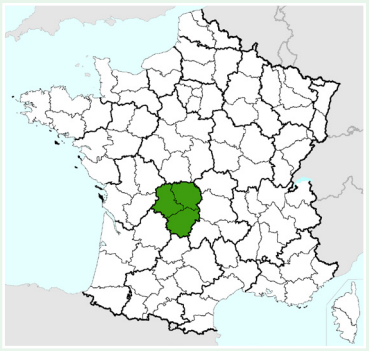

État des lieux des espèces du genre *Isoëtes* en Limousin (*Isoëtaceae, Lycophyta*)

Michel BOUDRIE
F-87000 LIMOGES
michelboudrie@orange.fr

Mickaël MADY
F-87000 LIMOGES
mickael.mady@cbnmc.fr

Laurent CHABROL
F-87000 LIMOGES
laurent.chabrol@cbnmc.fr

À l'heure de la finalisation de cet article, une nouvelle station d'*Isoëtes echinospora* vient d'être découverte en eau stagnante sur la commune de Faux-la-Montagne, en Creuse (M. Mady, lac de Faux-la-Montagne, 01/10/15, 25 pieds au sein d'un gazon amphibie vivace à *Eleocharis acicularis* immergé sous 0,6 m d'eau).

Résumé : La situation des espèces du genre *Isoëtes* est préoccupante en Limousin comme dans le reste de la France métropolitaine. Sur les trois espèces mentionnées historiquement dans la région, seul *Isoëtes echinospora* est observé régulièrement depuis le XIXe siècle, mais, pour plusieurs stations en étangs, il n'a pas été revu depuis les années 1980, alors que d'autres populations ont été recensées récemment en cours d'eau, conditions écologiques originales pour cette espèce. *Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* vient d'être redécouvert en Creuse et l'unique station régionale d'*Isoëtes lacustris* s'est avérée correspondre à une erreur de détermination suite à l'examen de la planche originale d'herbier. L'historique de la connaissance des stations est donné, ainsi que l'état des lieux des populations des trois espèces mentionnées en Limousin en préalable à la rédaction d'un plan régional de conservation en leur faveur.

Mots-clés : *Isoëtes*, Limousin, étangs, cours d'eau, état des lieux.

Abstract : The situation of the *Isoëtes* species is worrisome in the Limousin region as in the rest of France. Over three species historically mentioned in the area, only *Isoëtes echinospora* is regularly observed since the XIXth century, but, for several stands in ponds, it has not been seen again since the 1980s, whereas other populations were recently found in streams, which is an unusual ecological condition for this species. *Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* has just been rediscovered in the department of Creuse and the presence of *Isoëtes lacustris* previously mentioned in only one locality in Limousin turned out to correspond to an error of determination after examination of the original herbarium sheet. The history of the knowledge of stations is given, as well as the current situation in Limousin of the populations of these three species as prerequisites for the preparation of a regional plan of preservation in their favor.

Key-words : *Isoëtes*, Limousin, ponds, streams, current situation.

Introduction

Le genre cosmopolite *Isoëtes* L. comprend environ 140 espèces dont neuf sont actuellement reconnues en France (Tison & de Foucault, 2014). La plupart d'entre elles sont considérées comme rares à très rares dans les différentes régions françaises, notamment celles liées aux biotopes aquatiques ou amphibies. Toutes sont protégées au niveau national. Parmi ces dernières, quatre figurent sur la *Liste rouge des espèces menacées en France* (UICN France, FCBN & MNHN, 2012) : *Isoëtes velata* A. Braun [« En danger » pour *I. velata* subsp. *tenuissima* (Boreau) O. Bolòs & Vigo et « Vulnérable » pour *I. velata* A. Braun subsp. *velata*], *I. boryana* Durieu (« En danger »), *I. echinospora* Durieu (« Vulnérable ») et *I. setacea* Lam. (« Vulnérable »). La situation précaire des espèces de ce genre nous a incités à dresser l'état des lieux historique, ancien et actuel des stations des espèces connues en Limousin et de faire le point sur les données populationnelles.

La nomenclature utilisée suit celle proposée par Tison & de Foucault (2014).

Les acronymes des herbiers cités respectent l'Index Herbariorum (http://sweetgum.nybg.org/ih/).

I - Aperçu général sur les *Isoëtes* signalés en Limousin, répartition globale et écologie

Trois taxons aquatiques sont mentionnés en Limousin : *Isoëtes echinospora* Durieu, *Isoëtes lacustris* L. et *Isoëtes velata* A. Braun subsp. *tenuissima* (Boreau) O. Bolòs & Vigo. Ils sont présentés dans les paragraphes suivants.

Une quatrième espèce, *Isoëtes histrix* Bory, qui se développe dans les pelouses rases temporairement inondées, a été signalée par Badré & Deschâtres (1979) en Haute-Vienne, sans localité précise. Dans son fichier manuscrit, É. Contré écrit au sujet de cette espèce « *signalé par erreur par Boreau en Haute-Vienne, par confusion avec I. echinospora* » (Boudrie, 1988). Cette information a conduit Boudrie (1988) à considérer qu'*Isoëtes histrix* n'a jamais été trouvé en Limousin. Cependant, ce taxon est présent à Lathus (86) dans la vallée de la Gartempe, à moins de 5 km de la limite départementale avec la Haute-Vienne. De ce fait, la prospection de pelouses temporairement inondées sur des coteaux exposés au sud des vallées de la Gartempe et de la Vienne pourrait conduire à sa découverte éventuelle en Haute-Vienne.

A - *Isoëtes echinospora* Durieu (Isoète à spores épineuses)

L'espèce est qualifiée de circumboréale (Taylor *et al*., 1993). Son aire couvre la partie nord de l'Amérique du Nord, le nord-ouest de la Russie, dans la région du lac Baïkal, les Pays Baltes, l'ouest et le centre de l'Europe jusqu'au sud des Alpes et Pyrénées, ainsi que la Norvège, le Danemark, la Suède, la Finlande, l'Islande et les îles Féroé (Snogerup & Snogerup, 2000).

Actuellement, *Isoëtes echinospora* est présent dans onze départements français (Figure 1) : dans le Massif central (Haute-Vienne, Creuse, Corrèze, Puy-de-Dôme et Lozère) ; dans les Pyrénées (Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne, Ariège et Pyrénées-Orientales) et dans les Vosges où il a été revu en 2012 dans sa dernière station au lac de Longemer (J.-C. Ragué, comm. pers., 2012). Cet *Isoëtes* a également été découvert en 2012 dans un étang de la Nièvre (G. Robbe, comm. pers., 2013). L'espèce est présumée disparue de Loire-Atlantique, où les dernières observations au lac de Grand-Lieu datent de la fin des années 1960 (Dupont, 2001, 2003 ; Prelli, 2002) et elle n'a pas été revue depuis 1986 dans le Cantal (Antonetti *et al*., 2006).

