Prolifération spectaculaire d'*Azolla filiculoides* (*Azollaceae, Pteridophyta*) dans le canal de Jouy près de Metz (Lorraine, France) à l'automne 2005

Serge MULLER

Laboratoire Biodiversité & Fonctionnement des Ecosystèmes, U.F.R. Sciences Fondamentales et Appliquées, Campus Bridoux, Université Paul Verlaine – Metz, avenue du Général Delestraint, F-57070 Metz (muller@univ-metz.fr)

Muller, S., 2006. Prolifération spectaculaire d'*Azolla filiculoides* (Azollaceae, Pteridophyta) dans le canal de Jouy près de Metz (Lorraine, France) à l'automne 2005. *Bulletin de la Société des naturalistes luxembourgeois* 107 : 31-38.

Résumé. Le Ptéridophyte flottant *Azolla filiculoides* Lam. (*Azollaceae*) a présenté au cours de l'automne 2005 une prolifération spectaculaire dans le canal de Jouy près de Metz. L'article étudie l'évolution de la distribution et du recouvrement de l'espèce dans ce canal au cours de cet automne et analyse les conditions physico-chimiques et thermiques de sa prolifération. L'espèce s'y est développée dans des eaux alcalines et fortement minéralisées, riches en sulfates et chlorures, à niveau trophique variable, mais globalement plutôt faible. Sa prolifération au cours du mois d'octobre s'est faite dans des conditions thermiques exceptionnelles, avec des températures supérieures de 3 à 4°C aux valeurs normales de cette période. La surface occupée par l'espèce a commencé à régresser fin octobre et a brutalement chuté à la mi-novembre avec l'arrivée des températures hivernales.

Abstract. A spectacular proliferation of the water fern *Azolla filiculoides* Lam. (*Azollaceae*) appeared in autumn 2005 in the channel of Jouy nearby Metz. This paper describes the evolution of the distribution and cover of this species in the channel during that autumn and analyses the physical, chemical and temperature features of this proliferation. The fern spread in highly mineralised and alkaline water, with a high rate of sulphates and chlorides, and a variable, but rather weak, trophic level. Its proliferation in October occurred under very particular thermal conditions, corresponding to temperatures 3 to 4°C above average. The area occupied by the water fern began to decrease at the end of October and fell abruptly in mid November with the beginning of winter temperatures.

1. Introduction

Azolla filiculoides Lam. est un Ptéridophyte annuel flottant, originaire du continent américain, qui a été introduit en Europe au 19ème siècle dans des aquariums et jardins botaniques, d'où il s'est échappé. Il s'y est naturalisé en de nombreux points, principalement dans l'Ouest de l'Europe (Prelli 2002). En Allemagne, l'espèce est surtout abondante dans le réseau hydrographique du Rhin, plus rarement dans ceux de l'Ems, de la Weser et de l'Elbe, dans le nord du Pays (Haeupler & Schönfelder 1988, Wolff et al. 1994, Bennert 1999). Elle n'est pas mentionnée dans la liste rouge des plantes vasculaires du Luxembourg (Colling 2005).

En France, elle est présente dans une grande partie du pays, mais surtout abondante dans les départements du Sud-Ouest, où ses proliférations peuvent conduire à des tapis denses et continus à la surface de l'eau (Muller 2004). En Alsace, l'espèce a d'abord été notée dans le Waldrhein, un affluent de l'Ill près de sa confluence avec le Rhin, près de Strasbourg (Jaeger 1952, Jaeger & Carbiener 1956), d'où l'espèce a essaimé à l'aval (Engel et al. 1975, Société d'Etude de la Flore d'Alsace 1982). Mais elle forme également, depuis les années 1980, des populations stables dans le réseau hydrographique du Rhin à l'amont de cette confluence (Wolff et al. 1994, Bennert 1999).

