



MINISTÈRE
DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE,
DE LA BIODIVERSITÉ
ET DES NÉGOCIATIONS
INTERNATIONALES
SUR LE CLIMAT ET LA NATURE

Liberté
Égalité
Fraternité

Plan national d'actions 2024-2033

En faveur de l'Isoète très ténu
Isoetes tenuissima Boreau, 1850
Agir pour la préservation de la flore menacée





TABLES DES MATIÈRES

Sommaire

Tables des matières	2
Résumé	6
Abstract	7
1. Le plan national d'actions (PNA)	8
1.1. Cadre législatif et réglementaire	9
1.2. Le PNA en faveur de l'Isoète très tenu	10
1.2.1. Objectif	10
1.2.2. Gouvernance & organisation	10
1.2.3. Méthodologie	11
1.2.4. Périmètre d'action	11
2. Bilan des connaissances	12
2.1. Taxonomie	13
2.1.1. Taxonomie moderne	13
2.1.2. Classification	14
2.1.3. Synonymie d'après Taxref	15
2.1.4. Historique des citations	16
2.2. Description générale	27
2.2.1. Morphologie	27
2.2.2. Cycle biologique	28
2.2.3. Critères d'identification	29
2.3. Statut réglementaire et patrimonial	31
2.3.1. Statut de protection	31
2.3.2. Statut de conservation	31
2.3.3. Priorité de conservation	33
2.4. Écologie de l'espèce	36
2.4.1. Habitats & végétations	36
2.4.2. Phénologie	45

2.4.3. Lumière & température	48
2.4.4. Dispersion	49
2.4.5. Qualité de l'eau	50
2.5. Répartition géographique	50
2.5.1. Répartition mondiale	50
2.5.2. Répartition en France métropolitaine	51
2.5.3. Répartition de l'Isoète très ténu	51
2.6. État de la connaissance	52
2.6.1. État des connaissances par département	53
2.6.2. Synthèse des connaissances et tendances	78
2.7. État de conservation	79
2.7.1. Menaces potentielles	79
2.7.2. L'Isoète très ténu face au changement climatique	80
2.7.3. Conservation <i>ex situ</i>	80
2.7.4. Conservation <i>in situ</i>	81
2.8. Périmètres de prise en compte de l'Isoète très ténu	84
2.8.1. Les sites Natura 2000	84
2.8.2. Les réserves naturelles nationales	84
2.8.3. Les ZNIEFF	85
2.8.4. Les sites gérés	85
3. Définition d'une stratégie de conservation	92
3.1.1. Synthèse des enjeux & des actions	93
3.1.2. Détail des actions du PNA	94
Connaissance & suivi	94
Réaliser un bilan stationnel régulier	95
Caractériser les végétations et évaluer l'état de conservation	98
Étudier les différences génétiques du groupe <i>Isoetes longissima</i>	100
Étudier la diversité génétique des populations d'<i>Isoetes tenuissima</i>	103

Renforcer le dispositif réglementaire	107
Constituer une banque de ressource génétique nationale et évaluer la viabilité	109
Mieux comprendre les pratiques et les usages pour orienter et mettre en place des préconisations de gestion	111
Expérimenter la conservation <i>in situ</i> et <i>ex situ</i>	113
Animation, suivi et évaluation du PNA	117
Communiquer et sensibiliser sur l'Isoète très ténu et le PNA	119
4. Synthèse	122
Synthèse des actions du PNA et des enjeux	123
Liste des figures	126
Liste des tableaux	129
Bibliographie	130

Résumé

M. Louis Rallet au sujet d'*Isoetes tenuissima* : « L'une des plantes les plus intéressantes, et même sans doute la plus intéressante de la Brenne » (Rallet, 1935).

L'Isoète très ténu (*Isoetes tenuissima*) est une espèce d'importance majeure en France métropolitaine. Endémique française, protégée à l'échelle nationale, inscrite sur la Liste rouge nationale en danger critique et avec une aire de répartition très restreinte, l'Isoète très ténu présente toutes les caractéristiques d'une espèce dont la responsabilité de conservation est la plus forte.

Pourtant, à ce jour, aucune politique nationale ne s'était intéressée à cette espèce largement méconnue. Les Isoètes font l'objet de nombreuses recherches car il s'agit d'un genre très ancien avec un taux d'endémisme élevé dont les espèces sont le plus souvent menacées. Depuis le XIX^{ème} siècle et aujourd'hui encore, ce genre est également encore très discuté sur le plan taxonomique.