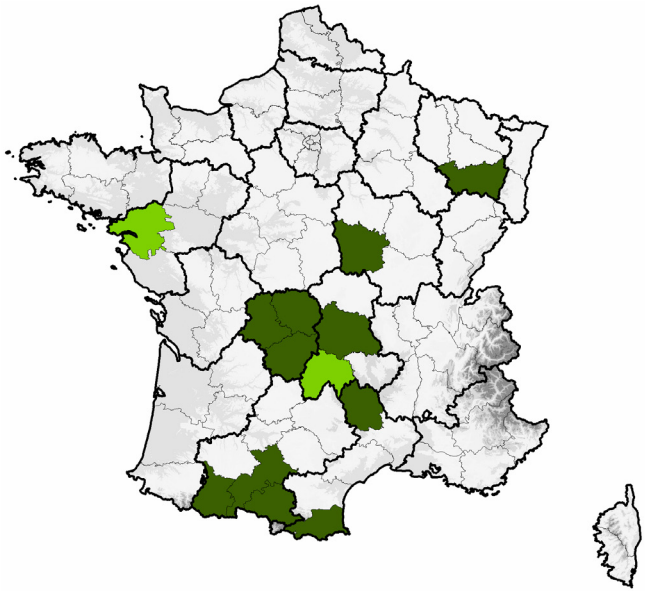

Figure 1. Répartition française d'*Isoëtes echinospora* Durieu

Isoëtes echinospora se développe sous l'eau jusqu'à plus de 1 m de profondeur, en bordure des étangs et lacs des régions granitiques ou volcaniques aux eaux claires et acides. Le substrat est graveleux ou sablonneux, souvent un peu vaseux et parfois tourbeux (Prelli, 2002). En France, l'espèce se rencontre exceptionnellement en eau courante sur le plateau de Millevaches en Limousin dans les rivières et ruisseaux de tête de bassin versant aux eaux froides, acides et oligotrophes en périphérie de systèmes tourbeux-paratourbeux. En Europe du Nord, l'espèce se développe également en eau courante et dans les eaux saumâtres, ainsi que dans des eaux plus eutrophes (Snogerup & Snogerup, 2000). En France, l'altitude des stations est comprise entre 350 m en Limousin et plus de 2 000 m dans les Pyrénées (Prelli, 2002). La plante forme rarement des peuplements importants et se trouve plutôt par pieds isolés. Elle peut se trouver émergée naturellement en cours d'été sur des plages exondées ou à l'occasion de vidanges de plans d'eau.

Au plan phytosociologique, elle se rencontre, en France, dans les gazons amphibies vivaces du ***Lobelio dortmannae-Isoetion*** Pietsch 1965 et du ***Littorellion uniflorae*** W. Koch 1926 (de Foucault, 2010).

B - *Isoëtes lacustris* L. (Isoète des lacs)

Il occupe une très large répartition dans l'hémisphère nord : nord-est de l'Amérique du Nord, sud du Groenland, ouest et centre de l'Europe, Norvège, Danemark, Suède, Finlande, Islande, îles Féroé, Pays Baltes, nord-ouest de la Russie (Snogerup & Snogerup, 2000).

En France, *Isoëtes lacustris* est actuellement présent dans neuf départements de montagnes cristallines (Figure 2) : dans les Pyrénées (Hautes-Pyrénées, Haute-Garonne, Ariège, Pyrénées-Orientales), dans les Vosges, dans le Morvan (Nièvre) et dans le Massif central (Puy-de-Dôme, Haute-Loire et Lozère).

L'espèce était signalée en 1966 en Corrèze à Saint-Merd-les-Oussines (Brunerye, 1971 ; Boudrie, 1988 ; Brugel *et al*., 2001) mais cette donnée s'avère erronée (voir III-B) ; elle était également signalée en Bretagne dans le Finistère à l'étang de Rosporden en 1898 où elle a été recherchée mais non revue depuis (des Abbayes *et al.*, 1971).

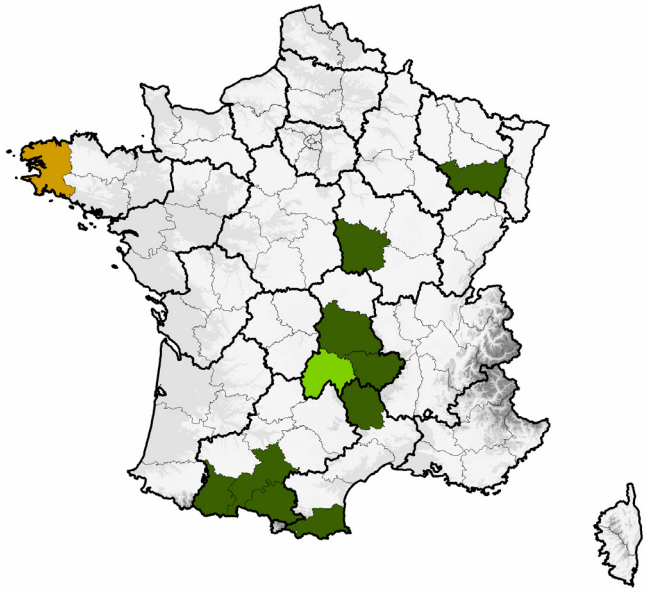

Figure 2. Répartition française d'*Isoëtes lacustris* L.

Isoëtes lacustris se développe sous 0,5 m à plus de 1 m d'eau, en bordure des étangs et des lacs, dans les régions granitiques ou volcaniques (Prelli, 2002). En Auvergne, dans le lac de Servières, l'espèce se développe entre 1,1 et 4,3 m de profondeur moyenne et disparaît au-delà de 6 m de profondeur (PNR Volcans d'Auvergne, 2009). L'espèce se rencontre dans des eaux claires et acides, avec un fond de graviers ou de sable, généralement peu envasé (Prelli, 2002). Le voisinage de rochers est constaté sur plusieurs sites en Suisse (Käsermann & Moser, 1999). L'espèce est également signalée parfois en eau courante en Europe du Nord (Snogerup & Snogerup, 2000) et en Amérique du Nord (Taylor *et al*., 1993). L'altitude des stations françaises est comprise entre 580 m (Morvan) et 2 300 m (Pyrénées).

Contrairement à *Isoëtes echinospora*, *I. lacustris* peut former des populations denses et étendues (gazons), mêlées à *Littorella uniflora*. En fin d'été, les plantes les plus proches des rives peuvent être temporairement exondées. En France, il se rencontre dans les gazons amphibies vivaces du ***Lobelio dortmannae-Isoetion*** Pietsch 1965 et du ***Littorellion uniflorae*** W. Koch 1926 (de Foucault, 2010).

C - *Isoëtes velata* A. Braun subsp. *tenuissima* (Boreau) O. Bolòs & Vigo (Isoète très ténu)

Cet *Isoëtes* est endémique des étangs du centre de la France (Figure 3). Il existe actuellement dans deux régions :

- Centre où il est présent dans l'Indre, dans douze étangs de la Brenne répartis sur six communes et non revu sur quatre communes, et dans le Loir-et-Cher où il vient d'être revu en 2010 dans un étang de Sologne alors que les dernières mentions remontaient à la deuxième moitié du XIX^{e} siècle (J. Cordier, comm. pers., 2010). Le taxon est considéré comme « En danger critique d'extinction (CR) » en région Centre (Cordier, 2010) ;

- Poitou-Charentes où il n'est présent que dans la Vienne dans quelques étangs du Montmorillonnais, revu en 2012 par Y. Sellier (Chastenet *et al*., 2013).

