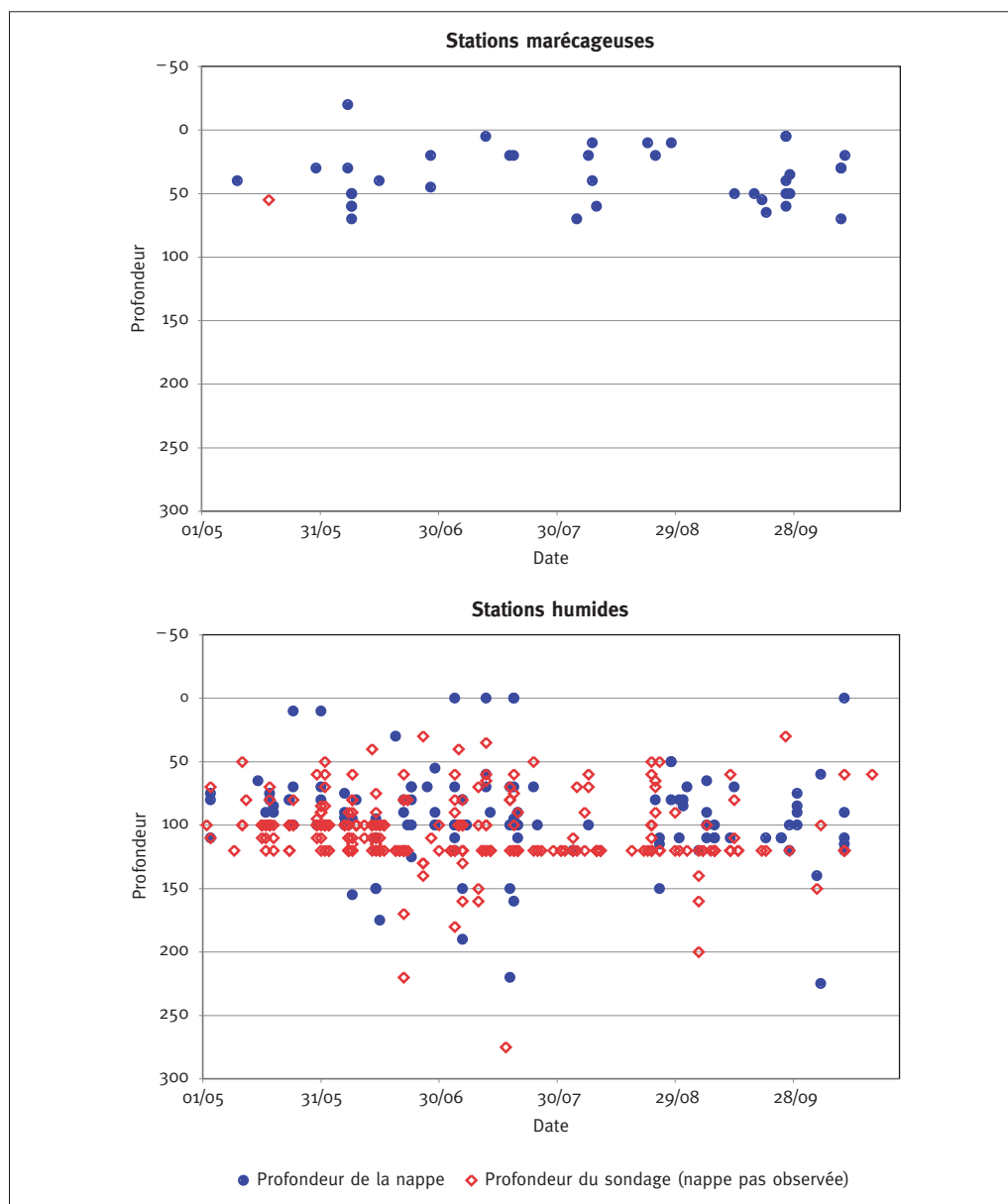
Pour connaître l'évolution dans le temps des nappes, il est nécessaire d'implanter des piézomètres (Pardon et Dehoche, 1996 ; Dufour et Pont, 2006). La pose et surtout le suivi de ces piézomètres prenant du temps, il a été nécessaire d'optimiser le choix des emplacements afin d'obtenir une bonne collecte des informations.

Les piézomètres implantés devaient refléter toute la diversité des stations de vallée et tenir compte de la fréquence des différents milieux forestiers. Au moment de leur mise en place, la typologie des stations n'étant pas établie, un classement sommaire en habitats des relevés phytoécologiques servant à construire le guide des stations a été réalisé. Il a permis de choisir parmi les relevés ceux qui convenaient le mieux pour une implantation.

D'autres critères de stratification ont été utilisés. Il s'agissait de la largeur de la plaine alluviale (pour obtenir une diversité des bassins versants), de la distance au cours d'eau, de la taille du

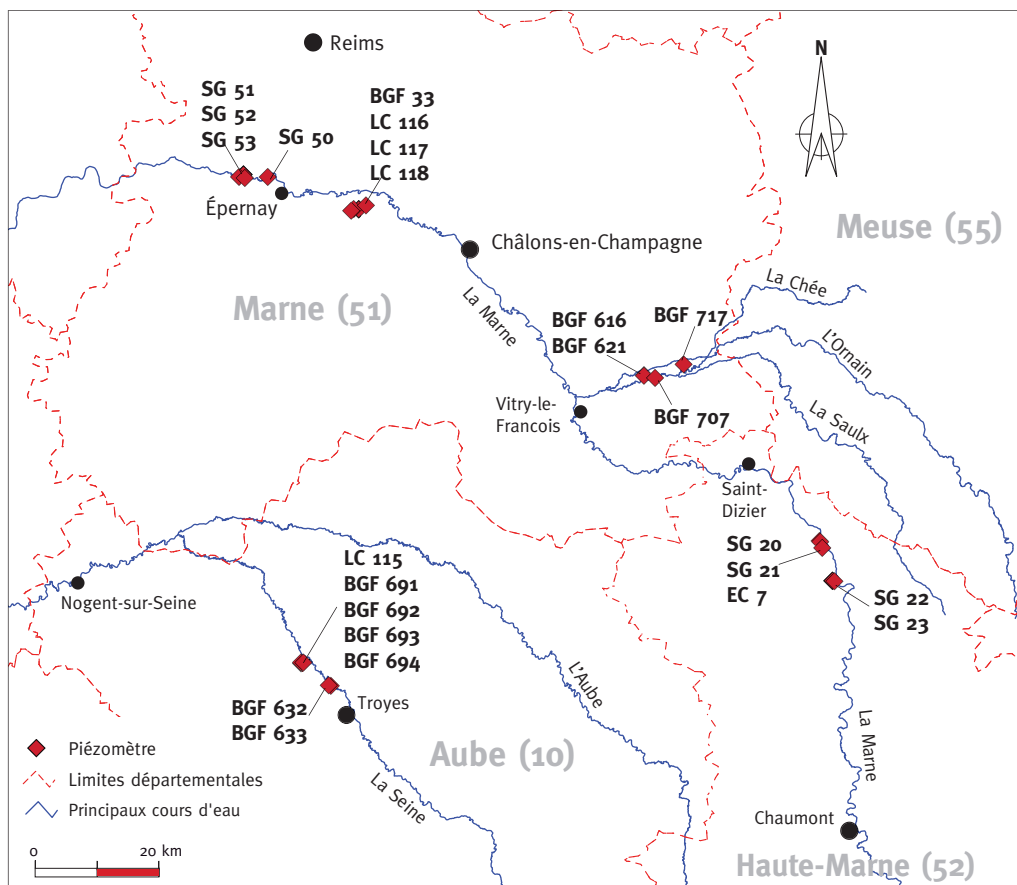
FIGURE 2

**PROFONDEUR DE LA NAPPE OU PROFONDEUR DU SONDAGE
(QUAND LA NAPPE N'A PAS ÉTÉ RENCONTRÉE)
À PARTIR DE RELEVÉS PHYTOÉCOLOGIQUES RÉALISÉS EN PÉRIODE ESTIVALE
POUR DEUX GROUPES D'UNITÉS STATIONNELLES**



cours d'eau, de la profondeur de la nappe quand celle-ci avait été atteinte lors des relevés phytoécologiques, de la nature du boisement (forêt ou peupleraie). Afin de limiter les temps de trajet et de faciliter les relevés, il a été choisi de retenir des lieux d'implantation assez proches les uns des autres (grappes de relevés dans différents secteurs géographiques).