Si sa répartition générale paraît assez bien connue, le suivi des stations historiques et modernes fait défaut même si des initiatives locales permettent de disposer d'une première tendance évolutive de cet Isoète. Le travail d'actualisation et de recherche reste considérable pour cette espèce discrète et à l'écologie particulière.

Un PNA en faveur de l'Isoète très ténu est par conséquent nécessaire afin de développer plusieurs axes de travail dont la vocation est la préservation de cette espèce sur le long terme : l'amélioration de la connaissance de l'Isoète très ténu et de sa répartition, sa conservation (*ex situ* et *in situ*) mais aussi la sensibilisation des acteurs et des partenaires de différents horizons fédérés autour de ce projet.

Abstract

Isoetes tenuissima (French Quillwort) : A Major Conservation Concern in Metropolitan France

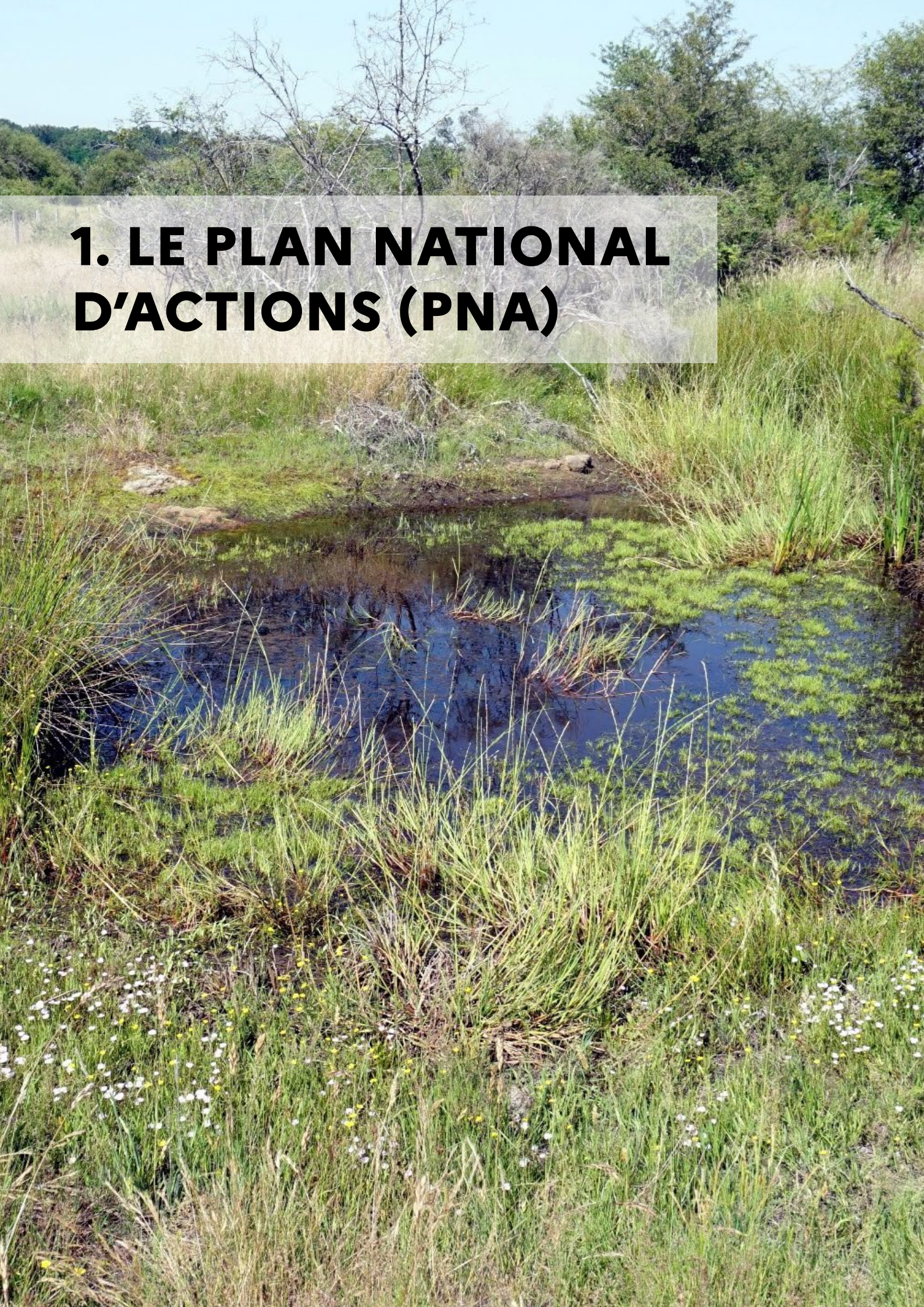
Isoetes tenuissima, l'Isoète très ténu or French Quillwort, is a species of significant importance in Metropolitan France. Endemic to France, it is protected at the national level, listed as critically endangered on the national Red List, and has a very restricted distribution range. *Isoetes tenuissima* thus exemplifies a species with the highest conservation responsibility.