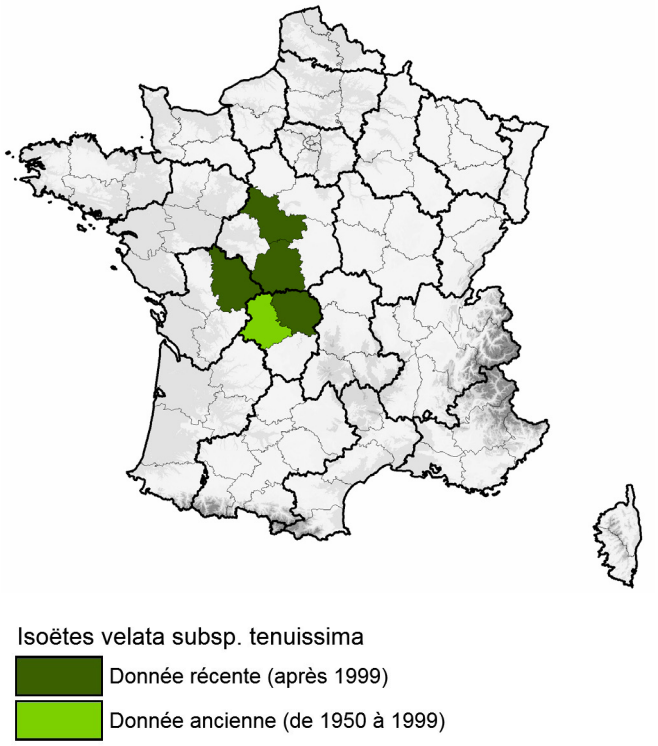

Figure 3. Répartition française d'*Isoëtes velata* A. Braun subsp. *tenuissima* (Boreau) O. Bolòs & Vigo

Cette sous-espèce qui n'avait pas été revue depuis près de trente ans en Limousin dans quelques étangs de Basse-Marche vient d'être redécouverte très récemment dans le département de la Creuse.

La donnée de B. de Foucault à l'étang de Beaurepaire (Géhu & de Foucault, 1988) dans le nord des Deux-Sèvres est douteuse et n'a jamais été confirmée sur le terrain malgré les prospections (F. Fy, comm. pers., 2012) ; de plus, elle n'est pas reprise par l'auteur dans la synchorologie du ***Littorello uniflorae-Isoetetum tenuissimae*** (Allorge & Gaume 1925) Géhu & B. Foucault 1988 (de Foucault, 2010).

Isoëtes velata subsp. *tenuissima* se développe dans les eaux oligotrophes des étangs du centre de la France, préférentiellement sur substrat sableux (Prelli, 2002) ou graveleux (Géhu & de Foucault, 1988). La plante reste immergée ou peut être exondée en été quand le niveau d'eau baisse (Prelli, 2002). Les stations se situent autour de 100 m d'altitude en Brenne, 160 m d'altitude dans le Montmorillonnais et 378 m en Creuse.

En France, *Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* se rencontre dans les gazons amphibies vivaces de l'***Eleocharition acicularis*** W. Pietsch 1967 (de Foucault, 2010).

II - Matériel et méthodes

Dans cette note, nous présentons l'historique de la connaissance des stations et les résultats des mesures quantitatives des populations d'*Isoëtes* actuellement connues en Limousin. Un travail d'acquisition des données stationnelles des cours d'eau à *Isoëtes echinospora* a été réalisé sur le plateau de Millevaches (Mady *et al.*, 2014), situation écologique originale pour cette espèce en France.

Notre démarche a consisté, dans un premier temps, à extraire les données contenues dans CHLORIS®, système d'information dédié à la flore sauvage et aux végétations du Massif central du Conservatoire botanique national du Massif central (« CBNMC ») dans lequel sont enregistrées des informations issues d'herbiers, de la bibliographie et des observations de terrain des botanistes. Sur cette base et grâce aux témoignages de L. Brunerye, de R. Pradinas et de l'un d'entre nous (M.B.), des prospections ciblées ont été menées en 2012 et 2014 dans les stations anciennes et récentes. Le dénombrement des individus a été réalisé en parcourant à pied les stations à l'aide d'un aquascope. Un pointage GPS a été réalisé à l'amont et à l'aval des populations en eau courante et au cœur des stations (centroïde) en eau stagnante.

III – Résultats et bilan actuel

A - *Isoëtes echinospora* Durieu

Pour cette espèce, il convient de distinguer deux situations écologiques fondamentalement différentes : les eaux stagnantes oligotrophes des étangs des secteurs froids (habitat classiquement mentionné pour l'espèce) et les eaux courantes des ruisseaux et rivières (habitat original abritant l'espèce sur le plateau de Millevaches).

1. En eau stagnante

a. Historique des connaissances

D'après Le Gendre (1922) l'espèce était connue de cinq stations d'eau stagnante (Tableau 1). Trois d'entre elles n'ont jamais fait l'objet d'un dénombrement d'individus : étang de Cieux (Cieux, 87), étang des Oussines (Saint-Merd-les-Oussines, 19) et marécages entre Bouroux et Les Chabannes commune de Tarnac (19). Après consultation des cartes IGN 1/25 000 récentes, l'indication « Les Chabannes » pourrait correspondre au village de Chabennes (Tarnac, 19) et « Bouroux » au hameau de Bourroux (Peyrelevade, 19). Dans les deux autres stations, nous disposons de données quantitatives : étang de la Pêcherie à La Crouzille (Saint-Sylvestre, 87) où l'espèce est connue au moins depuis le 15 décembre 1865 (cf. spécimens récoltés par É. Lamy, *in* herbier général P, P01217421 !) et étang de Sagnat (Bessines-sur-Gartempe, 87) où l'espèce est connue au moins depuis 1888 (herbier C. Le Gendre, Limoges).

Chassagne (1956) cite également les stations de l'étang des Oussines (Corrèze) et de l'étang de Sagnat à Bessines (Haute-Vienne).

Concernant l'étang de Bournel situé en amont de l'étang des Oussines, une récolte d'*Isoëtes* avait été effectuée en 1966 par L. Brunerye et déterminée à l'époque comme *I. lacustris* (Brunerye, 1971 ; Boudrie, 1988). Or, l'examen de la planche originale d'herbier de L. Brunerye (Photo 1) mené

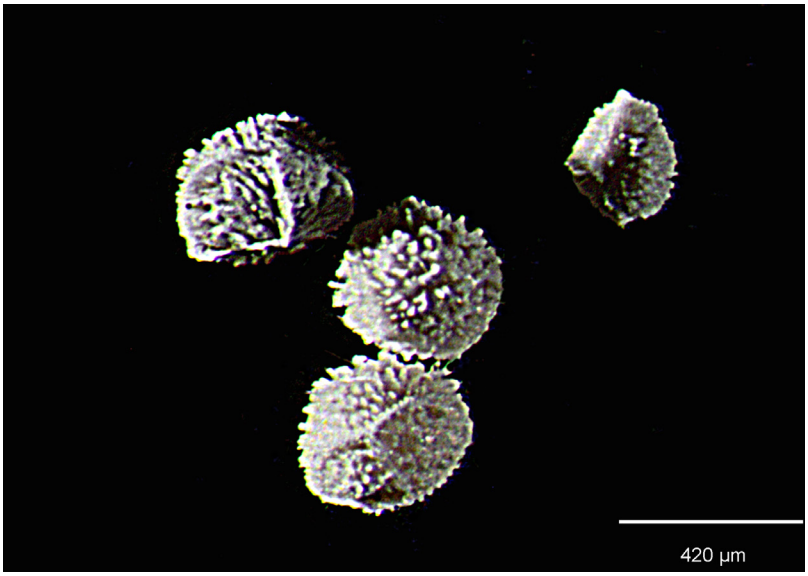

Photo 2. Mégaspores nettement échinulées (= *I. echinospora*) des spécimens étiquetés « *Isoëtes lacustris* L. » dans l'herbier de L. Brunerye (© M. Mady, 2015).

Photo 1. Planche d'herbier de L. Brunerye d'*Isoëtes echinospora*, déterminée initialement comme *Isoëtes lacustris* ; étang de Bournel, Saint-Merd-les-Oussines, Corrèze, juillet 1966 (© M. Mady, 2015).

début 2015 est sans équivoque : les mégaspores prélevées sur les lycophylles les plus externes sont en grande majorité non matures et les quelques-unes arrivées à maturité sont distinctement échinulées (Photo 2). Nous constatons également que les individus collectés possèdent des lycophylles étroites et arquées (Photo 1). La plante prélevée en 1966 à l'étang de Bournel est en réalité, non pas *Isoëtes lacustris*, mais *Isoëtes echinospora*, espèce déjà signalée dans ce secteur, notamment dans l'étang de Saint-Merd-les-Oussines situé un kilomètre environ en aval.