FIGURE 3 CARTE DE LOCALISATION DES PIÉZOMÈTRES



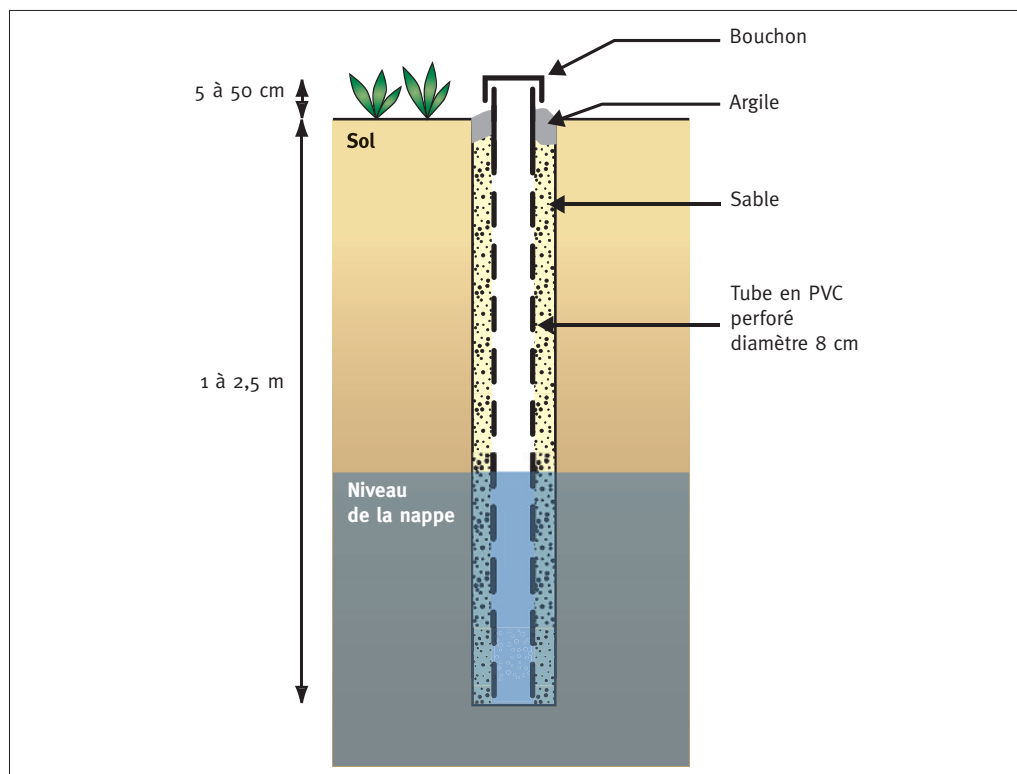
Les piézomètres ayant été posés en forêt privée, il était nécessaire d'obtenir préalablement l'accord des propriétaires concernés. Ainsi, plus d'emplacements que nécessaire ont été demandés pour compenser les éventuels refus. En plus des refus, certains sites solitaires ont été abandonnés quand ils ne pouvaient pas être intégrés dans une grappe. Par exemple, il n'a pas été possible de réaliser la pose de piézomètres près de petits cours d'eau situés dans des vallées peu larges (seuls quelques petits cours d'eau situés en grande vallée ont pu être choisis). Au total, 24 emplacements ont été retenus (figure 3, ci-dessus et tableau II, pp. 404-407).

- *Le matériel utilisé et sa pose*

Du matériel assez simple a été utilisé. Il s'agissait de tubes en PVC de 8 cm de diamètre percés de fentes pour laisser passer l'eau (figure 4, p. 401). Les trous ont été réalisés à la tarière pédologique manuelle (diamètre de 8 cm). Une fois les tubes en place, il est possible d'enlever les matériaux qui les colmatent au fil du temps avec une tarière pédologique à tête de 6 cm de diamètre. La profondeur des tubes varie selon les emplacements (cf. tableau II, p. 404-407). Elle dépend de la profondeur de la nappe à suivre (un tube de 2 m n'est pas utile pour suivre une nappe fluctuant entre 20 et 80 cm de profondeur) mais aussi d'obstacles (bancs de graviers, par exemple) ne permettant pas d'aller plus profondément.

FIGURE 4

VUE EN COUPE TRANSVERSALE D'UN PIÉZOMÈTRE



La mesure de la profondeur de la nappe se fait directement avec un mètre métallique à enrouleur quand celle-ci est proche de la surface. Un flotteur lesté au bout d'une ficelle est employé quand elle est plus profonde.

Pendant les périodes les plus sèches, certains piézomètres ont été à sec. Dans certains cas, il a néanmoins été possible d'atteindre la nappe en approfondissant le trou à la tarière (le fond des piézomètres n'étant pas bouché). Pour les cas restants, l'analyse des relevés au bout de plusieurs années de fonctionnement a montré que très souvent les piézomètres qui se trouvent proches géographiquement et dans des conditions de station comparables avaient des nappes aux évolutions relativement synchrones. Les quelques données manquantes ont ainsi pu être reconstituées grâce à une régression linéaire ($0,73 \leq R^2 \leq 0,97$). Il existe donc une imprécision sur certaines données concernant des mesures parmi les plus profondes. De même, parfois les crues ne permettaient pas l'accès jusqu'aux piézomètres. La hauteur d'eau au-dessus du sol a donc été dans quelques cas estimée à vue.

- *La périodicité des mesures*

L'objectif était surtout de connaître l'évolution de la profondeur des nappes en saison de végétation. En effet, c'est durant cette période que la nappe apporte aux arbres l'eau dont ils ont besoin et que les stations sont étudiées. Ainsi, la périodicité des relevés a favorisé les relevés printaniers et estivaux :

- un relevé tous les 15 à 30 jours (donc en moyenne toutes les trois semaines) en période de végétation (avril à septembre) ;

– un relevé tous les 30 à 45 jours (donc en moyenne toutes les cinq semaines) hors période de végétation (octobre à mars).

Il n'a pas été fixé de périodicité stricte dans la mesure où la relève des niveaux a été faite le plus souvent possible à l'occasion d'un autre déplacement en un endroit voisin du secteur concerné, pour limiter les trajets.

- *Les caractéristiques des piézomètres implantés*

Les principales caractéristiques des piézomètres implantés sont résumées dans le tableau II (p. 404-407). Les dispositifs ont été implantés au printemps 2007 et mesurés pendant cinq années. Les coordonnées des piézomètres sont données en Lambert II étendu. Elles sont issues d'un pointage au GPS (précision voisine de 5 m). Les codes et noms de stations font référence au guide des milieux alluviaux (Carnnot-Milard et Gaudin, 2010). Les habitats ont été déterminés grâce à Corine biotopes (Bissardon et Guibal, 1997). Une partie des piézomètres a été installée dans des peupleraies. Dans ce cas, il existe une imprécision sur le classement en habitat dans la mesure où la culture du peuplier a le plus souvent fortement modifié le milieu (travail du sol, arrivée d'une végétation plus héliophile, etc.). Certaines stations étant rares dans les vallées (saulaies blanches et stations marécageuses, avec respectivement 10 et 45 relevés sur les 1 037 réalisés), elles sont moins représentées dans le dispositif.

RÉSULTATS

Quelles sont les variations saisonnières ?

Les résultats des relevés de cinq piézomètres sont présentés en figure 5 (p. 403). Ils ont été choisis car ils traduisent la diversité des cas qui ont pu être rencontrés.

À l'exception d'un seul piézomètre sur les 24 installés (le SG 22), il y a variation du niveau de la nappe en fonction des saisons, même s'il existe des différences d'une année à l'autre. En règle générale, les périodes de hautes eaux correspondent à la fin de l'automne, à l'hiver et au début du printemps. Le niveau des nappes est globalement à la baisse au cours de la saison de végétation. Ces variations de profondeurs sont cohérentes avec la répartition des précipitations dans la région (recharge des nappes par les pluies hivernales et automnales), la dynamique des rivières (crues automnales, hivernales et printanières ; basses eaux à la fin de l'été) et l'activité des arbres (croissance et besoins d'eau d'avril à septembre).

Quelles sont les variations interannuelles ?

La figure 5 montre également les variations interannuelles. La période pendant laquelle les mesures ont été réalisées couvre à la fois des années humides (fortes précipitations) et des années sèches. Ainsi, ces données, même si elles ne portent que sur quelques années, sont assez représentatives des variations interannuelles.