Despite this, no national policy has thus far addressed this largely overlooked species. Genus *Isoetes* is the subject of extensive research due to its ancient lineage, high endemism, and the high level of threat of *Isoetes's* species. Since the 19th century and up to now, the taxonomy of *Isoetes* remains a subject of considerable debate.

General distribution of *Isoetes tenuissima* appears relatively well-documented, while both historical and modern sites' monitoring is lacking. Yet, local initiatives have provided some preliminary trends regarding the evolution of French Quillwort. Substantial work remains to be done to update knowledge and research on this discreet species with singular biology and habitat.

Therefore, a National Action Plan (PNA) for *Isoetes tenuissima* is necessary to develop several key areas of work aimed at its long-term conservation. These areas include improving knowledge about *Isoetes tenuissima* and its distribution, its conservation (both *ex situ* and *in situ*), and raising awareness among stakeholders and partners from various backgrounds united around this project.

1. LE PLAN NATIONAL D'ACTION (PNA)



1.1. CADRE LEGISLATIF ET REGLEMENTAIRE



[issu du site internet du Ministère de l'Ecologie]

Les plans nationaux d'actions (PNA) sont des outils stratégiques opérationnels qui visent à assurer la conservation ou le rétablissement dans un état de conservation favorable d'espèces de faune et de flore sauvages menacées ou faisant l'objet d'un intérêt particulier. Cet outil est mobilisé lorsque les autres politiques publiques environnementales et sectorielles incluant les outils réglementaires de protection de la nature sont jugées insuffisantes pour aboutir à cet objectif.

Outil de mobilisation des différents acteurs concernés (institutionnels, académiques, socio-économiques et associatifs), un plan national d'actions (PNA) en faveur d'une espèce menacée définit une stratégie de moyen ou long terme (5 à 10 ans), qui vise à :

- organiser un suivi cohérent des populations de l'espèce ou des espèces concernées ;
- mettre en œuvre des actions coordonnées favorables à la restauration de ces espèces ou de leurs habitats ;
- informer les acteurs concernés et le public ;
- faciliter l'intégration de la protection des espèces dans les activités humaines et dans les politiques publiques.

Lorsque les effectifs sont devenus trop faibles ou que l'espèce a disparu, des opérations de renforcement de population ou de réintroduction peuvent également être menées, via les plans nationaux d'actions.

Les plans nationaux d'actions ne possèdent pas de portée contraignante et se fondent sur la mobilisation collective des acteurs qui possèdent les leviers pour agir en faveur des espèces menacées.

Le code de l'environnement prévoit la protection de certaines espèces de faune et de flore sauvages. L'objectif est également d'assurer le maintien de ces espèces et, si besoin, leur rétablissement, dans un état de conservation favorable.

Les articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'environnement dressent un dispositif de protection stricte des espèces dont les listes sont fixées par arrêtés interministériels. L'article L. 411-1 permet de fixer des interdictions d'activités ou d'opérations qui peuvent porter atteinte aux espèces dont la situation biologique est défavorable (interdiction de destruction des individus de ces espèces ou de leurs habitats, de prélèvement, de perturbation intentionnelle, de transport, de vente, etc.). Les dérogations à ce statut de protection stricte sont exceptionnelles. Elles ne peuvent être accordées que si le projet envisagé justifie les trois conditions suivantes :

- il n'existe pas d'autres solutions satisfaisantes ;
- la dérogation ne remet pas en cause le maintien des espèces concernées dans un état de conservation favorable dans leur aire de répartition naturelle ;
- le projet s'inscrit dans une liste d'activités prédéfinies (lutte contre les dommages aux cultures, protection de la faune et de la flore...).

L'objectif de ces dispositions est, selon les cas, de maintenir ou de rétablir les populations de ces espèces dans un état de conservation favorable. À cet effet, l'État met en œuvre, avec les organisations concernées, des plans nationaux d'actions prévus à l'article L. 411-3 du code de l'environnement. Ces plans ne portent que sur les espèces dites protégées, c'est-à-dire visées aux articles L. 411-1 et L. 411-2 du code de l'environnement.