Le vieil étang de Bournel est situé en amont de l'étang des Oussines, auquel il est relié par un petit ruisseau sans nom sur les cartes, affluent en rive droite de la Vézère. Selon L. Brunerye (comm. écrite, 2014), l'*Isoëtes* se développait au sein d'un gazon amphibie vivace à *Littorella uniflora*, *Luronium natans*, *Ranunculus aquatilis* groupe, *Eleocharis palustris* et *Potamogeton polygonifolius*. Par la suite, recherché sans succés :

- en 1986, l'étang était envasé et il n'y avait plus d'*Isoëtes*, seulement *Littorella uniflora* et *Luronium natans* (L. Brunerye, comm. écrite, 2014) ;

- à diverses reprises dans les années 90 (M.B.) ;

- en 2002, l'étang était vide suite à une rupture de digue et *Lycopodiella inundata* était très abondant dans l'ancien fond de l'étang (L. Brunerye, comm. écrite, 2014 ; obs. M.B. et L.C., 28 août 2002) ;

- en 2008 (L. Brunerye, M. Botineau, A. Vilks et L.C.) ;

- en 2012 (L. Mahaut) ;

- en 2014, l'étang est envahi par les *Salix* et *Molinia caerulea* (L. Brunerye, comm. écrite, 2014).

b. État des lieux actuel

Seuls deux étangs de Haute-Vienne abritent encore *Isoëtes echinospora* : l'étang de Sagnat à Bessines-sur-Gartempe et l'étang de la Crouzille à Saint-Sylvestre. La situation de l'espèce semble défavorable à l'étang de Sagnat où le dernier dénombrement de 2012 mentionne cinq pieds tandis que 80 pieds avaient été dénombrés en 1996 (Tableau 1). La population de l'étang de la Crouzille est contrôlée régulièrement par les services de l'agglomération de Limoges Métropole dans le cadre d'un suivi scientifique de l'impact de travaux menés en 2012 sur une canalisation. Les effectifs sont assez fluctuants et, bien que l'espèce ne forme plus un gazon très épais dans le fond de l'étang comme le signalait Lamy (1868), elle semble bien s'y maintenir (plus de mille individus comptabilisés en 2009). Elle avait été recherchée sans résultat par plusieurs botanistes au début des années 1990. Elle a été retrouvée en 1996 sur quelques dizaines de mètres carrés puis en 2008 où plus de cent individus ont été dénombrés (Tableau 1). Dans ce plan d'eau, aucun individu n'a été observé en phase aquatique. Il faut attendre des étiages exceptionnels ou des travaux nécessitant une baisse de la cote du plan d'eau pour voir apparaître de jeunes pieds d'*Isoëtes echinospora* se développer sur les plages les plus organiques de l'étang.

Outre le fait que toutes les espèces d'*Isoetes* sont protégées au niveau national, la population de l'étang de la Crouzille est protégée par un arrêté préfectoral de protection de biotope, mais celle de l'étang de Sagnat ne fait, pour l'instant, l'objet d'aucune mesure de protection légale ou contractuelle.

Nom de la station (altitude, commune, département)	Date obs.	Effectifs dénombrés (nombre de pieds)	Observateur(s) (réf. bibliographique)
Étang de Cieux (289 m, Cieux, 87)	Vers 1850	Non dénombrés	M.C. Durieu de Maisonneuve (Le Gendre, 1922)
Marécages entre Chabennes (827 m, Tarnac, 19) et Bourroux (Peyrelevade, 19)	1898	Non dénombrés	E. Gonod d'Artemare (Le Gendre, 1922)
Étang de Saint-Merd-les-Oussines (836 m, Saint-Merd-les-Oussines, 19)	1851	Non dénombrés	E. Gonod d'Artemare (Le Gendre, 1922)
	21 août 1938	Non dénombrés	C. Sarrassat (Herbier général P : P01250236 !)
	4 juillet 1962	Abondant, individus non dénombrés	L. Brunerye (L. Brunerye, comm écrite, 2014)
	2 août 1975	Un individu	L. Brunerye et R. Maisonneuve (L. Brunerye, comm écrite, 2014)
Étang de Bournel (870 m, Saint-Merd-les-Oussines, 19)	10 juillet 1966	Non dénombrés	L. Brunerye (Révision de la planche de l'herbier privé de L. Brunerye étiquetée « *Isoëtes lacustris* L. »)
Étang de la Crouzille (426 m, Saint-Sylvestre, 87)	15 décembre 1865	« … *forme un gazon très épais au fond du vaste étang de la Pêcherie, à la Crouzille*… »	É. Lamy (Herbier général P : P01217421 ! ; Lamy, 1868)
	1895	Les étiquettes des parts d'herbiers mentionnent « *abondante sur les bords de cet étang* » mais les individus ne sont pas dénombrés.	J. Soulat-Ribette (petit herbier Le Gendre déposé actuellement à la station universitaire du Limousin à Meymac, 19)
	1996	Non dénombrés	É. Brugel, O. Dom, E. Hennequin et I. Oliviero (Boudrie *et al*., 1997)
	2008	110	A. Goudour et O. Dom (Chabrol *et al*., 2009)
	2009	1037	A. Goudour (Goudour, 2010)
	2012	77	A. Goudour (Goudour, 2012)
	2014	242	A. Goudour, M. Mady et P. Gatignol (Goudour, 2014)
Étang de Sagnat (331 m, Bessines-sur-Gartempe, 87)	24 novembre 1888	Non dénombrés	C. Le Gendre (Boudrie, 1988)
	30 septembre 1923	Non dénombrés	L. de Vergnes (Herbier général P : P01217434 !)
	1985	Non dénombrés	M. Boudrie et R. Prelli (Boudrie, 1988)
	1996	80	M. Boudrie (Boudrie *et al*., 1997)
	2003	50	M. Boudrie et L. Chabrol (Chloris ®)
	2012	5	L. Mahaut (Chloris ®)

Tableau 1. Stations anciennes et actuelles d'*Isoëtes echinospora* en eau stagnante recensées en Limousin (seules les dates les plus anciennes et les plus récentes ainsi que quelques dates intermédiaires sont indiquées).

2. En eau courante

a. Historique des connaissances

L'unique mention limousine historique d'*Isoëtes echinospora* en eau courante est signalée en 1897 par Lachenaud en Corrèze (*in* Boudrie, 1988) « *dans un petit ruisseau à fond très tourbeux à Graffeuille, commune de Champagnac-la-Noaille* » qui correspond à un spécimen d'herbier (herbier C. Le Gendre, Limoges) jadis déterminé comme *Isoëtes lacustris*. L'espèce n'a jamais été retrouvée dans cette localité malgré des recherches ciblées en 2010 (A. Goudour et M.M.) et 2013 (M.M.). Les secteurs favorables à l'espèce sont aujourd'hui peu nombreux en raison du fort taux de boisement des berges des petits cours d'eau et de nombreux étangs se sont construits ou ont été réaménagés aux alentours de Graffeuille. Il est d'ailleurs possible que la station historique signalée par Lachenaud en 1897 soit aujourd'hui sous les eaux de l'étang du Prévot, sur la commune mitoyenne de Clergoux.

b. État des lieux actuel

Entre 1996 et 2012, sept stations d'*Isoëtes echinospora* réparties dans six cours d'eau limousins appartenant aux bassins Loire-Bretagne et Adour-Garonne ont été découvertes (Tableau 2). Toutes sont localisées à la façade occidentale du plateau de Millevaches. À notre connaissance, il s'agit des seules stations françaises d'eau courante connues pour