Quelle que soit l'année, les courbes gardent globalement la même allure. Les périodes de hautes et de basses eaux sont retrouvées d'une année à l'autre. Il existe cependant des variations : certaines années sont moins humides que d'autres. Sur les stations les moins humides, les phénomènes de crues sont assez aléatoires et n'interviennent pas tous les ans. Par exemple, sur le piézomètre BGF 33, des crues ont été notées en 2007, 2008 et 2011, mais pas en 2009 et 2010. À l'opposé, les stations les plus humides (stations A) sont inondées presque tous les hivers.

FIGURE 5

**PROFONDEUR DE LA NAPPE POUR CINQ PIÉZOMÈTRES :
BGF 616 (station A), SG 22 (station C3-4), BGF 33 (station C3-4),
BGF 692 (station D4a) et SG 53 (station F4b)**

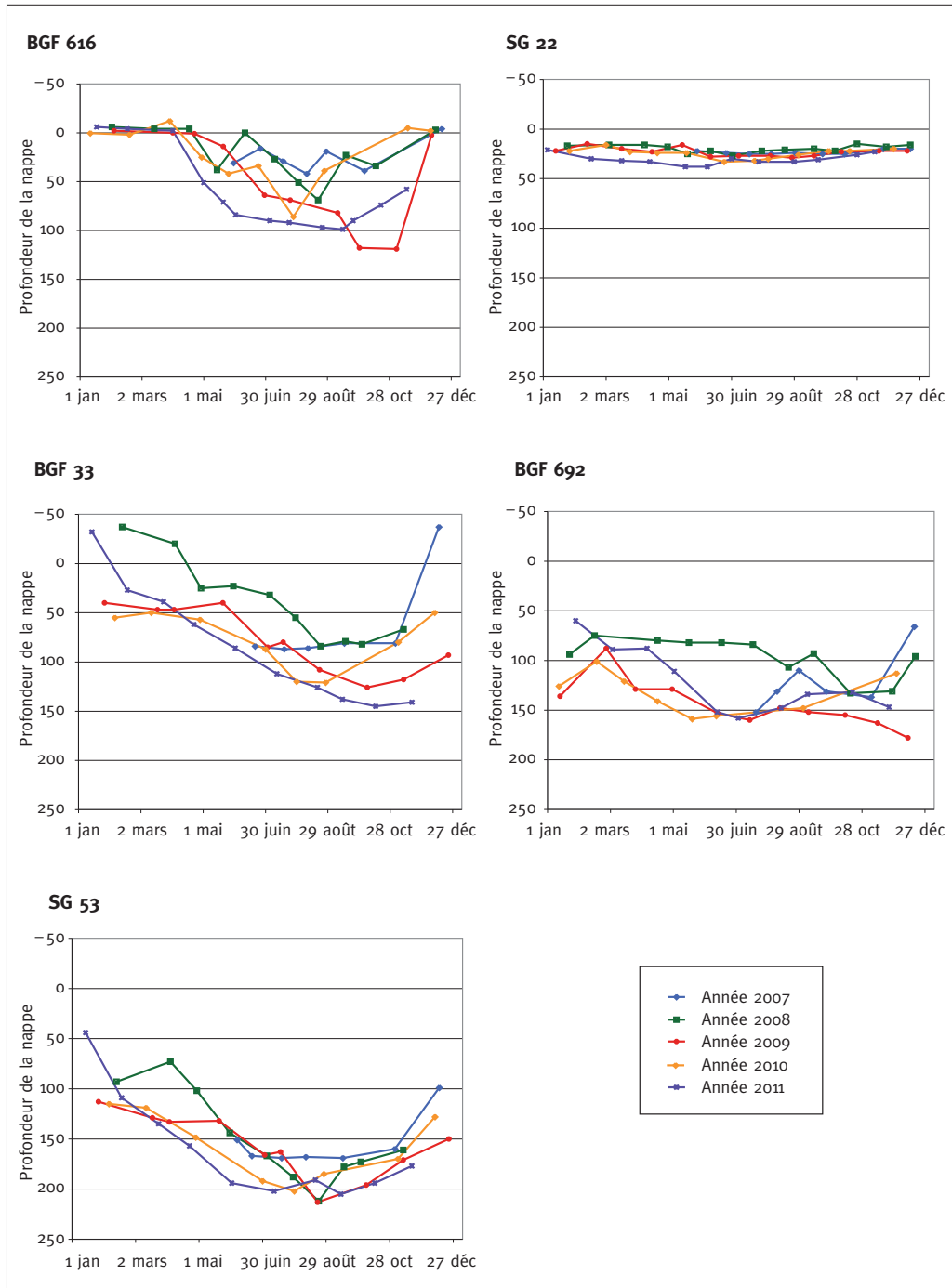


TABLEAU II **Emplacement et caractéristiques des sites où les piézomètres ont été installés.**

Les lignes grisées correspondent aux piézomètres dont les résultats sont présentés sur la figure 5.
Les stations du guide sont classées selon un gradient d'humidité, depuis les plus engorgées (stations A) aux moins humides (stations F)

Référence	Profondeur piézomètre en cm	Secteur	X	Y	Cours d'eau	Distance au cours d'eau en m	Topographie locale	Texture	
BGF 691	113	Aube	722 380	2 376 247	Seine	610	Dépression	Tourbe (60 cm) sur limon	
LC 115	208	Aube	722 082	2 376 180	Seine	890	Plaine	Tourbe sur 170 cm sur limon sableux	
BGF 694	142	Aube	722 076	2 376 229	Seine	830	Plaine	Limon sableux	
BGF 693	80	Aube	722 084	2 376 318	Seine	830	Dépression	Tourbe sur 120 cm	
BGF 633	178	Aube	726 835	2 372 654	Rivière noire (vallée de la Seine)	130	Plaine	Limon argileux sur argile limoneuse	
BGF 692	230	Aube	722 461	2 376 308	Seine	510	Plaine	Limon argileux sur argile limoneuse	
BGF 632	171	Aube	726 509	2 372 730	Rivière noire (vallée de la Seine)	270	Plaine	Limon argileux sur argile limoneuse	
SG 20	80	Haute-Marne	804 177	2 396 306	Marne	175	Plaine	Limon argileux	
SG 21	90	Haute-Marne	804 286	2 396 168	Marne	250	Dépression (chenal)	Limon sur limon argileux	
EC 7	105	Haute-Marne	804 611	2 395 206	Marne	5	Banquette alluviale surélevée	Limon	
SG 22	104	Haute-Marne	806 278	2 390 001	Marne	220	Dépression	Limon	
SG 23	188	Haute-Marne	806 586	2 389 928	Marne	20	Banquette alluviale	Limon argileux sur argile limoneuse	
BGF 621	96	Perthois	776 094	2 422 381	Chée (Vallée de la Saulx)	150	Plaine	Limon argileux sur argile limoneuse	
BGF 616	146	Perthois	776 090	2 422 280	Chée (Vallée de la Saulx)	245	Légère dépression	Limon argileux sur argile	
BGF 707	93	Perthois	777 861	2 421 956	Chée (Vallée de la Saulx et de l'Ornain)	90	Plaine	Limon argileux sur argile limoneuse	
BGF 717	236	Perthois	782 366	2 424 146	Saulx	410	Terrasse	Limon argileux sur limon sablo-argileux	

Référence	Code station	Nom de la station	Code Corine	Peuplement	Habitat (forêts) ou habitat supposé (peupleraie)
BGF 691	A	Station marécageuse	44.911	Forêt	Aulnaie marécageuse
LC 115	C3-4	Station très humide sur sol moyennement profond à profond	44.33	Peupleraie	Bois de frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes
BGF 694	F2	Station fraîche sur sol peu profond	41.24	Forêt	Chênaie pédonculée-frênaie subatlantique à Primevère élevée
BGF 693	A	Station marécageuse	44.921	Forêt	Saussaie marécageuse à saule cendré
BGF 633	F4b	Station fraîche sur sol profond argileux	41.24	Forêt	Chênaie pédonculée-frênaie subatlantique à Primevère élevée
BGF 692	D4a	Station humide sur sol profond, limoneux ou sableux	44.4	Peupleraie	Forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frêne des grands fleuves
BGF 632	D4c	Station humide sur sol profond, argileux et hydromorphe	44.4	Forêt	Forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frêne des grands fleuves
SG 20	D3	Station humide sur sol moyennement profond	44.4	Forêt	Forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frêne des grands fleuves
SG 21	C3-4	Station très humide sur sol moyennement profond à profond	44.33	Forêt	Bois de frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes
EC 7	D4a	Station humide sur sol profond, limoneux ou sableux	44.4	Forêt	Forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frêne des grands fleuves
SG 22	C3-4	Station très humide sur sol moyennement profond à profond	44.332	Peupleraie	Bois de frênes et d'aulnes à hautes herbes
SG 23	D4b	Station humide sur sol profond argileux	44.4	Forêt	Forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frêne des grands fleuves
BGF 621	C3-4	Station très humide sur sol moyennement profond à profond	44.33	Peupleraie	Bois de frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes
BGF 616	A	Station marécageuse	44.332	Peupleraie	Bois de frênes et d'aulnes à hautes herbes
BGF 707	C3-4	Station très humide sur sol moyennement profond à profond	44.331	Peupleraie	Bois de frênes et d'aulnes des rivières médio-européennes à eaux lentes à cerisier à grappes
BGF 717	F4a	Station fraîche sur sol profond limoneux ou sableux	41.24	Peupleraie	Chênaie pédonculée-frênaie subatlantique à Primevère élevée