1.2. LE PNA EN FAVEUR DE L'ISOÈTE TRÈS TENU



1.2.1. OBJECTIF

L'objectif principal du plan d'actions est d'assurer une conservation opérationnelle des populations et des habitats de l'Isoète très tenu.

Pour cela, il est prévu de mobiliser et d'impliquer l'ensemble des acteurs institutionnels et publics, associatifs, les collectivités, les gestionnaires, les organismes de recherche et les propriétaires (privés et publics). Un PNA est un outil fédérateur autour duquel les acteurs concernés par la connaissance et la conservation à long terme de l'Isoète très tenu peuvent intervenir et se mobiliser de différentes manières et de façon complémentaire. Le PNA constitue un cadre de réflexion et de travail mutuel et présente des objectifs et des actions déclinables et pragmatiques. Sa mise en œuvre est prévue pour une durée de 10 ans. Les actions déclinées devront être régulièrement suivies par un comité de pilotage puis évaluées à l'issue de la durée du PNA. Cette évaluation devra statuer sur le degré d'efficacité des actions entreprises.

1.2.2. GOUVERNANCE & ORGANISATION

La mise en œuvre du PNA pour la conservation de l'Isoète très tenu a été officiellement actée par le Conseil National de Protection de la Nature (CNP) le 19 janvier 2023 à l'issue du passage devant la commission « GT Flore-Fonge-Habitats-CBN » le 16 décembre 2022.

La DREAL Centre-Val de Loire est en charge du pilotage et de la mise en œuvre de ce PNA. Un comité de pilotage est instauré durant toute la durée de ce dernier. Son rôle sera de secondar l'acteur opérationnel en charge de l'animation, d'orienter les priorités d'actions, de contribuer activement à la déclinaison de certaines actions et d'apporter son regard d'expertise et de connaisseur de l'espèce et du territoire.

Par leur vision globale de la flore à l'échelle de leur territoire d'agrément, leurs compétences techniques, leur capacité à gérer les données naturalistes et par leur agrément délivré par le Ministère en charge de l'environnement qui leur confère une responsabilité territoriale pour la conservation de la flore rare et menacée, le réseau des CBN est très souvent perçu comme l'acteur faisant foi sur les questions en lien avec la connaissance et la préservation de la flore à l'échelle territoriale. A ce titre, les CBN sont souvent sollicités pour la rédaction et l'animation des PNA concernant la flore et les habitats naturels. Dans le cadre de l'Isoète très tenu, le CBN du Bassin parisien via la délégation Centre-Val de Loire s'est vu proposer la possibilité de rédiger le PNA en faveur de cette espèce.

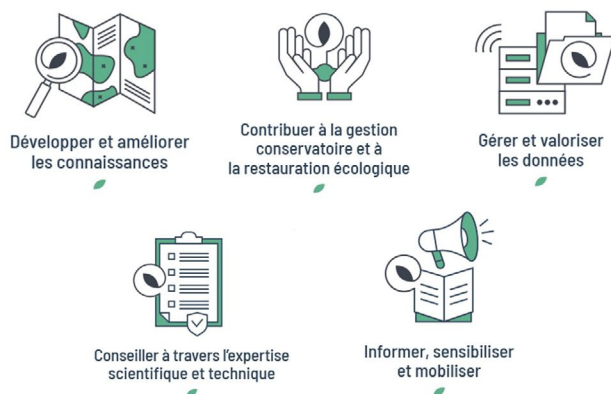


Figure 1. Les principales missions du CBN du Bassin parisien **Figure 2.** Territoire d'agrément du CBN du Bassin parisien

La délégation Centre-Val de Loire du CBN du Bassin parisien, localisée à Orléans, mène ses actions sur l'ensemble de la région qui comporte six départements : le Cher (18), l'Eure-et-Loir (28), l'Indre (36), l'Indre-et-Loire (37), le Loir-et-Cher (41) et le Loiret (45). Le travail d'animation du PNA en faveur de l'Isoète très ténue est une action qui répond à plusieurs missions du CBN notamment l'amélioration de la connaissance de la flore régionale, la gestion et la valorisation des données, la gestion écologique, le conseil technique ainsi que la sensibilisation.