Nom de la station (altitude, commune, département)	Date 1re obs.	Observateur(s) (réf. bibliographique)	Effectifs dénombrés (nombre de pieds)	Observateur(s) - année du dénombrement
Ruisseau à Graffeuille (558 m, Champagnac-la-Noaille, 19)	1897	G. Lachenaud (Boudrie, 1988)	Non dénombrés	/
Ruisseau de Beauvais (643-646 m, Royère-de-Vassivière, 23)	1996	É. Brugel (Boudrie *et al*., 1997)	163	CBNMC* - 2012
Ruisseau de Haute-Faye (646-648 m, Royère-de-Vassivière, 23)	1996	É. Brugel (Boudrie *et al*., 1997)	91	CBNMC* - 2012
Rivière Vézère en aval de Bugeat (669 m, Bugeat, 19)	2010	R. Pradinas (Brunerye *et al.*, 2010)	487	CBNMC* - 2012
Rivière Vézère en aval de Saint-Merd-les-Oussines (774 m, Saint-Merd-les-Oussines, 19)	2010	R. Pradinas (Brunerye *et al.*, 2010)	265	CBNMC* - 2012
Rivière Maulde en aval du lac de Faux-la-Montagne (664-668 m, Faux-la-Montagne, 23)	2011	M. Mady (Chabrol *et al*., 2011)	232	CBNMC* - 2012
Rivière Vienne, du Moulin de Luguet au lac de Servières (748-750 m, Peyrelevade, 19)	2012	L. Mahaut	62	CBNMC* - 2014
Ruisseau du Pont de Caux (748 m, Peyrelevade,19)	2012	L. Mahaut	5	CBNMC* - 2012

Tableau 2. Stations anciennes et actuelles d'*Isoëtes echinospora* en eau courante recensées en Limousin. (CBNMC* = travaux menés par L. Mahaut, M. Mady et L. Chabrol en 2012 et par M. Mady en 2014.)

cette espèce qui est habituellement rencontrée dans des lacs d'altitude et plans d'eau.

Ces cours d'eau à *Isoëtes echinospora* sont tous localisés à une altitude comprise entre 643 m (ruisseau de Beauvais) et 774 m (Vézère à Saint-Merd-les-Oussines). Ils présentent des caractéristiques communes : petits ruisseaux de tête de bassin versant avec un lit mouillé large de 2 à 3 m (ruisseau de Haute Faye) et rivières plus importantes avec un lit mouillé large jusqu'à 21 m (Maulde à Faux-la-Montagne, Vézère à Bugeat). Leur tracé est méandriforme lorsqu'ils traversent les tourbières et plus rectiligne dans les secteurs moins organiques. Leurs eaux sont acides, fraîches, bien oxygénées, peu impactées par les éléments azotés et phosphatés et leurs fortes concentrations en carbone organique dissous sont à relier à l'environnement des stations, majoritairement tourbeux à paratourbeux (Mady *et al*., 2014). La bonne qualité physico-chimique des eaux est renforcée par la présence de la Moule perlière (*Margaritifera margaritifera*), espèce très sensible à la pollution, dans quatre des six cours d'eau.

La Vézère présente les plus importantes populations d'*Isoëtes echinospora* en eau courante (Tableau 2). La station de Bugeat compte près de cinq cents individus répartis sur 219 m de cours d'eau. La Maulde et les ruisseaux de Haute-Faye et Beauvais présentent des populations d'*Isoëtes echinospora* comprises entre 232 et 91 individus dispersés sur des linéaires assez longs (entre 1 km et 2,9 km de cours d'eau). La Vienne et le ruisseau du Pont de Caux à Peyrelevade possèdent des populations très faibles (respectivement 62 et 5 individus). Sur la Vienne, les individus sont répartis sur environ 4 km de cours d'eau contre 0,25 km pour le ruisseau du Pont de Caux.

Sur les sept populations d'*Isoëtes echinospora* en eau courante, cinq se trouvent en périmètre Natura 2000 dans un habitat relevant de la directive [3260-1 : Rivières (à Renoncules) oligotrophes acides (indication provisoire, typification de l'association végétale en cours] : ruisseaux de Haute-Faye et de Beauvais, la Vézère à Saint-Merd-les-Oussines, la Maulde et la Vienne. Seules deux stations en eau courante ne font l'objet d'aucune mesure de protection légale ou contractuelle : la Vézère à Bugeat et le ruisseau du Pont de Caux à Peyrelevade.

Pour l'ensemble de ses stations en eau stagnante et courante, *Isoëtes echinospora* est coté « CR » (En danger critique) selon la *Liste rouge de la flore vasculaire de la région Limousin* [Antonetti *et al*., 2013]. Cette cotation tient principalement compte de la situation très précaire du taxon en eau stagnante. Le Limousin est certainement l'une des dernières régions françaises où de nouvelles stations sont encore découvertes, qui plus est dans un biotope totalement inhabituel pour l'Hexagone (eaux courantes acides oligotrophes du plateau de Millevaches).

B - *Isoëtes lacustris* L.

1. Historique des connaissances

Isoëtes lacustris a été signalé par erreur dans le *Catalogue des plantes du Limousin* (Le Gendre, 1922) sur la commune de Champagnac-la-Noaille (Corrèze) d'après une observation et récolte de Lachenaud. La plante correspondait en fait à *I. echinospora* (Boudrie, 1988). Il existe une autre citation ancienne d'*I. lacustris* de Gonod d'Artemare (1898) qui indique : « *qu'il vient de faire avec M. Lachenaud, de Limoges, une exploration botanique des tourbières du plateau de Millevaches ; les deux botanistes ont trouvé nombres de mousses rares et intéressantes, et de plus, au lac des Oussines, l'Isoëtes lacustris L., submergé dans un mètre d'eau, et assez commun*. ». Au vu de l'erreur de détermination déjà commise par Lachenaud pour la plante de Champagnac-la-Noaille et en l'absence de planche d'herbier à notre connaissance, nous considérons cette donnée comme douteuse et se rapportant très probablement à *I. echinospora*, espèce signalée à l'étang de Saint-Merd-les-Oussines jusqu'en 1975 (voir III-A-1-a).

Isoëtes lacustris a également été observé dans l'étang de Bournel à Saint-Merd-les-Oussines en Corrèze par L. Brunerye le 10 juillet 1966 (Brunerye, 1971). L'examen de la planche originale d'herbier de L. Brunerye mené début 2015 a montré que la plante récoltée en 1966 correspond à *I. echinospora* (voir III-A-1-a).

2. Situation actuelle en Limousin et effectifs

D'après nos dernières investigations, *Isoëtes lacustris* semble donc ne jamais avoir existé en Limousin. L'espèce est actuellement cotée « RE » (Disparue au niveau régional) dans la *Liste rouge de la flore vasculaire de la région Limousin* [Antonetti *et al*., 2013] mais elle sera retirée de cette liste lors de sa prochaine réactualisation.

C - *Isoëtes velata* A.Braun subsp. *tenuissima* (Boreau) O.Bolòs & Vigo

1. Historique des connaissances

Cet *Isoëtes* était connu de quatre localités limousines (Tableau 3). Deux d'entre elles (étangs de la Chaume en Creuse et des Landes en Haute-Vienne) sont des plans d'eau devenus très eutrophes au cours des dernières décennies (pêche intensive à la carpe ou amendements calciques importants en périphérie). Les deux autres (étangs de Pinaud en Creuse et du Rischauveron en Haute-Vienne) qui abritaient autrefois l'espèce sont moins touchées par l'eutrophisation.