TABLEAU II (suite) **Emplacement et caractéristiques des sites où les piézomètres ont été installés.**

Les lignes grisées correspondent aux piézomètres dont les résultats sont présentés sur la figure 5.
Les stations du guide sont classées selon un gradient d'humidité, depuis les plus engorgées (stations A) aux moins humides (stations F)

Référence	Profondeur piézomètre en cm	Secteur	X	Y	Cours d'eau	Distance au cours d'eau en m	Topographie locale	Texture	
SG 50	184	Ouest Marne	716 142	2 453 319	Marne	160	Plaine	Limon sur limon sablo-argileux	
SG 51	192	Ouest Marne	712 292	2 453 678	Marne	20	Banquette alluviale	Limon sur limon argilo-sableux	
SG 52	180	Ouest Marne	711 595	2 453 289	Marne	15	Dépression en bord de rivière	Limon argileux	
SG 53	205	Ouest Marne	712 510	2 453 123	Marne	370	Plaine	Limon argileux sur argile	
LC 116	160	Ouest Marne	730 624	2 448 321	Les Tarnauds (vallée de la Marne)	35	Plaine	Limon argileux sur sable limoneux	
LC 117	151	Ouest Marne	729 817	2 448 347	Les Tarnauds (vallée de la Marne)	160	Plaine	Limon argileux sur argile limoneuse	
LC 118	193	Ouest Marne	731 764	2 448 937	Les Tarnauds (vallée de la Marne)	180	Légère dépression	Limon argileux sur argile limoneuse	
BGF 33	156	Ouest Marne	729 428	2 448 079	Les Tarnauds (vallée de la Marne)	40	Plaine	Limon	

L'année 2008 correspond à un niveau haut pour la plupart des piézomètres. Cela peut être mis en relation avec une année humide (par exemple, les précipitations annuelles ont été de 909 mm à Saint-Dizier, alors que la moyenne trentenaire sur la période 1981-2010 est de 850 mm pour cette ville). L'année 2011 a été peu arrosée (621 mm à Saint-Dizier) et a connu un printemps très sec ; cela se retrouve sur une bonne partie des graphiques. Par ailleurs, la durée des basses eaux et des hautes eaux peut varier d'une année à l'autre. Il peut également y avoir des décalages (période de bas niveau de la nappe plus tardive ou plus hâtive, par exemple).

La seule exception notable à ce schéma général correspond au piézomètre SG 22. Non seulement la nappe évolue très peu selon les saisons, mais également très peu d'une année sur l'autre. La présence d'un barrage à quelques centaines de mètres en aval est sûrement à l'origine de ce comportement atypique.

Ainsi, à une période donnée, il peut exister des variations du niveau de la nappe (pouvant atteindre en certains endroits quelques dizaines de centimètres). Pour donner un exemple marquant, la nappe a été mesurée à 19 cm de profondeur à la fin du mois d'août 2007 (année très humide) sur le piézomètre BGF 616 et à 118 cm à la même période deux ans plus tard (année très sèche).

Référence	Code station	Nom de la station	Code Corine	Peuplement	Habitat (forêts) ou habitat supposé (peupleraie)
SG 50	F4a	Station fraîche sur sol profond limoneux ou sableux	41.24	Forêt	Chênaie pédonculée-frênaie subatlantique à Primevère élevée
SG 51	F4a	Station fraîche sur sol profond limoneux ou sableux	41.24	Forêt	Chênaie pédonculée-frênaie subatlantique à Primevère élevée
SG 52	B	Station à saules des bords de cours d'eau	44.13	Forêt	Saulaie arborescente à Saule blanc du domaine atlantique
SG 53	F4b	Station fraîche sur sol profond argileux	41.24	Peupleraie	Chênaie pédonculée-frênaie subatlantique à Primevère élevée
LC 116	D4a	Station humide sur sol profond limoneux ou sableux	44.4	Forêt	Forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frêne des grands fleuves
LC 117	F4b	Station fraîche sur sol profond argileux	41.24	Forêt	Chênaie pédonculée-frênaie subatlantique à Primevère élevée
LC 118	D4b	Station humide sur sol profond argileux	44.4	Peupleraie	Forêts mixtes de chênes, d'ormes et de frêne des grands fleuves
BGF 33	C3-4	Station très humide sur sol moyennement profond à profond	44.33	Peupleraie	Bois de frênes et d'aulnes des rivières à eaux lentes

La profondeur des nappes peut être mise en relation avec les précipitations et le débit des rivières (Pardon et Dehoche, 1996), mais les relations entre ces données ne sont pas nécessairement évidentes (décalages temporels entre les précipitations, le niveau des rivières et la profondeur des nappes ; influence de l'amont et des précipitations sur tout le bassin versant ; vitesse de progression de l'eau, etc.).

La nappe varie-t-elle de la même façon dans toutes les stations d'un même type ?

Les stations forestières sont classées dans un même type lorsqu'elles possèdent une flore, des caractéristiques de sol et des caractéristiques topographiques suffisamment proches. La question se pose de savoir si les stations alluviales d'un même type possèdent des nappes aux comportements semblables et si le fonctionnement des nappes diffère fortement d'un type stationnel à l'autre. Si tel était le cas, la profondeur de la nappe pourrait servir de critère diagnostique important pour différencier les stations.

• *Le calcul de variables synthétiques*

Pour répondre à cette question, un certain nombre de variables synthétiques caractérisant la nappe sur une station peuvent être calculées. Par exemple, Pautou (1970) définit pour chaque

TABLEAU III **Présentation des variables synthétiques calculées pour chaque piézomètre.**
Toutes les variables annuelles sont calculées sur l'ensemble de l'année.
Les variables estivales sont calculées sur la période allant d'avril à septembre

Code	Variable	Obtention	Signification et interprétation
Mxan	Moyenne annuelle	Calcul de la profondeur moyenne	Données synthétisant la position centrale de la nappe, sur l'année ou pendant la saison de végétation.
Mxes	Moyenne estivale	Calcul de la profondeur moyenne	
Mdan	Médiane annuelle	Calcul de la médiane	
Mdes	Médiane estivale	Calcul de la médiane	
P1oan	Premier décile annuel	Calcul du premier décile	Le premier décile de la série de données correspond à la valeur qui sépare les 10% des valeurs les plus faibles des 90% restants. Il traduit globalement le niveau des hautes eaux (annuel ou estival). Le premier décile a été préféré au minimum dans la mesure où c'est une valeur plus stable qui est mieux mesurée (les mesures effectuées en hiver étant peu nombreuses, elles correspondaient rarement aux plus hautes valeurs de crue).
P1oes	Premier décile estival	Calcul du premier décile	
P9oan	Neuvième décile annuel	Calcul du neuvième décile	Le neuvième décile donne une idée de la profondeur de la nappe en période de basses eaux. Cette période étant toujours estivale dans la région d'étude, les valeurs annuelles et estivales sont très proches. Le neuvième décile est préférable au maximum dans la mesure où il est moins fluctuant et où certaines données minimales estivales ont été reconstruites par régression.
P9oes	Neuvième décile estival	Calcul du neuvième décile	
P25an	Premier quartile annuel	Calcul du premier quartile	À l'instar du premier et du neuvième décile, le premier et le troisième quartile traduisent les niveaux de hautes et basses eaux, mais en éliminant plus de données extrêmes (25% au lieu de 10%).
P25es	Premier quartile estival	Calcul du premier quartile	
P75an	Troisième quartile annuel	Calcul du troisième quartile	
P75es	Troisième quartile estival	Calcul du troisième quartile	
Ampan	Amplitude annuelle	$P_{9oan} - P_{1oan}$	Ces indices quantifient les fluctuations de nappe, annuellement ou uniquement en saison de végétation. Les écarts interquartiles donnent une vision plus tempérée de la fluctuation des nappes.
Ampes	Amplitude estivale	$P_{9oes} - P_{1oes}$	
Q3-Q1an	Écart interquartile annuel	$P_{75an} - P_{25an}$	
Q3-Q1es	Écart interquartile estival	$P_{75es} - P_{25es}$	
Varian	Variabilité interannuelle	Différence entre la moyenne annuelle la plus haute et la plus faible sur les années de mesure.	C'est un indicateur de la variabilité interannuelle du niveau moyen de la nappe.

nappe son niveau moyen annuel, son niveau moyen estival (entre avril et octobre) ainsi que l'amplitude annuelle et l'amplitude estivale (par différence entre le maximum et le minimum). Les données estivales ont pour finalité de prendre en considération les nappes quand elles interagissent le plus avec la végétation.