En Lorraine, Millarakis (2003) ne mentionne pas *Azolla filiculoides* dans son étude des Ptéridophytes du département de la Meuse. Klein & Vanderpoorten (1999) la citent dans la liste des végétaux aquatiques de la rivière Moselle,

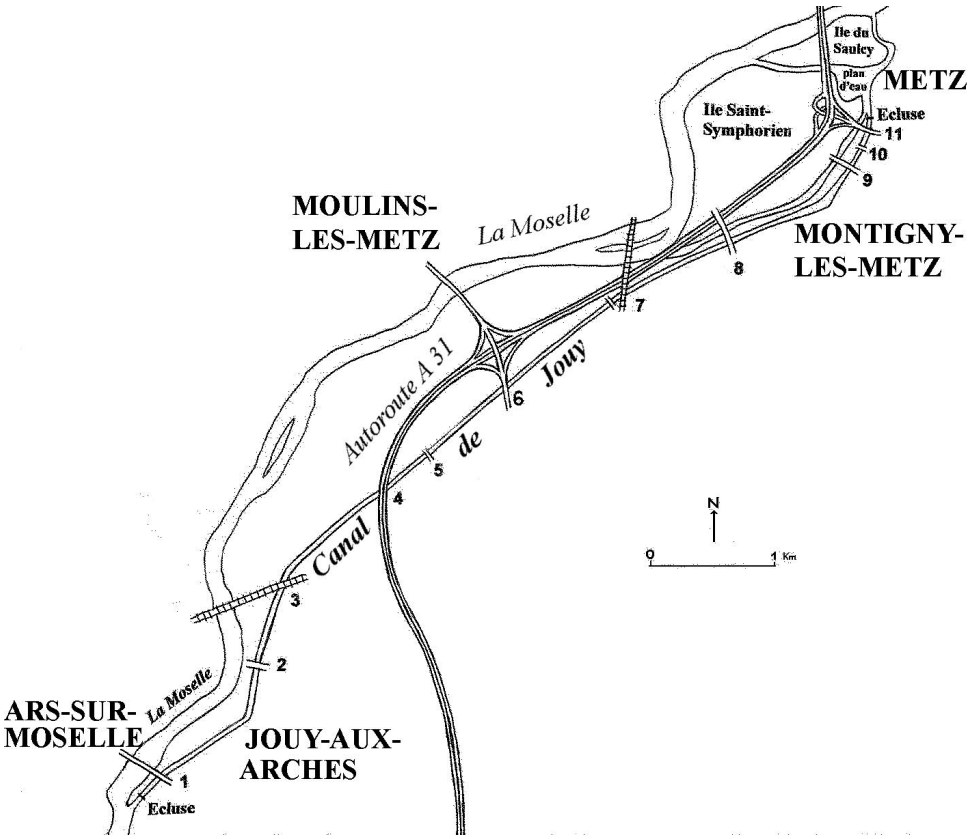


Fig. 1. Schéma du « canal de Jouy » entre Ars-sur-Moselle et Metz. **1** = Pont d'Ars-sur-Moselle ; **2** = Passerelle de la Polka ; **3** = Pont de la voie ferrée de Jouy-aux-Arches ; **4** = Pont de l'autoroute A31 ; **5** = Passerelle de Tournebride ; **6** = Pont de l'échangeur autoroutier Metz-Sud ; **7** = Pont du Haut-Rhêle et pont de la voie ferrée de Montigny-lès-Metz ; **8** = Pont des Couvents ; **9** = Pont Saint-Symphorien ; **10** = Passerelle Hegly ; **11** = Pont de l'échangeur autoroutier de Metz-Centre.

mais sans indiquer de localités précises. Vernier (2001), qui considère l'espèce comme très rare en Lorraine, l'indique en quelques stations de la vallée de la Moselle aux environs de Metz. Sa présence a toutefois été signalée, de manière ponctuelle et éphémère, dans la vallée de la Moselle en Allemagne, ainsi que dans celles de certains des affluents de cette rivière comme la Sarre et la Nied, à proximité immédiate du territoire lorrain (Sauer 1993, Parent 1997, Bennert 1999).

Très peu de travaux ont été consacrés jusqu'à présent, depuis les premières études menées par P. Jaeger en Alsace, à l'étude des modalités, causes et conséquences des invasions de l'espèce en Europe. L'objectif de notre étude a ainsi consisté à étudier la phénologie et les conditions physico-chimiques et thermiques de sa prolifération dans la région messine à l'automne 2005.

2. Historique de la présence d'*Azolla filiculoides* dans la région messine et le canal de Jouy

La présence d'*Azolla filiculoides* dans les plans d'eau des environs de Metz est connue depuis près d'un siècle, à la suite de sa découverte par l'abbé A. Friren le 19 septembre 1911 « *dans un petit étang situé entre la Moselle et son bras mort, en avant*

du pont de chemin de fer vis-à-vis Longeville » (Friren 1911). L'espèce s'y est maintenue et a essaimé les années suivantes dans des fossés et canaux voisins (dont probablement celui de Jouy). Elle n'a plus été revue en 1935 et 1936, mais y a reparu en 1937 à la suite d'un repeuplement avec des plantes en provenance du Jardin botanique de Metz, qui serait également à l'origine du premier peuplement (Fleur 1938, Walter 1938).