Nom de la station (altitude, commune, département)	Date 1re obs.	Observateur(s) (réf. bibliographique)	Date dernière obs.	Effectifs dénombrés (nombre de pieds)	Observateur(s) (réf. bibliographique)
Grand Étang du Rischauveron (209 m, Azat-le-Ris, 87)	02 septembre 1847	T. Chaboisseau (Herbier général P : P01282579 !, P01282561 !, P01282562 ! ; Le Gendre, 1922)	07 août 1921	Non dénombrés	L. de Vergnes (Herbier général P : P01282602 ! ; P01282603 !)
Étang des Landes (272 m, Les Grands Chézeaux, 87)	26 août 1894	A. Legrand (Le Gendre, 1922)	30 août 1986	Une cinquantaine de pieds	M. Boudrie et P. Plat (Plat, 1987)
Étang de la Chaume (326 m, Azerables, 23)	1925	L. Rallet (Rallet *et al*., 1969)	29 août 1985	Une quinzaine de pieds	M. Boudrie et R. Prelli (Boudrie, 1988)
Étang de Pinaud (397 m, Saint-Julien-le-Châtel / Saint-Chabrais, 23)	1897-1935	L. Rallet (Sarrassat, 1935)	Août 1937	Non dénombrés	Cl. Sarrassat (Contré, 1978)
Étang des Landes (378 m, Lussat, 23)	19 mai 2014	K. Guerbaa	/	Une dizaine de pieds	K. Guerbaa (comm. pers., 2014)

Tableau 3. Stations anciennes et actuelles d'*Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* recensées en Limousin.

2. Situation actuelle en Limousin et effectifs

Les prospections récentes, menées de 2000 à 2012, n'ont pas permis de le retrouver dans ses stations signalées anciennement. Certaines stations comme le Grand Étang

Photo 3. *Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* sur une grève exondée de l'étang des Landes (Lussat, Creuse) (© K. Guerbaa, 19 mai 2014).

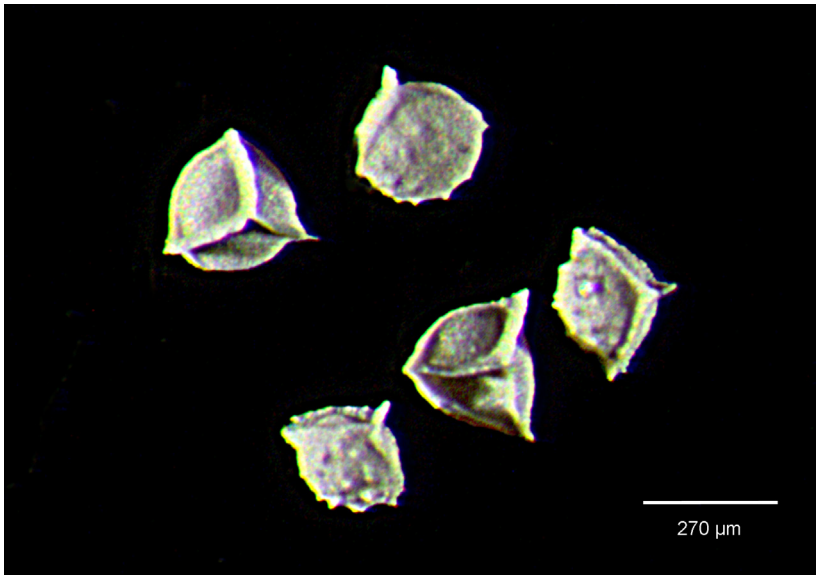

Photo 4. Mégaspores d'*Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* de l'étang des Landes (Lussat, Creuse), à surfaces lisses ou légèrement tuberculées et *laesura* très marquée, © M. Mady, 2015.

Photo 5. *Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* de l'étang des Landes (Lussat, Creuse) au sein d'un gazon amphibie vivace atlantique, © M. Mady, 10 juillet 2015.

du Rischauveron ou l'étang de la Chaume ont pourtant fait l'objet de recherches intensives sans succès (G. Filet, P. Chamberaud, L.C. et M.B., 4 août 2006). En revanche, une station nouvelle a été découverte par K. Guerbaa le 19 mai 2014 dans la réserve naturelle nationale de l'étang des Landes, sur la commune de Lussat (Creuse). Quelques lycophylles ont été prélevées par K. Guerbaa et transmises aux auteurs qui attestent l'identification : ces dernières sont fines et fragiles (Photo 3) et la majorité des mégaspores qu'elles contiennent à leur base sont pratiquement lisses ou présentent parfois quelques tubercules arrondis (Photo 4), à *laesura* très marquée. Cette nouvelle localité est située à moins de 10 km au nord-est de l'étang de Pinaud où le taxon avait été observé jusqu'en 1935. Dans la station, une dizaine de pieds d'*Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* ont été dénombrés (K. Guerbaa, comm. écrite, 2014) au sein d'un gazon amphibie vivace oligotrophile acidiphile atlantique dont nous rapportons ici un relevé phytosociologique :

23170 Lussat ; étang des Landes au sud du Genévrier ; 10 juillet 2015 ; M. Mady, K. Guerbaa et S. Bur ; relevé pluriponctuel ; surface du relevé de 2 m² ; 60 % de recouvrement total ; hauteur moyenne de végétation de 0,08 m ; bourrelet sablonno-argileux amphibie.

Hydrocotyle vulgaris 3, *Juncus bulbosus* subsp. *bulbosus* 3, *Agrostis canina* subsp. *canina* var. *canina* 2, *Mentha arvensis* 2, *Ranunculus flammula* var. *flammula* 2, *Baldellia repens* subsp. *cavanillesii* 1, *Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* +, *Galium palustre* +, *Veronica scutellata* +, *Juncus acutiflorus* (+), *Carex panicea* (+), *Molinia caerulea* (+).

À l'étang des Landes, d'après les deux années d'observations et le relevé phytosociologique effectué, *Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* ne se développe pas au sein du ***Littorello uniflorae-Isoetetum tenuissimae*** (Allorge & Gaume 1925) Géhu & B. Foucault 1988 mais dans une communauté de l'***Elodo palustris-Sparganion*** Braun-Blanq. & Tüxen *ex* Oberd. 1957, de niveau topographique moyen et longuement exondée (mai à octobre-novembre), sans *Littorella uniflora* (Photo 5). Fin juillet, les lycophylles se dessèchent et le taxon est invisible au sein du gazon amphibie vivace. Il réapparaît en hiver et au printemps lorsque le gazon amphibie est recouvert de plusieurs centimètres d'eau (K. Guerbaa, comm. pers.).

Cette sous-espèce est cotée « CR* » (En danger critique, non revue récemment) selon la *Liste rouge de la flore vasculaire de la région Limousin* [Antonetti *et al.*, 2013]. Sa redécouverte très récente permettra de la reconsidérer comme « CR » (En danger critique) lors d'une prochaine révision de la liste rouge.