Une série de variables de ce type ont été calculées pour chaque piézomètre. Elles sont présentées dans le tableau III (p. 408).

• *Analyse en composantes principales (ACP)*

Une analyse en composantes principales a été réalisée pour obtenir des informations synthétiques sur le fonctionnement des nappes. Chaque piézomètre correspond à un individu dans cette analyse, les variables sont celles présentées dans le tableau III (p. 408).

Le cercle des corrélations est présenté en figure 6 (ci-dessous). Ce plan factoriel traduit plus de 91 % de l'inertie totale. Cela signifie qu'une majeure partie de l'information initiale peut se réduire à deux variables synthétiques. Le premier axe correspond à toutes les variables de **position de la nappe** (position centrale, position en période de hautes eaux, position en période de basses eaux). Cet axe transcrit les deux tiers de l'inertie totale. Les variables de position de nappe sont bien corrélées entre elles et à l'axe 1; la profondeur moyenne estivale a une corrélation parfaite avec cet axe. Seules les variables traduisant la position de la nappe en période de hautes et basses eaux sont un peu corrélées à l'axe 2, de façon positive (pour les basses eaux) ou négative (pour les hautes eaux).

FIGURE 6 CERCLE DES CORRÉLATIONS CORRESPONDANT AUX DEUX PREMIERS AXES DE L'ACP

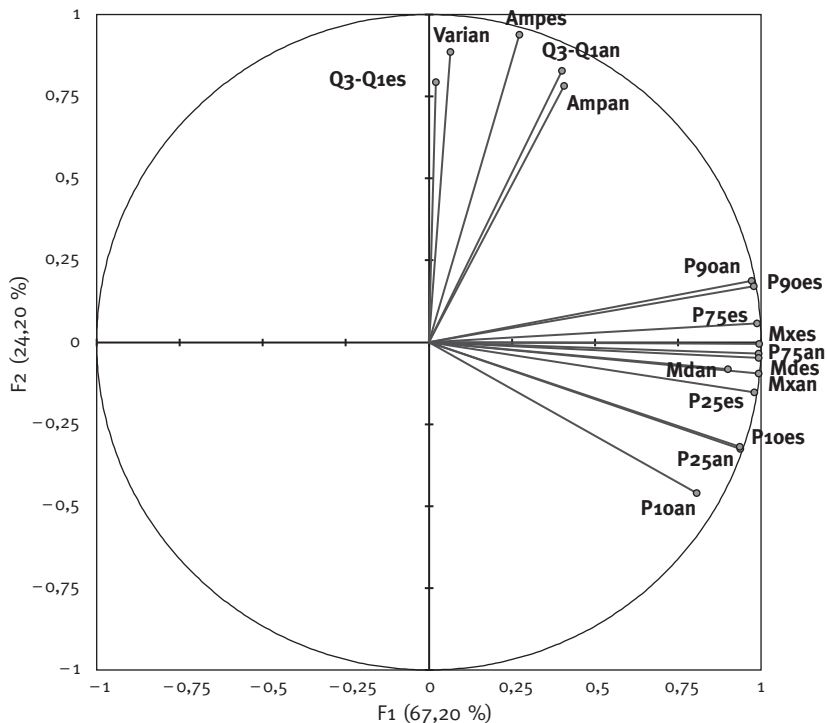
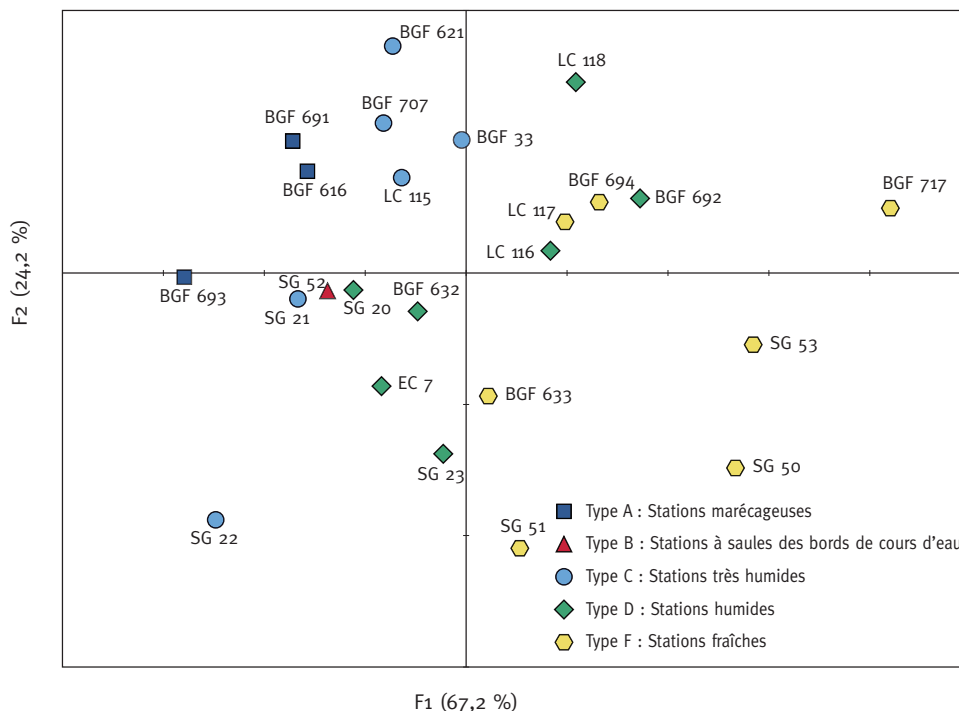


FIGURE 7 POSITION DES PIÉZOMÈTRES SUR LE PLAN FACTORIEL 1-2 DE L'ACP



L'axe 2 est lié à toutes les variables traduisant **l'amplitude des fluctuations** de la nappe, que ce soient des variations estivales, annuelles ou interannuelles. Il traduit environ un quart de l'inertie totale.

La position de chaque piézomètre est reportée sur le plan factoriel (figure 7, ci-dessus). Un figuré indique pour chaque piézomètre à quelle famille de stations il appartient. La distribution des stations selon le premier axe correspond à un gradient hydrique, avec les stations les plus engorgées à gauche et les moins humides à droite. Les piézomètres à la nappe la plus fluctuante sont en haut, ceux à nappe stable en bas (comme le SG 22 qui a une nappe qui varie très peu).

Globalement, les stations se distribuent selon le premier axe. Il y a une cohérence entre leur position et le gradient hydrique selon lequel elles ont été classées, même s'il existe des chevauchements. Les stations les plus engorgées (familles A et C) sont également celles qui ont les nappes les plus fluctuantes (le piézomètre SG 22 étant une exception). Ce classement selon deux axes factoriels peut être rapproché des résultats obtenus par Pautou (1970). Il classe tous les habitats présents dans sa zone d'étude en paquets homogènes, dans un graphique à deux axes : profondeur moyenne estivale de la nappe et amplitude des variations estivales de la nappe.

L'observation du plan factoriel montre que les piézomètres correspondant aux stations d'une même famille sont globalement orientés selon une diagonale ascendante. Cela signifie que dans une même famille coexistent des stations à nappe assez haute, mais peu fluctuante et des

stations à nappe plus profonde, mais plus fluctuante. Comme ces stations ont été classées dans la même famille, nous supposons que l'effet de ces deux fonctionnements de nappe donne des résultats similaires en termes de fonctionnement des sols et de présence de végétation indicatrice.