Ce Ptéridophyte n'avait plus été observé dans les environs de Metz après la deuxième guerre mondiale, ce qui avait conduit Parent (1997) à indiquer qu'il « *semble y avoir disparu* ». Il y a été retrouvé à l'automne 1998 dans le canal de Jouy, à proximité de Metz par D. Burvenich et révélé par P. Kieffer lors de la séance du 15 octobre 1998 de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle (cf. bulletin de liaison de la S.H.N.M. n° 466, décembre 1998). Selon des informations fournies par M. Burvenich, l'espèce s'y serait maintenue en faibles populations jusqu'en 2002, puis aurait ensuite disparu. Ce canal de Jouy, nommé canal de la Moselle sur les cartes I.G.N., a une longueur de 8,5 km et une largeur moyenne de 20 à 25 mètres, avec quelques zones plus larges (jusqu'à 40m), mais aussi quelques « goulots d'étranglement » au niveau de ponts, en particulier le pont du Haut-Rhêle, où sa largeur est inférieure à 10 mètres. Il a été construit entre 1867 et 1877 entre Jouy-aux-Arches et Metz, le long de la rivière Moselle (fig. 1).

3. Réapparition d'*Azolla filiculoides* dans le canal de Jouy en 2005

C'est le 1er octobre 2005 que nous avons à nouveau constaté la présence de tapis flottants importants d'*Azolla filiculoides* dans ce canal. L'espèce s'est encore étendue au cours de la première quinzaine d'octobre à la faveur de conditions climatiques très favorables, avec des températures minimales de l'air de l'ordre du 8 °C et maximales de l'ordre de 20 °C, soit 3 à 4 °C au-dessus des valeurs normales de cette période. Elle a alors colonisé pratiquement toute la longueur du canal et y a développé en plusieurs endroits des radeaux spectaculaires, formant sur toute la largeur du canal des colonies monospécifiques de ses frondes flottantes, à teinte automnale lie de vin très caractéristique. A de rares endroits seulement, *Azolla filiculoides* y était accompagné par *Lemna minuta* et *L. minor*, dans un groupement à pleustophytes très voisin du *Lemno minusculae-Azolletum filiculoidis* décrit par Felzines & Loiseau (1991) dans la vallée de la Loire, ainsi que par Wolff et al. (1994) dans la plaine du Rhin. Quelques autres hydrophytes sont présents dans le canal, en particulier *Nuphar lutea, Ceratophyllum demersum* et *Myriophyllum spicatum*, ainsi que des peuplements étendus de l'espèce protégée régionale *Vallisneria spiralis.*

4. Abondance et distribution d'*Azolla filiculoides* dans le canal de Jouy en octobre 2005

Une étude de la distribution et une estimation de l'abondance d'*Azolla* ont été réalisées le 22 octobre tout au long des 8,5 km du canal. Cette étude a montré des recouvrements très variables d'*Azolla* sur les différents tronçons du canal. L'espèce est peu abondante au début du canal (secteur d'Ars-sur-Moselle et de Jouy-aux-Arches) et ne commence à former des tapis denses qu'aux abords de la passerelle de la Polka (n° 2 sur fig. 1). Elle est ensuite régulièrement présente sur les rives du canal (recouvrement de l'ordre de 10 à 20%) jusqu'au niveau du pont de l'échangeur autoroutier Metz-Sud (n° 6). Son recouvrement augmente par la suite (entre 30 et 40%), mais c'est au niveau du pont du Haut-Rhêle et du pont SNCF de Montigny-lès-Metz (n° 7) que l'espèce forme un « bouchon » dense à recouvrement de 100 % sur environ 300 m. Son recouvrement passe ensuite à nouveau sous la barre des 50 % (fig. 2). Il ne dépasse ce seuil que ponctuellement au niveau du pont Saint-Symphorien (n° 9) et reforme un peuplement à 100 % près de l'écluse terminale. En fait l'espèce forme des colonies très denses dans les secteurs abrités et les « goulots d'étranglement » du canal (largeur plus faible au niveau de passages de ponts) et de ses coudes, où s'accumulent les tapis flottants d'*Azolla* entraînés par le vent et les déplacements des masses d'eau. Ces radeaux sont toutefois très mobiles. Ainsi ils ont été totalement modifiés au cours de la nuit du 22 au 23 octobre (cf. photos, fig. 2 et 3), sous l'effet d'un fort vent d'Ouest qui a disloqué le « bouchon » du pont SNCF et