1.2.3. METHODOLOGIE

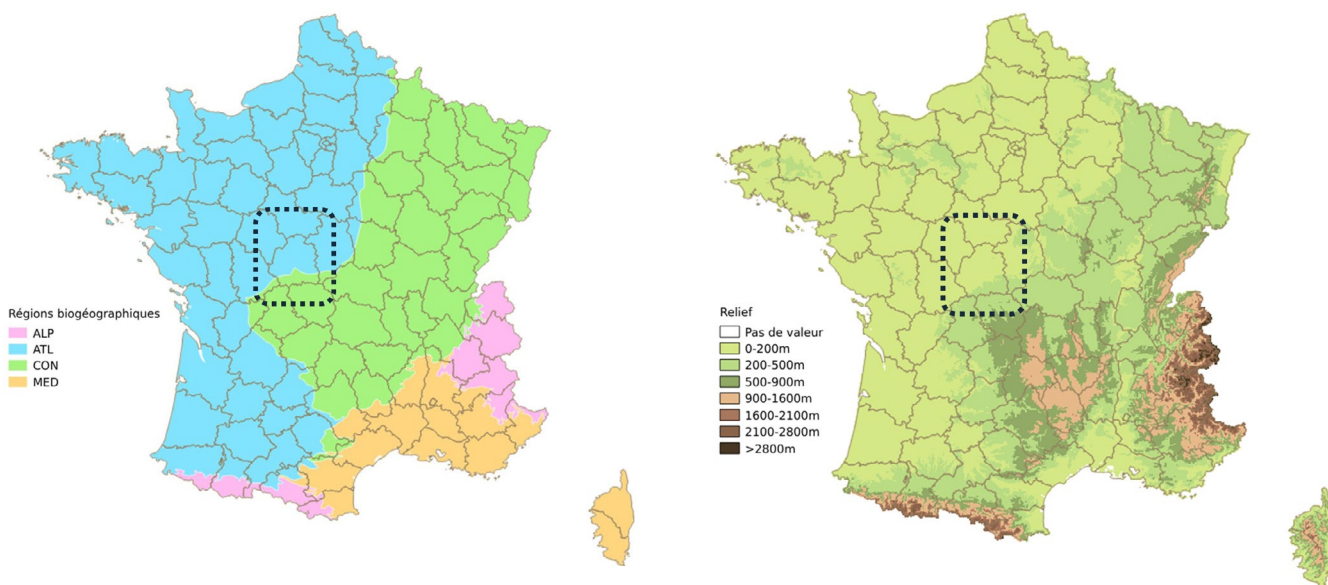
Contrairement à la plupart des PNA actuels qui sont multi spécifiques et intégrant directement les habitats des espèces concernées, ce PNA est essentiellement en faveur de l'Isoète très ténue. Le contenu de ce PNA est organisé en cinq volets liés les uns aux autres :

- 1. bilan des connaissances de l'espèce ;
- 2. bilan des menaces directes observées et des facteurs de dégradation des habitats de l'espèce ;
- 3. bilan des actions de gestion connues et évaluation de l'état de conservation de l'espèce ;
- 4. définition de la stratégie de conservation à long terme ;
- 5. mise en œuvre du plan d'actions.

La rédaction du plan d'actions a bénéficié des avis et du travail du comité de suivi qui a permis des retours d'expériences avec des propositions d'actions de conservation concrètes et hiérarchisées.

1.2.4. PERIMETRE D'ACTION

L'Isoète très ténue étant une espèce circonscrite à un secteur géographique limité du centre de la France métropolitaine, ce PNA ne concerne qu'un territoire qui s'étale sur cinq départements (Loir-et-Cher, Indre, Vienne, Haute-Vienne et Creuse) sur la base de la connaissance disponible au moment de sa rédaction en 2024.



Sur le plan biogéographique, le secteur de présence de l'Isoète très ténue (Sologne, Brenne, Montmorillonais et Bassin de Gouzon) est principalement sous influence atlantique.

Figure 3. Secteur géographique concerné par le PNA

2. BILAN DES CONNAISSANCES



2.1. TAXONOMIE



2.1.1. TAXONOMIE MODERNE

Les derniers travaux de taxonomie des isoètes de France métropolitaine (Troia & Rouhan, 2019) sont à l'origine de la classification telle que nous la connaissons actuellement avec le dernier référentiel à la date de la rédaction du PNA, TAXREF 17 (TAXREF [Eds] 2024).

D'après les auteurs, les trois espèces suivantes, morphologiquement très proches mais géographiquement parfaitement distinctes, méritent le statut d'espèce à part entière mais sont tout de même intégrées au sein d'un groupe *Isoetes longissima*.