Synthèse

Des trois espèces d'*Isoëtes* signalées historiquement en Limousin, seul *Isoëtes echinospora* a été observé régulièrement depuis le XIX^e^ siècle. Quelques pieds d'*Isoëtes velata* subsp. *tenuissima* viennent d'être découverts très récemment dans la Réserve naturelle nationale de l'étang des Landes, dans la Creuse, après 28 ans sans aucune observation régionale de ce taxon (Figure 9). Enfin, l'unique station régionale d'*Isoëtes lacustris* s'est avérée correspondre à

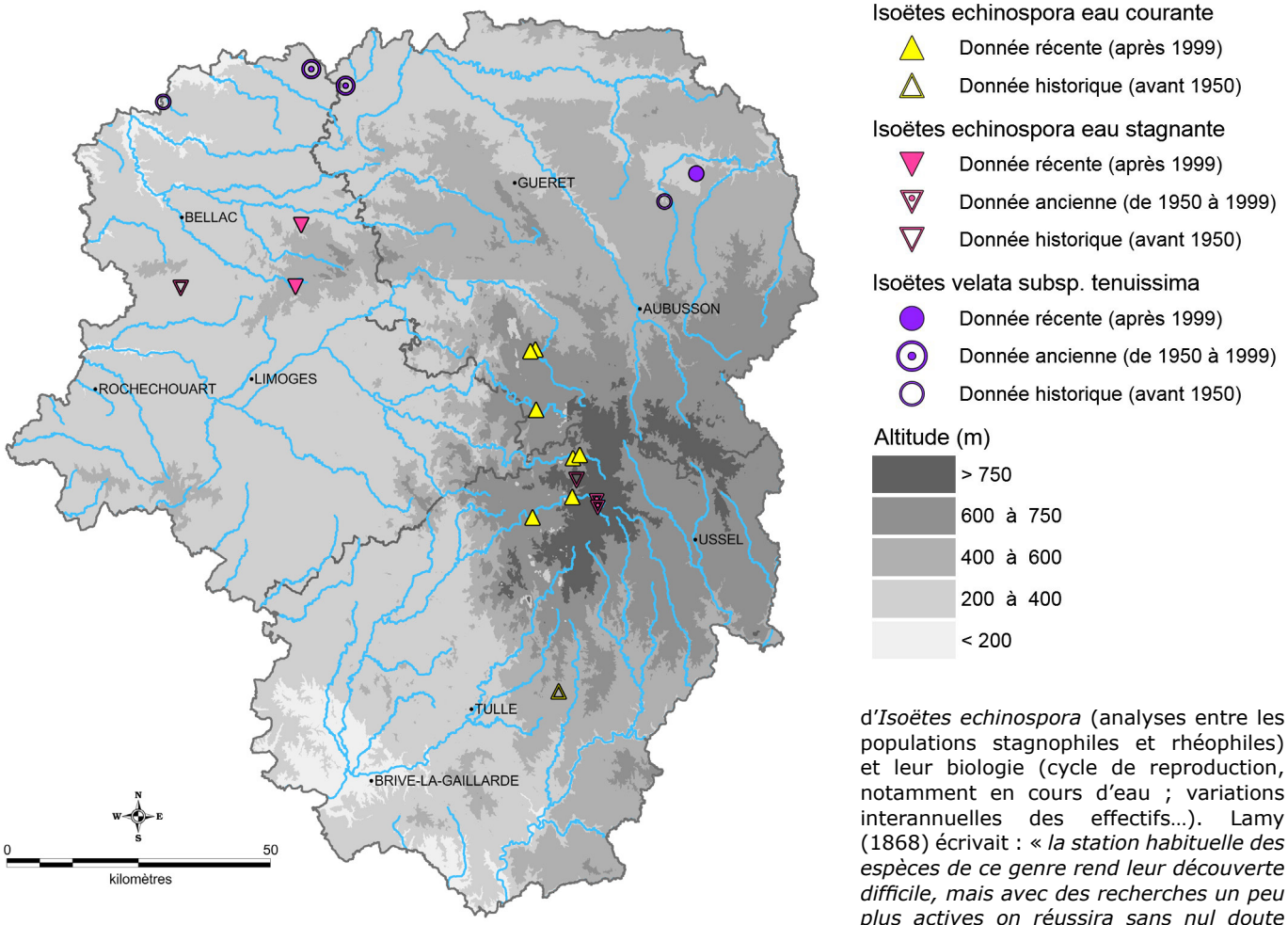

Figure 4. Répartition historique, ancienne et récente des stations d'*Isoëtes* recensées en Limousin.

une erreur de détermination suite à la révision de la planche originale d'herbier de L. Brunerye.

Le Limousin possède les seules stations françaises d'eau courante d'*Isoëtes echinospora*. L'unique station historique de cours d'eau n'a pas été retrouvée. En revanche, entre 1996 et 2012, l'espèce a été découverte dans six cours d'eau localisés sur la façade occidentale du plateau de Millevaches (Figure 4). Les effectifs en cours d'eau sont estimés à plus de 1 273 pieds et la Vézère abrite les plus importantes populations. Ces dernières sont concentrées sur des linéaires très restreints, ce qui nécessite une vigilance particulière vis-à-vis de leur préservation.

Sur les six stations d'*Isoëtes echinospora* connues historiquement en eau stagnante (Figure 4), il n'en reste plus que deux à l'heure actuelle : étang de la Crouzille et étang de Sagnat, en Haute-Vienne. L'étang de la Crouzille possède la plus importante population avec plus de mille individus comptabilisés en 2009. La population de l'étang de Sagnat semble en déclin avec la perte de plus de 90 % de ses effectifs entre 1996 et 2012.

Conclusion et perspectives

Le CBN Massif central s'est engagé activement dès 2012 à informer et à sensibiliser les gestionnaires et acteurs locaux sur les enjeux de la préservation des stations d'*Isoëtes echinospora*, notamment en cours d'eau.

Á partir de ce premier état des lieux, un plan de conservation des *Isoëtes* pourra être rédigé. Au vu de la situation très précaire des différentes espèces de ce genre, une synthèse à l'échelle biogéographique du Massif central serait judicieuse. Ce plan nécessiterait de mettre en place de nouveaux moyens pour améliorer nos connaissances sur la génétique des populations d'*Isoëtes echinospora* (analyses entre les populations stagnophiles et rhéophiles) et leur biologie (cycle de reproduction, notamment en cours d'eau ; variations interannuelles des effectifs…). Lamy (1868) écrivait : « *la station habituelle des espèces de ce genre rend leur découverte difficile, mais avec des recherches un peu plus actives on réussira sans nul doute à augmenter le nombre des localités où elles sont déjà signalées* ». Malgré les efforts réalisés au cours des dernières années et les résultats très encourageants déjà obtenus, des prospections complémentaires sont encore nécessaires dans les secteurs favorables (autres cours d'eau du plateau de Millevaches, cours d'eau de Margeride…) afin de mieux circonscrire les populations d'eau courante.

Remerciements

Nous sommes reconnaissants à M. Thierry Vergne (CBN Massif central, Chavaniac-Lafayette, 43) pour la réalisation de toutes les cartes présentées dans cet article, à M. Luc Brunerye (Meyssac, 19) pour la transmission de sa planche originale d'herbier et pour ses communications écrites sur les *Isoëtes* de Corrèze, à Mme Anne Goudour (Service des espaces naturels, Limoges Métropole, Limoges, 87) pour les informations sur l'étang de la Crouzille, à M. Karim Guerbaa (CEN Limousin, Saint-Gence, 87) pour les informations sur la population récemment découverte à l'étang des Landes, à MM. Jordane Cordier (CBNBP, Orléans, 45), Gilles Corriol (CBNPMP, Bagnères-de-Bigorre, 65), Frédéric Fy (CBNSA, Mignaloux-Beauvoir, 86), Jean-Christophe Ragué (Conservatoire des sites lorrains, Gérardmer, 88) et Gérard Robbe (Villapourçon, 58) pour les informations chorologiques qu'ils nous ont transmises, ainsi qu'à M. Germinal Rouhan (MNHN, Paris) pour l'accès aux herbiers du Muséum.

Nous tenons également à exprimer nos remerciements à la DREAL Limousin pour son soutien et le financement de cet état des lieux en préalable à la mise en place d'un plan régional d'action pour les Isoètes en Limousin.