Fig. 2. Le canal entre la passerelle Hegly n° 10 (d'où est prise la photo) et le pont de l'échangeur autoroutier de Metz-Centre (n° 11) le 22 octobre : *Azolla filiculoides* ne forme que des plages restreintes sur les bordures du canal.

a entraîné tout le tapis d'*Azolla* à l'extrémité Nord-Est du canal, où il formait le 23 octobre au matin un radeau quasi ininterrompu de 500 m de longueur (fig. 3).

Les surfaces occupées par *Azolla* ont commencé à régresser à partir de fin octobre. Elles ont fortement chuté à partir de la mi-novembre, avec l'arrivée des températures hivernales. A la fin du mois de novembre, il ne subsistait plus que quelques plages isolées dans des endroits abrités. A la mi-décembre, l'espèce avait presque totalement disparu.

De la même manière, dans le Waldrhein en Alsace « l'espèce ne se développe que timidement pendant les mois d'été pour exploser littéralement en fin de saison (septembre-octobre) au point de couvrir, parfois complètement, la surface de l'eau d'un tapis herbacé olivâtre qui ne tarde pas à se colorer en rouge-brique » (P. Jaeger, *in* Engel et al. 1975). Toutefois en Alsace l'espèce résiste bien au froid et a pu être observée sous une couche de glace épaisse de plusieurs centimètres en décembre, puis se redévelopper après le dégel (Jaeger, 1952).

5. Caractéristiques de l'eau du canal de Jouy à l'automne 2005

Des prélèvements d'eau, réalisés le 12 octobre 2005 en 3 points, ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques dont les résultats sont présentés dans le tabl. 1.

Il s'agit d'une eau alcaline et fortement minéralisée, riche en chlorures et sulfates. Le niveau trophique est assez variable, mais relativement faible, alors que l'espèce est souvent considérée dans la bibliographie comme indicatrice d'une eau eutrophe (Bennert 1999, Prelli 2002 ; Lambinon et al. 2004). Toutefois il est connu que sa symbiose avec des Cyanobactéries fixatrices d'azote atmosphérique lui permet de se développer dans des eaux pauvres en éléments azotés (GIS « Macrophytes des Eaux continentales » 1997). En Alsace il a aussi été noté que l'espèce était indifférente au degré de pollution de l'eau, « prospérant tout aussi bien dans les eaux polluées de l'Ill que dans celles, remarquablement limpides, du Waldrhein ou de l'Altwasser » (Jaeger & Carbiener, 1956)

6. Conditions thermiques de la prolifération d'*Azolla filiculoides* dans le canal de Jouy à l'automne 2005

Azolla filiculoides a bénéficié des températures très douces du début de l'automne. La température de l'eau a été mesurée en 3 points du canal de Jouy toutes les semaines au lever du jour de la mi-octobre à la mi-



Fig. 3. La même zone le 23 octobre au matin : le peuplement d'*Azolla filiculoides* couvre tout le canal.

décembre. L'évolution de cette température de l'eau est représentée sur la fig. 4.

La température de l'eau s'est maintenue aux environs de 14°C jusqu'à la fin du mois d'octobre, puis a diminué régulièrement au cours des mois de novembre et décembre. Cette diminution des températures a été synchrone de la régression des peuplements d'*A. filiculoides.*

7. Les autres stations actuelles d'*Azolla filiculoides* en Lorraine

Un inventaire des autres stations actuelles d'*Azolla filiculoides* de la région messine et de Lorraine a été réalisé à partir des données bibliographiques récentes (Vernier 2001) et d'une enquête auprès des botanistes lorrains, complétée par des prospections de terrain. Ces premières investigations ont permis d'établir l'observation récente de l'espèce dans 4 autres sites de la vallée de la Moselle aux environs de Metz, qui ont été visités en octobre 2005. Du Sud vers le Nord, ce sont les sites suivants (les deux premiers au Sud de Metz, les deux derniers au Nord de cette ville) :