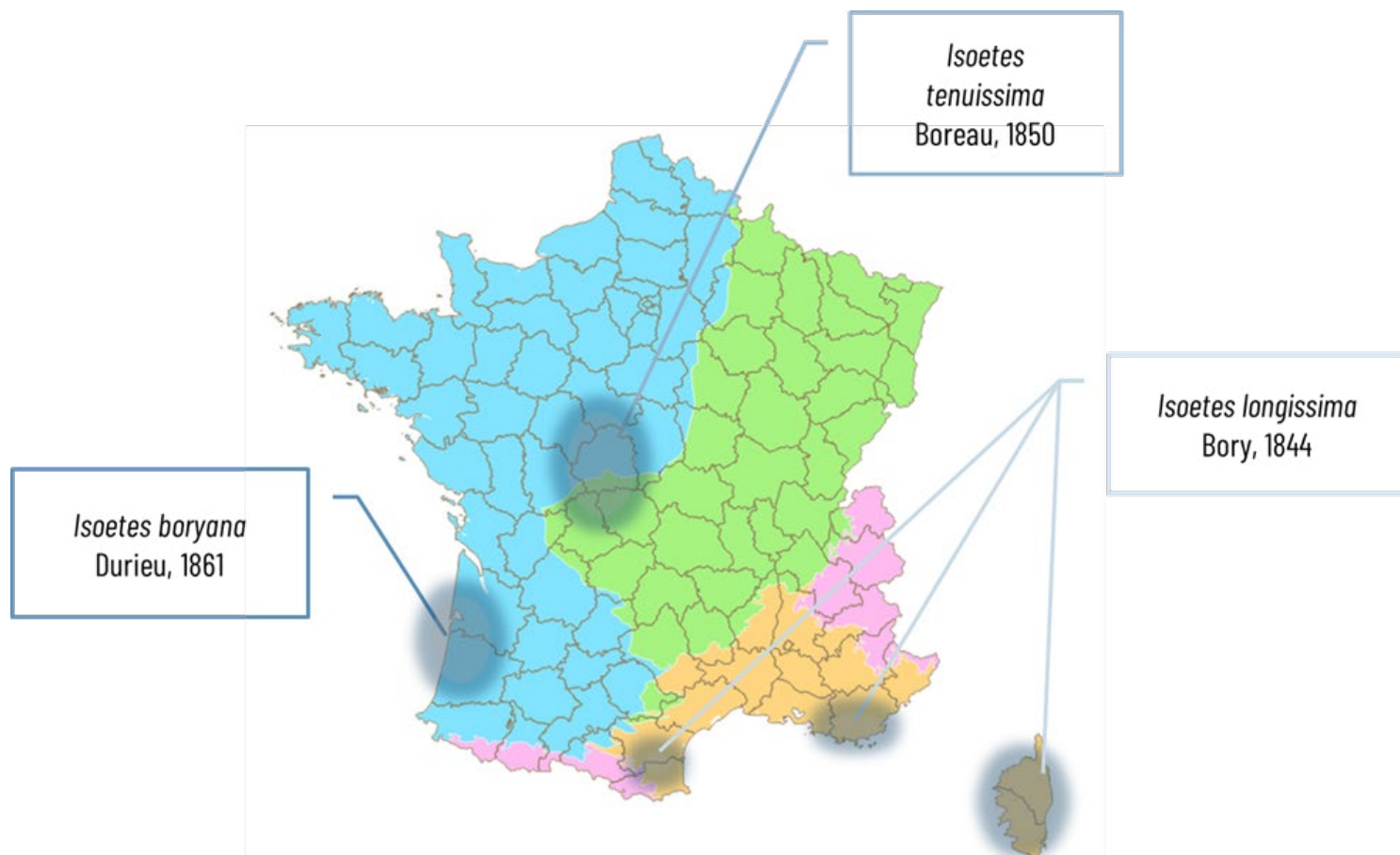


Figure 4. Répartition des trois espèces du groupe *Isoetes longissima*

- *Isoetes longissima* Bory, 1844 : présente en région méditerranéenne (et Corse). Cette espèce est également mentionnée en Espagne (dont Baléares), Portugal et Italie (dont Sardaigne et Sicile). Elle se développe dans les mares temporaires alimentées par les eaux pluviales en automne et en hiver et s'asséchant progressivement au printemps (Prelli & Boudrie, 2021) ;
- *Isoetes boryana* Durieu, 1861 : présente dans les étangs proches du littoral dans les Landes et la Gironde. Il s'agit d'une espèce endémique française stricte. Elle s'observe à faible profondeur sur le fond sableux des étangs à eau limpide mais supporte l'exondation à la fin de l'été sur un sédiment humide (Prelli & Boudrie, 2021) ;
- *Isoetes tenuissima* Boreau, 1850 : présente dans le centre de la France métropolitaine (voir 2.2 Description).