Bien que la distribution des stations soit globalement cohérente avec le gradient hydrique du premier axe, il existe de nombreux chevauchements et certaines stations d'une famille sont nettement plus proches de celles d'un groupe voisin que du barycentre de leur famille. Cela signifie donc que les caractéristiques de la nappe ne suffisent pas à elles seules à déterminer le type de station. Cette conclusion a été confirmée par la réalisation d'une analyse factorielle discriminante. Elle donne un bon taux de reclassement des stations dans les groupes (environ 95 %). Cependant ce taux tombe à 40 % en validation croisée. Cela signifie que les seules variables décrivant la nappe (position, fluctuations) ne permettraient pas de classer avec un risque d'erreur faible une nouvelle station dans le type auquel elle appartient.

DISCUSSION

Est-il possible d'intégrer la nappe alluviale dans la détermination et la description des unités stationnelles ?

La présence de la nappe alluviale est un paramètre stationnel parfois observé lors d'un simple sondage à la tarière pédologique. Contrairement à d'autres données pédologiques (les traces d'hydromorphie, par exemple), elle est assez facile à diagnostiquer quand elle est présente et sa profondeur d'apparition peut être mesurée en respectant certaines précautions (cf. l'encadré « Temps de retour à l'équilibre lors de l'observation de la nappe », p. 412). Elle a par ailleurs des conséquences directes sur l'alimentation en eau des arbres.

Il était donc tentant de l'intégrer dans la détermination et la description des unités stationnelles. Cependant, l'analyse des résultats obtenus avec les piézomètres conclut à des variations de niveau de la nappe qui sont saisonnières, interannuelles et qui présentent une certaine, voire une forte hétérogénéité au sein d'une même station. Une mise en garde existe donc à ce sujet dans le guide (Carnnot-Milard et Gaudin, 2010).

- *Utiliser la profondeur de la nappe relevée lors d'un sondage pédologique comme critère de détermination des stations*

Il nous semblait difficile de ne pas tenir compte de l'information donnée par la nappe dans la clé de détermination. Cependant, cette donnée pouvant fortement fluctuer, même en saison de végétation, il a été décidé de ne l'utiliser que conjointement à d'autres critères, floristiques et pédologiques, voire topographiques. Elle est également utilisée seule à deux reprises comme critère de rattrapage dans la clé de détermination. La profondeur de nappe sert alors à réorienter des stations vers une famille de stations plus humides quand elle est présente à une certaine profondeur. Cela ne correspond qu'à une faible proportion des relevés à trier (10 % des stations classées dans la famille C, stations très humides et 3 % des stations classées dans la famille D, stations humides).

Plus la nappe est profonde, plus elle est difficile à observer (difficulté de prospection, bancs de cailloux, longueur de la tarière...). Ainsi, le critère de nappe est surtout utilisé pour différencier les stations les plus humides. Il n'est pas utilisé pour les autres.

Temps de retour à l'équilibre lors de l'observation de la nappe

La plupart du temps, les praticiens forestiers observent le sol et la profondeur d'une éventuelle nappe alluviale à l'aide d'une tarière pédologique. Lors de la réalisation des relevés ayant servi à construire le guide des stations, un délai de retour à l'équilibre de la nappe a été constaté sans qu'il ait été clairement chiffré. Par précaution, le plus souvent le sondage pédologique était effectué en premier et la profondeur de nappe n'était notée qu'au plus tôt 30 minutes plus tard, après les relevés de la flore, du peuplement, le positionnement du lieu de sondage au GPS, etc.

Un cas particulier dans les Ardennes a attiré notre attention. Sur un sol de texture très lourde, un sondage a été réalisé à profondeur assez importante (plus de 150 cm) sans que la présence d'une nappe ne puisse être observée alors que le sol était d'un gris légèrement bleuté et qu'une flore très nettement hygrophile était présente. Le retour sur cette station plusieurs jours après (sans qu'il y ait eu de pluies durant cette période) a montré la présence d'une nappe alluviale dans le trou de sondage à faible profondeur. Une nappe était bien présente, mais n'avait pas pu être observée lors de la description initiale.

Pour mieux connaître la cinétique de remontée de la nappe dans le trou de sondage, quelques nouveaux sondages ont été réalisés à proximité de piézomètres existants (sondages 1 et 2) ou de trous anciens (sondage 3, correspondant au cas ardennais présenté ci-dessus). La présence d'une référence pour la nappe permet de connaître sa profondeur à l'équilibre et de savoir après quel délai cette profondeur est retrouvée.

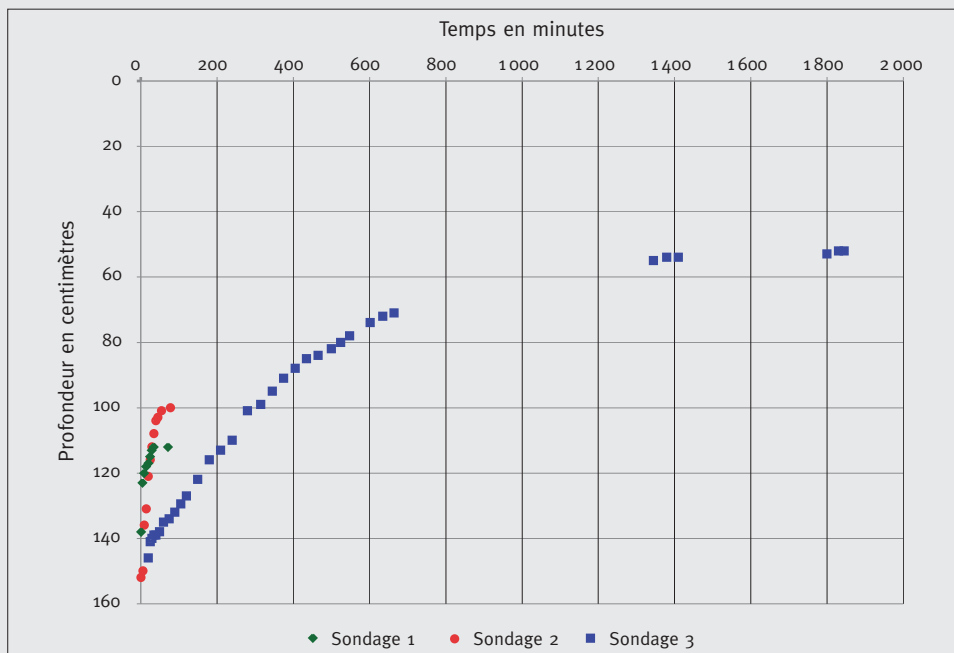
TABLEAU IV

Caractéristiques des points de sondage sur lesquels le temps de retour à l'équilibre a été noté

Numéro du sondage	1	2	3
Profondeur du sondage à la tarière	150 cm	160 cm	160 cm
Observation de la nappe pendant le sondage à la tarière	Sol frais à 70 cm et gorgé d'eau à 130 cm	Sol gorgé d'eau à 120-130 cm	Argiles plastiques sur tout le profil, mais pas gorgées d'eau
Profondeur de la nappe à l'équilibre	112 cm	100 cm	52 cm
Texture dominante au niveau de la nappe	Limons sableux légèrement argileux	Argile	Argile lourde
Temps avant l'apparition de la nappe dans le trou de sondage	0	0	15 min ⁽¹⁾
Vitesse moyenne de remontée de la nappe	0,76 cm/min	0,93 cm/min	de 0,27 cm/min à moins de 0,01 cm/min
Temps pour arriver à l'équilibre	30 minutes	Une heure	Environ 30 heures

(1) À proximité de ce sondage, il a fallu presque quatre heures pour voir apparaître la nappe au fond d'un trou profond de 80 cm.

FIGURE 8 ÉVOLUTION DE LA PROFONDEUR DE LA NAPPE DANS LE TROU DE SONDAGE



Les résultats sont présentés dans le tableau IV (p. 412) et la figure 8 (ci-dessus). En règle générale, la remontée de la nappe dans le trou se fait d'abord rapidement, puis de plus en plus lentement. Cette constatation a été vérifiée par ailleurs, sur d'autres sondages. Dans le cas général (sondages 1 et 2), la présence d'une nappe est déjà perçue lors du sondage avec l'extraction de terre suintante et gorgée d'eau. Le délai d'attente de retour à l'équilibre variait sur ces deux exemples entre une demi-heure et une heure. L'attente permet d'avoir une vision plus exacte de la profondeur de la nappe (elle est moins profonde d'une vingtaine de centimètres que ce que laisse présager le seul sondage, sans attendre le retour à l'équilibre, sur nos deux exemples).

Le temps de retour très long à l'équilibre pour le sondage 3 apparaît lié à une conjonction de facteurs particuliers :

- la texture est très fine (argile lourde) ;
- le sol semble très peu structuré.