- Pont-à-Mousson (54), dans le canal bordant l'île d'Esch, où une prolifération importante a été constatée en 2000 (observation N. Georges et N. Pax). En octobre 2005, aucune fronde d'*A. filiculoides* n'était visible dans le canal.
- Novéant-sur-Moselle (57), où D. Burvenich nous a signalé une prolifération d'*Azolla filiculoides* dans une gravière en bordure de la Moselle il y a quelques années. En 2005, seuls des tapis flottants de *Lemna minuta* couvraient totalement le plan d'eau.
- Argancy (57), où un peuplement important d'*Azolla filiculoides* avait été observé en 1999 par G. Thiébaut dans une gravière située sur la rive droite de la Moselle, à proximité de l'usine hydro-électrique. En octobre 2005, le plan d'eau de cette gravière à l'abandon (intitulée « Arg. 1 » sur le tabl. 2) présente un recouvrement d'*Azolla* compris entre 25 et 50%. L'espèce y est également présente en quelques taches dans un étang situé un peu plus au Nord (intitulée « Arg. 2 » sur le tabl. 2), en bordure du terrain de football.
- Ennery (57), au lieu-dit « Fond de Ham », dans une ancienne gravière aménagée en étang de pêche. En 1999, la totalité de l'étang de 7 ha, propriété de Monsieur P. Jacques, a été recouvert par *A. filiculoides*. Cette prolifération a suivi un chaulage réalisé quelques mois auparavant par le propriétaire en vue de diminuer l'envasement de l'étang. L'espèce n'était plus présente que ponctuellement au cours des années suivantes. Seules quelques frondes étaient présentes en octobre 2005 (P. Jacques, comm. pers.). L'espèce a également été mentionnée par la même personne sur un autre étang d'Ennery vers la ferme de Mancourt.

Tabl. 1. Caractères physico-chimiques de l'eau en 3 points du canal (1 = au niveau de la Tuilerie de Jouy-aux-Arches, 2 = au niveau de la voie ferrée de Montigny-lès-Metz, 3 = au niveau du passage de la bretelle d'autoroute de Metz-Centre).

Station	NH_4mg N/L	NO_2 mg N/L	NO_3 mg N/L	PO_4 µg P/L	Cl mg/L	SO_4 mg/L	TAC meq/L	Cond µS/cm	pH
1	0,05	0,03	1,95	88	450	100	2,20	1710	7,78
2	0,01	0,01	1,74	18	420	104	2,20	1660	7,72
3	0,02	0,01	1,20	4	420	93	1,82	1600	7,65

Tabl. 2. Caractères physico-chimiques de l'eau dans deux étangs à *Azolla filiculoides* situés à Argancy (Arg. 1 et Arg. 2).

Station	NH_4mg N/L	NO_2 mg N/L	NO_3 mg N/L	PO_4 µg P/L	Cl mg/L	SO_4 mg/L	TAC meq/L	Cond µS/cm	pH
Arg. 1	0,19	0,02	0,04	330	400	54	3,42	1200	7,50
Arg. 2	0,04	0,00	0,02	7	260	59	2,52	1660	7,50

Des analyses d'eau (tabl. 2), effectuées le 20 octobre 2005 dans les deux stations d'*Azolla* à Argancy, permettent de caractériser les conditions physico-chimiques du développement de ce Ptéridophyte flottant dans les plans d'eau de la région messine. Elles montrent des caractéristiques de minéralisation voisines de celles du canal de Jouy et à nouveau la large amplitude trophique des eaux dans lesquelles l'espèce peut apparaître dans cette région.

La répartition lorraine de l'espèce reste donc circonscrite, dans les connaissances actuelles, au réseau hydrographique de la Moselle dans la région messine (entre Pont-à-Mousson et Ennery). Il conviendra toutefois d'être attentif à son apparition dans d'autres secteurs.

8. Nuisances créées par les proliférations d'*Azolla filiculoides* en Lorraine

Lorsque l'espèce forme un tapis continu à la surface de l'eau, cette prolifération peut conduire à des phénomènes d'anoxie du plan d'eau, provoquant des mortalités importantes de poissons et d'autres espèces animales (GIS « Macrophytes des Eaux continentales » 1997). C'est ce qui s'est produit dans l'étang de Monsieur P. Jacques à Ennery en 1999, où l'invasion d'*Azolla* a conduit à la mort de tous les poissons de l'étang, même les poissons-chats (P. Jacques, comm. pers.). Pour le canal de Jouy, nous n'avons noté aucune mortalité de poissons à l'automne 2005 et les pêcheurs restaient toujours aussi nombreux à tremper leurs lignes dans le canal au mois d'octobre. Cette absence d'impact piscicole négatif est sans doute liée à la saison automnale et la durée limitée de sa prolifération, ainsi qu'au recouvrement seulement partiel d'*Azolla* et au déplacement de ses radeaux au gré des mouvements d'eau dans le canal.