D'autres espèces sont également reconnues dans ce groupe *Isoetes longissima* mais ne sont pas présentes en France métropolitaine :

- *Isoetes asturicensis* (M.Laínz) M.Laínz : espèce endémique du nord de l'Espagne présente dans quelques lacs de montagne (Prelli & Boudrie, 2021) ;
- *Isoetes tiguliana* Gennari : espèce endémique de Sardaigne où elle se développe en bordure d'étang ou dans des mares temporaires en basse altitude (Prelli & Boudrie, 2021).

Toutes ces espèces sont extrêmement proches morphologiquement et présentent un taux d'endémisme très important, ce qui suscite aujourd'hui encore de nombreuses questions sur le plan taxonomique.

2.1.2. CLASSIFICATION

Les isoètes sont classés parmi les ptéridophytes (comme les fougères). L'ordre des Isoétales ne contient qu'une seule famille, les Isoétacées, regroupant environ 250 espèces à travers le monde (2.5 Répartition géographique) et une dizaine d'espèces en Europe (Prelli & Boudrie, 2021). Il ne s'agit que d'une estimation car certains auteurs rapportent même près de 350 espèces dans le monde (Hickey *et al.*, 2006 *in* Basilio Zandonadi *et al.*, 2019). Sur le plan phylogénique, les Isoétales sont proches des Sélaginellales et des Lycopodiales. Ces trois ordres constituent les Lycophytes et sont le groupe le plus primitif des plantes vasculaires. Ces derniers sont soit homosporés ou hétérosporés.

Règne : **Plantae**

↳ Classe : **Lycopodiopsida**

↳ Ordre : **Isoetales**

↳ Famille : **Isoetaceae**

↳ Genre : **Isoetes**

↳ Espèce : *Isoetes tenuissima* **Boreau**, 1850

Nom vernaculaire : **Isoète très ténu**

Cd Ref : 103850 (TAXREF v17.0)

2.1.3. SYNONYMIE D'APRES TAXREF

La difficulté de nommer les isoètes du centre de la France depuis leurs découvertes s'illustre parfaitement à travers la synonymie. Actuellement, onze synonymes font directement référence à *Isoetes tenuissima* Boreau, 1850 d'après Taxref v17.0 :

- *Isoetes tenuissima* Boreau, 1850 [Cd Nom : 103850]
- *Isoetes viollaii* Hy, 1893 [Cd Nom : 103853]
- *Isoetes chaboissaei* Hy, 1894 [Cd Nom : 103835]
- *Isoetes variabilis proles tenuissima* (Boreau) Rouy, 1913 [Cd Nom : 153385]
- *Isoetes variabilis proles viollaii* (Hy) Rouy, 1913 [Cd Nom : 153387]
- *Isoetes variabilis subsp. tenuissima* (Boreau) Douin, 1934 [Cd Nom : 136876]
- *Isoetes variabilis var. chaboissaei* (Hy) P.Fourn., 1934 [Cd Nom : 147868]
- *Isoetes variabilis var. tenuissima* (Boreau) P.Fourn., 1934 [Cd Nom : 147870]
- *Isoetes variabilis var. viollaii* (Hy) P.Fourn., 1934 [Cd Nom : 147871]
- *Isoetes velata subsp. tenuissima* (Boreau) O.Bolòs & Vigo, 1974 [Cd Nom : 136878]
- *Isoetes longissima subsp. tenuissima* (Boreau) Troìa & Greuter, 2014 [Cd Nom : 959517]

2.1.4. HISTORIQUE DES CITATIONS

Depuis sa découverte le 2 septembre 1847 par l'abbé Chaboisseau au Grand Étang du Rischauveron (Azat-le-Ris, 87) et sa diagnose faite par le botaniste Alexandre Boreau en 1850 dans le Bulletin de la Société industrielle d'Angers (publié en 1851), l'Isoète très ténue n'a eu de cesse de susciter interrogation et fascination de la part des botanistes du XIX^{ème} siècle. Aujourd'hui encore, cette espèce reste mal connue et peu de botanistes peuvent prétendre l'avoir observée.