Bibliographie

Abbayes H. (des), Claustres G., Corillion R. & Dupont P., 1971 - *Flore et végétation du massif armoricain - Flore vasculaire*. Presses Universitaires de Bretagne, 1226 p.

Antonetti Ph., Brugel E., Kessler F., Barbe J.-P. & Tort M., 2006 - *Atlas de la flore d'Auvergne*. Conservatoire botanique national du Massif Central, 984 p.

Antonetti Ph. (coord.) *et al.*, 2013 - *Liste rouge de la flore vasculaire de la région Limousin (cotation selon la méthode UICN)*. Conservatoire botanique national du Massif central / Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement Limousin, 11 p.

Badré F. & Deschâtres R., 1979 - Les Ptéridophytes de France. Liste commentée des espèces (taxinomie, cytologie, écologie et répartition générale). *Candollea* **34** : 379-457.

Boudrie M., 1988 - Les ptéridophytes de l'Herbier Charles Le Gendre : une mise au point de la ptéridoflore limousine. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **19** : 65-100.

Boudrie M., Brugel É., Dom O. & Vilks A., 1997 - Plantes intéressantes et rares pour le Limousin : nouvelles espèces, nouvelles stations. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **28** : 7-20.

Brugel É., Brunerye L. & Vilks A., 2001 - *Plantes et végétation en Limousin : atlas de la flore vasculaire*. Conservatoire régional des espaces naturels du Limousin, Saint-Gence, 863 p.

Brunerye L., 1971 - Deuxième complément au Catalogue des plantes de Corrèze : stations d'espèces nouvelles, rares ou intéressantes. *Bull. Soc. Sci. Hist. Archéol. Corrèze* **93** : 11-17.

Brunerye L., Chabrol L., Goudour A., Kessler F. & Mady M., 2010 - Espèces nouvelles et remarquables observées en Limousin au cours de l'année 2010. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **41** : 43-58.

Chabrol L., Mady M., Nawrot O. & Lebreton A., 2011 - Espèces nouvelles ou remarquables observées en Limousin au cours de l'année 2011. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **42** : 23-40.

Chabrol L., Mady M., Reimringer K. & Goudour A., 2009 - Espèces nouvelles et remarquables observées en Limousin depuis 2006. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **40** : 83-100.

Chassagne M., 1956 - *Inventaire analytique de la flore d'Auvergne et contrées limitrophes des départements voisins,* **1**. Lechevalier, Paris, p. 8.

Chastenet A., Gatignol P., Perroche D., Provost D. & Sellier Y., 2013 - Contributions à l'inventaire de la flore. département de la Vienne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **44** : 353-354.

Contré É., 1978 - Contribution à la connaissance floristique du Limousin : quelques localités de plantes, principalement creusoises, de l'herbier Cl. Sarrassat (1847-1945). *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **9** : 128-158.

Cordier J., 2010 - *Liste des espèces menacées de la flore de la région Centre*. Conservatoire botanique national du Bassin parisien / Conseil régional du centre ; DIREN Centre ; Nature centre, 164 p.

Dupont P., 2001 - *Atlas floristique de la Loire-Atlantique et de la Vendée*, **2**. Ed. Siloë, p. 9.

Dupont P., 2003 - L'évolution de la flore et de la végétation du lac de Grand-Lieu (Loire-Atlantique) et de ses ceintures, situation actuelle, problèmes de conservation et de gestion. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **34** : 3-64.

Foucault B. (de), 2010 - Contribution au prodrome des végétations de France : les *Littorelletea uniflorae* Braun-Blanq. & Tüxen *ex* Westhoff, Dijk, Passchier & Sissingh 1946. *J. Bot. Soc. Bot. France* **52** : 43-78.

Géhu J.-M. & de Foucault B., 1988 - La végétation aquatique et amphibie des étangs de la Brenne. Originalité, problèmes de gestion et de conservation. *Colloq. Phytosociol.* **XV** : 635-666.

Gonod d'Artemare E. 1898 - Compte rendu de la réunion du 27 juillet 1898. *Rev. Sci. Bourbonnais*, p. 148.

Goudour A., 2010 - *Plan de conservation en faveur de l'Isoètes à spores épineuses (*Isoëtes echinospora *Durieu) à l'étang de la Crouzille (Haute-Vienne, commune de St-Sylvestre).* Limoges Métropole, Service Espaces naturels, 35 p.

Goudour A., 2012 - *Suivi de la recolonisation des plages de l'étang de la Crouzille par les gazons amphibies vivaces (commune de St-Sylvestre).* Limoges Métropole, Service Espaces naturels, 35 p.

Goudour A., 2015. *Suivi de la recolonisation des plages de l'étang de la Crouzille par les gazons amphibies vivaces (commune de St-Sylvestre).* Limoges Métropole, Service Espaces naturels, 48 p.

Käsermann C. & Moser D.M., 1999 - *Fiches pratiques pour la conservation. Situation octobre 1999*. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP), 343 p.

Lamy É., 1868 - *Plantes plus ou moins aquatiques - aspect des lieux qu'elles fréquentent - Causes diverses dont la végétation de la Haute-Vienne subit plus particulièrement l'influence et rapport de ces plantes avec celles de même nature dans les départements voisins*. Imprimerie Chapoulaud Frères, Paris, 28 p.

Le Gendre C., 1922- *Catalogue des plantes du Limousin,* **II**. Impr. A. Bontemps, Limoges, p. 405.

Mady M., Mahaut L., Chabrol L., Barthélémy G., Depalle P., Feugère B. & Rabiet M., 2014 - Acquisition des premières données stationnelles sur les cours d'eau à Isoète à spores épineuses (*Isoetes echinospora* Durieu) du plateau de Millevaches en Limousin. *Actes des secondes rencontres végétales du Massif central* : 11-18.

Plat P., 1987 - Contributions à l'inventaire de la flore. Département de la Haute-Vienne. *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest*, NS, **18** : 115-116.

PNR Volcans d'Auvergne, 2009 - *Inventaire des herbiers lacustres du lac Servières*. 22 p.

Prelli R., avec la collaboration de M. Boudrie, 2002 - *Les Fougères et plantes alliées de France et d'Europe occidentale*. Belin, Paris, 432 p.

Rallet L., Rouet J.-M. & Dubois Th., 1969 - Itinéraires et documents floristiques et phytosociologiques. *Bull. Soc. Bot. France* **116** : 109-126.

Sarrassat C., 1935 - *Notes sur la flore creusoise. De quelques plantes nouvelles signalées dans l'ouest de la Creuse par M. Louis Rallet dans sa thèse de doctorat :* Étude phytogéographique de la Brenne, non paginé.

Snogerup S. & Snogerup B., 2000 - *Isoëtes* L. *In* B. Jonsell B., *Flora Nordica*, **1** - *Lycopodiaceae to Polygonaceae*. The Bergius Foundation, Stockholm : 14-16.

Taylor W.C., Luebke N.T., Britton D.M., Hickey R.J. & Brunton D.F., 1993 - *Isoëtaceae* Reichenbach - Quillwort Family. *In* Morin N.R., *Flora of North America*, **2** - *Pteridophytes and Gymnosperms*. Oxford University Press, Oxford : 64-75.

Tison J.-M. & de Foucault B. (coords), 2014 - *Flora Gallica. Flore de France*. Biotope, Mèze, xx + 1196 p.

UICN France, FCBN & MNHN., 2012 - *La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1 000 espèces, sous-espèces et variétés*. Comité Français de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature, Fédération des conservatoires botaniques nationaux, Muséum national d'histoire naturelle / ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, Fondation Nature et Découvertes, Fondation Véolia Environnement, GSM Italcementi Group, Fondation EDF, 34 p.