Dans notre région, les proliférations d'*A. filiculoides* semblent donc présenter actuellement un caractère irrégulier (se reproduisant tous les 5 à 10 ans) et éphémère (se développant surtout en automne), ce qui en limite les impacts négatifs.

9. Conclusions

Azolla filiculoides a présenté à l'automne 2005 un phénomène de prolifération spectaculaire et temporaire dans le canal de Jouy. Cette prolifération s'est développée à la faveur de conditions thermiques exceptionnelles. Elle n'était pas, apparemment, le résultat d'une quelconque pollution ou altération de la qualité de l'eau, mais seulement l'expression de conditions physico-chimiques et thermiques ayant permis l'expansion de l'espèce. Dans la plupart des

autres sites de la région de Metz où des proliférations de l'espèce avaient été observées à la fin des années 1990, l'espèce n'était pas présente ou seulement ponctuellement en 2005. Le déterminisme précis des proliférations de l'espèce en Lorraine reste donc à élucider. Dans ce but, il est prévu de réaliser un recensement plus complet de tous les sites où *Azolla* est présent en Lorraine et d'y effectuer un suivi régulier des variations de ses populations, en les corrélant avec les variables environnementales et climatiques.

Remerciements

Je remercie vivement P. Rousselle (Université Paul Verlaine – Metz), qui a réalisé les analyses d'eau, ainsi que P. Jacques qui m'a transmis les informations sur les proliférations d'*Azolla* dans son étang d'Ennery. Ma gratitude s'adresse également à P. Bournac (Marly), D. Burvenich (Ars-sur-Moselle), C. Courte et T. Duval (Bureau d'études ECOLOR, Fénétrange), P. Dardaine (Vandoeuvre-lès-Nancy), P. Kieffer (Metz), J.-P. Klein (Nancy), N. Pax (Metz), M.-C. Peltre (Université Paul Verlaine – Metz), F. Ritz (Association Floraine), G. Seznec (Conservatoire & Jardins botaniques de Nancy), G. Thiébaut (Université Paul Verlaine – Metz), F. Vernier (Association Floraine), M. Voirin (Bureau d'étude ESOPE, Hagondange), qui m'ont communiqué leurs données sur la distribution de l'espèce en Lorraine. Je suis aussi très reconnaissant à P. Wolff (Saarbrücken) pour sa relecture de l'article et ses commentaires pertinents, ainsi qu'à Y. Krippel (Luxembourg) pour sa relecture critique et ses corrections.

Bibliographie

Bennert, H. W. (coll. K. Horn, J. Benemann & T. Heiser), 1999. Die seltenen und gefährdeten Farnpflanzen Deutschlands. Biologie, Verbreitung, Schutz. Bundesamt für Naturschutz, Bonn-Bad Godesberg, 381 pp.

Colling, G., 2005. Red List of the Vascular plants of Luxembourg. *Ferrantia* 42, 72 pp.

Engel, R., P. Jaeger, E. Kapp, G. Ochsenbein & V. Rastetter, 1975. Contribution à la connaissance de la flore d'Alsace et des Vosges. *Bulletin de l'Association Philomathique d'Alsace et de Lorraine* 15 : 61-84.

Felzines, J.C. & J.E. Loiseau, 1991. Une association à *Lemna minuscula* et *Azolla filiculoides* dans les vallées de la Loire moyenne et du Bas-Allier. *Le Monde des Plantes* 441 : 6-9.

Fleur, E., 1938. L'île de Saint-Symphorien. Sa flore entre 1935 et 1938. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle* 35 : 55-58.

Friren, A., 1911. Le genre *Azolla* aux environs de Metz en 1911. *Bulletin de la Société d'Histoire Naturelle de la Moselle* 27 : 83-89.

GIS « Macrophytes des Eaux continentales », 1997. Biologie et écologie des espèces végétales proliférant en France. Synthèse bibliographique. Les Etudes de l'Agence de l'Eau 68, 199 pp.