Ces facteurs conduisent sans doute à une teneur en eau du sol assez faible, même à saturation, et à des vitesses de déplacement de l'eau à l'intérieur du sol très lentes. Ainsi, il est difficile de visualiser la nappe et de déterminer sa profondeur dans ce type de sol, sans observer un important délai. Ce cas semble cependant être rare et n'a été que peu observé.

Il sera donc conseillé aux utilisateurs du guide des stations de laisser une latence d'une demi-heure avant de mesurer la profondeur de la nappe. L'existence de rares cas particuliers, nécessitant une attente plus longue, sera également signalée afin d'éviter les erreurs de diagnostic.

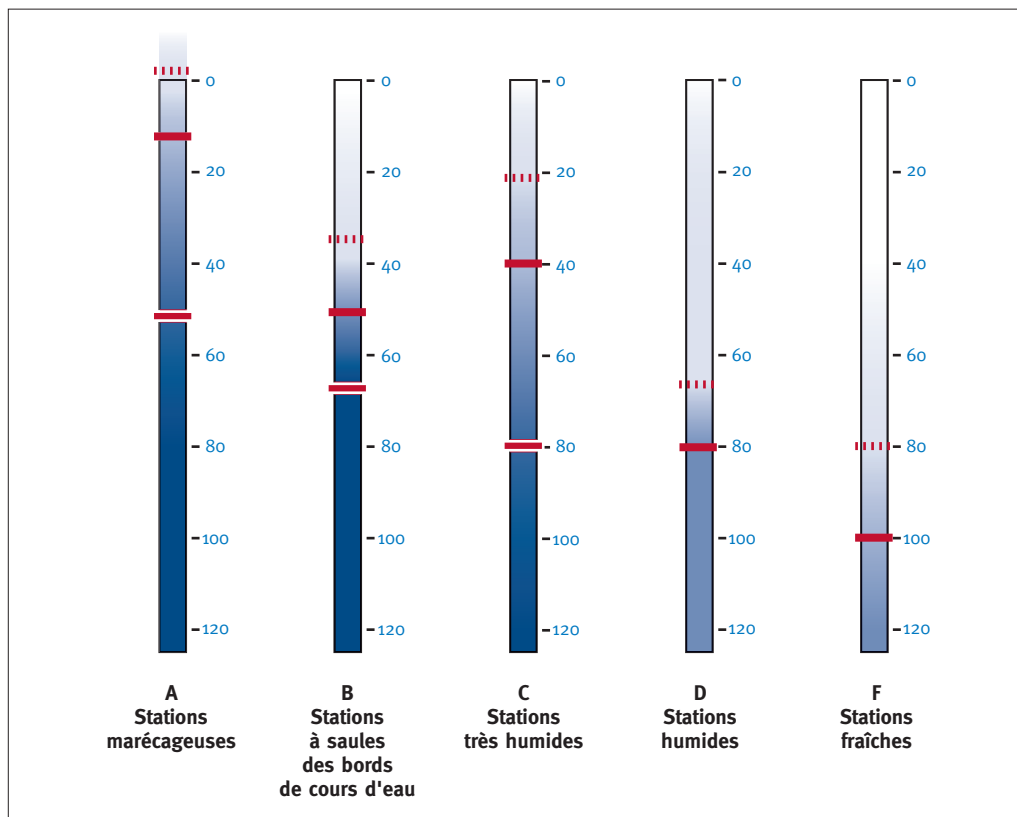
Tout critère de différenciation des stations présente une marge d'erreur ou des difficultés d'interprétation. La nappe alluviale n'échappe pas à cela. Il est donc nécessaire de savoir relativiser sa profondeur observée sur un sondage ponctuel lors des années particulièrement sèches ou des années très humides. Un unique relevé doit également être interprété selon qu'il est réalisé en début de saison de végétation (nappe généralement haute) ou en fin de saison de végétation (nappe généralement au plus bas). Cela nécessite une certaine pratique et reste soumis à l'appréciation de l'utilisateur. L'observation et l'appréciation des traces d'hydromorphie peuvent venir en complément de l'observation de la nappe, voire seules quand celle-ci est profonde. C'est la conjonction de plusieurs critères qui permet le plus souvent de conclure.

- *Décrire la profondeur de nappe dans chaque station*

La base de données établie pour consigner les relevés phytoécologiques ayant servi à construire le guide des stations permet dans un premier temps d'indiquer une donnée globale : la fréquence d'observation de la nappe à l'aide d'un sondage à la tarière pédologique (tarière de 120 cm) en saison de végétation. Par exemple, la nappe est presque toujours observée sur une station marécageuse (A), elle n'a en revanche été vue que dans 30 % des sondages en station humide (D), sur les relevés réalisés en période estivale pour la construction du guide.

FIGURE 9

**FRÉQUENCE D'APPARITION DE LA NAPPE
SELON LES GRANDS GROUPES D'UNITÉS STATIONNELLES**
Les profondeurs sont indiquées en cm



La nappe présente de fortes oscillations au niveau annuel, mais elles sont plus réduites en saison de végétation. Il a donc été décidé de fournir aux utilisateurs du guide des stations une information sur la profondeur de la nappe sur la période avril-septembre qui correspond à l'époque optimale d'utilisation de ce document. Par ailleurs, c'est aussi durant cette période que la profondeur de la nappe est importante pour l'alimentation en eau des arbres ou pour la limitation de la prospection racinaire sur les stations les plus humides.

Les données analogues à celles présentées en figure 2 et les résultats des piézomètres ont permis de construire les schémas présentés en figure 9 (p. 414). Nous avons retenu une approche probabiliste inspirée des statistiques descriptives pour tenir compte du caractère assez fluctuant du niveau de la nappe. Le dégradé traduit graphiquement la fréquence d'apparition du toit de la nappe. Le premier trait rouge pointillé indique la profondeur à partir de laquelle la nappe est présente dans 10 % des observations faites en saison de végétation sur cette famille de stations, le second repère celle à partir de laquelle elle est présente dans 25 % des cas. Le dernier indique le seuil de 75 %. Ainsi, il y a un peu plus de 10 % de chances que la nappe soit observée au-dessus de la surface en saison de végétation sur une station marécageuse (A). Sur une station fraîche de type F, la nappe ne sera présente au-dessus de 80 cm de profondeur que dans 10 % des cas et avant 1 m que dans 25 % des cas. Chacun de ces schémas a été mis en regard des profils pédologiques types dans le guide des stations.

Des données plus complètes (relevés piézométriques sur plusieurs dizaines d'années) permettraient d'obtenir une meilleure approche tenant compte de l'évolution de la profondeur de la nappe en saison de végétation. En effet, en règle générale, le niveau baisse depuis le printemps jusqu'à la fin de l'été. L'approche présentée en figure 6 ne traduit pas cette information. Un graphique sur la période avril-septembre donnant les valeurs statistiques usuelles (les quartiles par exemple) en fonction du temps apporterait une meilleure information.

Les limites de l'étude

En l'absence d'un dispositif coûteux de suivi périodique de la nappe (utilisation de sondes automatiques ; Dufour et Pont, 2006) l'investissement principal d'un dispositif de suivi de la nappe repose sur le temps passé à relever les niveaux. C'est la raison pour laquelle nous avons choisi d'effectuer des mesures de manière assez espacée dans le temps et d'arrêter les suivis au bout de quatre ans et demi. Ainsi, les résultats obtenus manquent parfois de précision, notamment pour le suivi des crues qui peuvent être des événements rapides se produisant parfois entre deux mesures hivernales. Ceci étant dit, le suivi des crues n'était pas la finalité première de nos investigations. Par ailleurs, une période de presque cinq années de relevés n'est *a priori* pas suffisante pour observer toute la variabilité possible : des événements ponctuels (très fortes crues, périodes de forte sécheresse) peuvent survenir avec une périodicité bien supérieure à quatre années. Il semble cependant que nous ayons, durant la période de mesures, connu à la fois des années sèches et humides.

Une possibilité d'amélioration du suivi du niveau des crues aurait été la pose d'un piquet gradué à proximité du piézomètre pour mesurer de loin le niveau en cas de crue empêchant d'aller jusqu'au tube. Avec une telle aide, la hauteur d'eau au-dessus du sol aurait pu être mesurée avec plus de précision.