Haeupler, H. & P. Schönfelder, 1988. Atlas der Farn- und Blütenpflanzen der Bundesrepublik Deutschland. Ulmer Verlag, Stuttgart, 768 pp.

Jaeger, P., 1952. Note provisoire sur le comportement de l'*Azolla filiculoides* Lmk. dans le système du confluent de l'Ill (région de Strasbourg). *Le Monde des Plantes* 283/284 : 61-62.

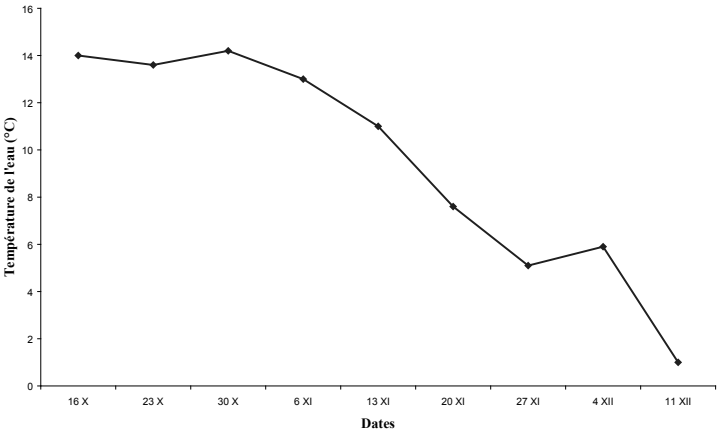


Fig. 4. Evolution de la température matinale de l'eau du canal de Jouy au cours de l'automne 2005.

Jaeger, P. & R. Carbiener, 1956. Les *Azolla* du confluent de l'Ill (observations et expérimentations). *Bulletin de l'Association Philomathique d'Alsace et de Lorraine* 9 : 183-190.

Klein, J.-P. & A. Vanderpoorten, 1999. Inventaire des plantes aquatiques du lit majeur de la Moselle (France, Luxembourg et Allemagne). *Willemetia* 18 : 1-6.

Lambinon, J., L. Delvosalle & J. Duvigneaud (& coll.), 2004. Nouvelle Flore de la Belgique, du Grand-Duché de Luxembourg, du Nord de la France et des Régions voisines (Ptéridophytes et Spermatophytes). 5ème édition. Editions du Patrimoine du Jardin botanique national de Belgique, Meise, 130 + 1167 pp.

Millarakis, P., 2003. Lycopodes, prêles et fougères du département de la Meuse. Bulletin de la Société des Sciences Naturelles et d'Archéologie de Haute-Marne, n.s., année 2003, 2 : 98-107.

Muller, S. (coord.), 2004. Plantes invasives en France. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 168 pp. (Patrimoines naturels 62).

Parent, G.H., 1997. Atlas des Ptéridophytes des régions lorraines et vosgiennes, avec les territoires adjacents. *Travaux scientifiques du Musée National d'Histoire Naturelle de Luxembourg* 25, 307 pp.

Prelli, R. (coll. M. Boudrie), 2002. Les fougères et plantes alliées de France et d'Europe occidentale. Belin, Paris, 432 pp.

Sauer, E., 1993. Die Gefässpflanzen des Saarlandes, mit Verbreitungskarten. *Aus Natur und Landschaft im Saarland*, Sonderband 5. Hrsg. Minister für Umwelt des Saarlandes u. Delattinia, Saarbrücken, 707 pp.

Société d'Etude de la Flore d'Alsace, 1982. Flore d'Alsace. 2ème édition. Société d'étude de la Flore d'Alsace, Strasbourg, 637 pp.

Vernier, F., 2001. Nouvelle Flore de Lorraine. Nouvelle édition revue, corrigée et augmentée du Massif Vosgien. Kruch, Raon-l'Etape, 544 pp.

Walter, E. 1938. Fougères de la région vogéso-rhénane. II. Hydroptéridinées (Fougères aquatiques). *Bulletin de l'Association Philomathique d'Alsace et de Lorraine* 8 (6) : 550-554.

Wolff, P., H. Diekjobst & A. Schwarzer, 1994. Zur Soziologie und Ökologie von *Lemna minuta* H., B. & K. in Mitteleuropa. *Tuexenia* 14 : 343-380.

Note ajoutée en cours d'impression (le 20 novembre 2006) : Aucune fronde d'*Azolla filiculoides* n'a pu être observée dans le canal de Jouy au cours de l'été et de l'automne 2006.