L'analyse de l'évolution des nappes par station repose sur le classement de relevés phytoécologiques dans un type de station. Ce classement a été fait sommairement lors du choix de l'emplacement des piézomètres, la typologie des stations et la clé de détermination afférente n'étant pas encore construites à l'époque. Le classement a été examiné de nouveau à la fin de l'étude, en utilisant la typologie définitive, et quelques ajustements ont été réalisés. Il existe toujours

dans un classement en type de station une petite marge d'erreur, en particulier pour les stations alluviales qui sont assez complexes à analyser (flore indicatrice fortement liée au couvert, modifications anthropiques importantes sous les peupleraies...). Ainsi, il y a eu certaines hésitations pour le classement de relevés dont les caractéristiques étaient assez proches de celles d'une catégorie voisine, les gradients hydriques étant continus. Par ailleurs, le classement s'est opéré non seulement selon la topographie, l'absence ou la présence de certaines plantes indicatrices et les principales caractéristiques du sol, mais aussi parfois en utilisant la profondeur de la nappe. Ainsi, il existe une forme de biais, la nappe qui est le sujet d'étude étant aussi utilisée dans la clé de classement des stations.

CONCLUSIONS

La profondeur de la nappe apparaît comme un critère important pour la différenciation des stations en milieu alluvial. Cependant, cette donnée est soumise à des fluctuations qui peuvent être conséquentes. Il convient donc d'être prudent pour son utilisation, notamment lorsqu'une seule observation est réalisée : un résultat ponctuel ne remplace pas un suivi temporel. L'association de la profondeur de la nappe à des types de stations ou à des habitats n'est pas nécessairement aussi simple que ce que laissent à penser certaines publications. Par exemple, les aulnaies marécageuses sont souvent décrites comme des stations à nappe permanente et proche de la surface. L'analyse de stations à cortège floristique et à peuplement forestier typiques de cet habitat nous montre que la nappe descend parfois à plus d'un mètre de profondeur, en fin de saison de végétation, durant les années les plus sèches.

Les résultats obtenus aident à mieux connaître la profondeur des nappes et leur évolution dans des contextes de rivières à régime pluvial. Des périodes plus importantes de suivi, sur des sites plus diversifiés, conduiraient à l'obtention d'une banque de données qui permettrait d'affiner les connaissances.

Sylvain GAUDIN

Ingénieur expérimentation-développement
CRPF de Champagne-Ardenne
Maison régionale de la forêt et du bois
Complexe agricole du Mont-Bernard
Route de Suippes
F-51000 CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE
(sylvain.gaudin@crpf.fr)

Laurence CARNNOT-MILARD

Ingénieur environnement
CRPF de Champagne-Ardenne
Maison régionale de la forêt et du bois
Complexe agricole du Mont-Bernard
Route de Suippes
F-51000 CHÂLONS-EN-CHAMPAGNE
(laurence.carnnot@crpf.fr)

Remerciements

Les auteurs remercient les propriétaires qui ont accepté l'implantation de piézomètres sur leur terrain, les personnes (personnels du CRPF, stagiaires...) ayant participé à la réalisation des relevés (Bernard Bouchet, Nicolas Bretonneau, Michel Cazet, Yves Dehoche, Thomas Glay, Margot Guillen, Louis-Adrien Lagneau, Gérard Lebleu, Ludovic Lejour, Élie Louiggi, Florent Nonon, Jessica Perraud, Bernard Perrin, Christophe Pichery, Jean-Baptiste Richard, Emmanuel Rouyer, Marie-Pauline Tachon, Isabelle Taillefer, Marie Thiberville, Nicolas Vanderheeren) ainsi que les relecteurs de cet article.

BIBLIOGRAPHIE

- BAILLY (G.). — Catalogue des types de stations forestières de la plaine de Saône. — Dijon : CETEF Côte-d'Or, 1995. — 311 p.
- BERTHELOT (A.). — Typologie des stations dans les peupleraies cultivées. — *Revue forestière française*, vol. XLIX, n° 6, 1997, pp. 531-544.
- BISSARDON (M.), GUIBAL (L.). — Nomenclature CORINE Biotopes. Types d'habitats français. — Nancy : ENGREF — Laboratoire de Recherches en Sciences forestières, 1997. — 217 p.
- CARNNOT-MILARD (L.), GAUDIN (S.). — Les milieux alluviaux. Guide pour l'identification des stations et le choix des essences. — Châlons-en-Champagne : CRPF de Champagne-Ardenne, 2010. — 172 p.
- DUFOUR (S.), PONT (B.). — Protocole de suivi des forêts alluviales : l'expérience du réseau des réserves naturelles de France. — *Revue forestière française*, vol. LVIII, n° 1, 2006, pp. 45-60.
- HAUSCHILD (R.), ASAEL (S.). — Catalogue des types de stations forestières de la basse Plaine rhénane. — Strasbourg : GITE, ONF, CRPF, 1997. — 195 p.
- JABIOL (B.), LÉVY (G.), BONNEAU (M.), BRÊTHES (A.). — Comprendre les sols pour mieux gérer les forêts. — Nancy : AgroParisTech ENGREF, 2009. — 624 p.
- MADESCLAIRE (A.). — Les milieux forestiers du Ried de l'Ill et du Nonnenbruch. Guide pour l'identification des stations et le choix des essences. — Le Ban Saint-Martin : CRPF de Lorraine-Alsace, 1996. — 70 p.
- PAILLASSA (E.). — Les stations à Peuplier. — Paris : CNPPF-IDF, 2008. — 19 fiches.
- PARDON (F.), DEHOCHÉ (Y.). — Fluctuations de la nappe phréatique en vallée de Marne. — Châlons-en-Champagne : CRPF de Champagne-Ardenne, 1996. — 12 p. et annexes.
- PAUTOU (G.). — Écologie des formations riveraines de la Basse Isère, application à l'étude d'une nappe phréatique et de ses risques de pollution. — *Documents pour la carte de la végétation des Alpes*, 8, 1970, pp. 73-113, 2 cartes dépliantes hors texte.
- PAUTOU (G.), GIREL (J.), LACHET (B.), AIN (G.). — Recherches écologiques dans la vallée du Haut Rhône français. — *Document de cartographie écologique*, 22, 1979, pp. 5-63, deux cartes dépliantes hors texte.
- PIÉGAY (H.), PAUTOU (G.), RUFFINONI (Ch.). — Les forêts riveraines des cours d'eau. Écologie, fonctions et gestion. — Paris : Institut pour le Développement forestier, 2003. — 464 p.
- RAMEAU (J.-C.), GAUBERVILLE (C.), DRAPIER (N.). — Gestion forestière et diversité biologique. Identification des habitats et espèces d'intérêt communautaire. France atlantique. — Paris : Institut pour le Développement forestier, 2000. — 120 p. + classeur.
- SOPHOCLEOUS (M.). — Interactions between ground water and surface water: the state of the science. — *Hydrogeology Journal*, 10, 2002, pp. 52-67.
- TRÉMOLIÈRES (M.), EGLIN (I.), ROECK (U.), CARBIENER (R.). — The exchanges process between river and groundwater on the Central Alsace floodplain (Eastern France), I. The case of the canalised river Rhine. — *Hydrobiologia*, 254, 1993, pp. 133-148.

LE NIVEAU DE LA NAPPE ALLUVIALE EST-IL UN BON CRITÈRE POUR DIFFÉRENCIER LES STATIONS FORESTIÈRES DES VALLÉES ? [Résumé]

Les nappes alluviales interviennent dans le fonctionnement des stations forestières en milieu alluvial. Le niveau de ces nappes en Champagne-Ardenne a été suivi grâce à 24 piézomètres implantés en fonction de la diversité des conditions de milieu qu'ils traduisaient. Les résultats montrent une certaine variabilité saisonnière et interannuelle du niveau des nappes. Par ailleurs, les niveaux et les fluctuations des nappes peuvent être différents au sein même des sols de forêts classées dans la même famille stationnelle. Cependant, moyennant certaines précautions, le niveau des nappes peut être utilisé pour aider à différencier et à caractériser les stations forestières alluviales.

IS THE ALLUVIAL AQUIFER LEVEL A RELEVANT CRITERION FOR DIFFERENTIATING FOREST SITES IN VALLEYS? [Abstract]

In alluvial environments, the aquifers impact forest site function. The level of those aquifers in Champagne-Ardenne was monitored using 24 piezometers set up on the basis of the diversity of the environmental conditions they reflect. Results show there is some seasonal and inter-annual variability of aquifer level. Furthermore, the levels and fluctuations of alluvial aquifers are sometimes different even within forest soils classified in the same site family. However, providing some precautions are taken, alluvial aquifer level may be used to assist in differentiating and characterising alluvial forest sites.