L'Isoète très ténue, et plus globalement tous les autres isoètes découverts aux alentours (Vienne, Indre, Loir-et-Cher) au cours des années suivantes, ont fait l'objet de nombreuses discussions et d'échanges sur la manière de les nommer, la taxonomie à appliquer et les critères de reconnaissance. Au XIX^{ème} siècle, les isoètes ont donné lieu à de nombreuses controverses et ont été sujets à de nombreux débats.

La période historique (jusqu'à la moitié du XX^{ème} siècle) est la plus foisonnante en observations et en questionnements sur la taxonomie de ce genre. Nombreuses sont les publications de l'époque faisant références aux isoètes du centre de la France. Toutes font le récit de découvertes d'isoètes en Centre-Val de Loire et les départements limitrophes mais aussi sur la manière de les déterminer et les noms à leur attribuer.

La taxonomie de l'Isoète découverte au Grand Etang du Rischauveron en 1847 a évolué au cours du temps. Les isoètes de Brenne et de Sologne ont également connu de nombreux changements à tel point que quatre espèces différentes ont ainsi été mentionnées au fil des décennies pour les mêmes lieux. En 1884, Adrien Franchet indique que les isoètes de Brenne et de Sologne sont à rapprocher d'*Isoetes velata*.

En Sologne, deux variétés sont même citées :

- variété *brevifolia* : plante de petite taille et absence de lignes brunes dans la région de l'auréole ;
- variété *perreymondi* : plante pourvu d'un velum (prolongement membraneux qui recouvre en tout ou en partie le sporange des isoètes) complet et de ponctuations brunes dans la région du l'auréole.

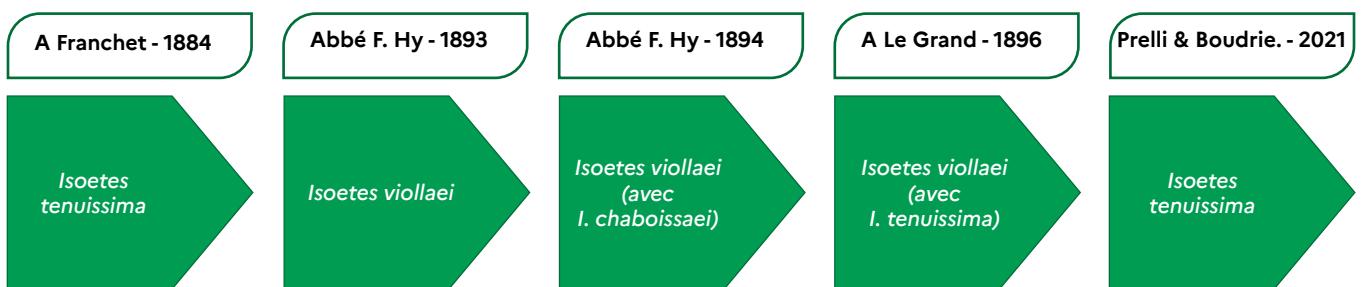


Figure 5. Chronologie des noms attribués aux isoètes de Rischauveron (87)

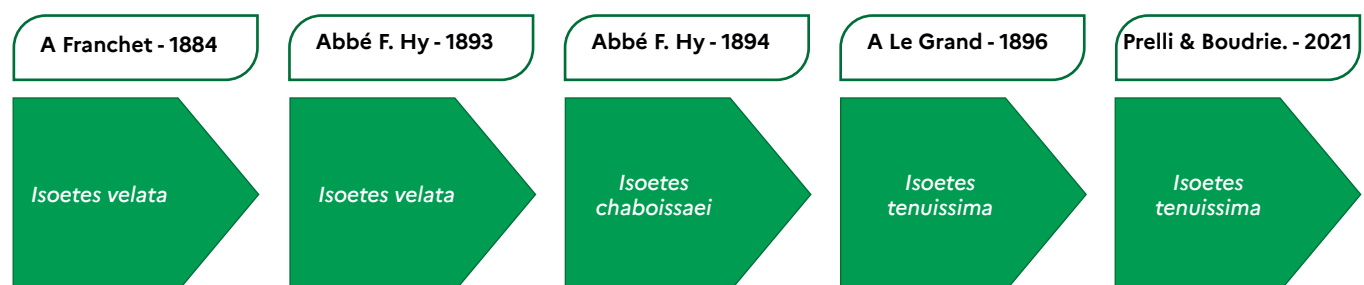


Figure 6. Chronologie des noms attribués aux isoètes de Brenne

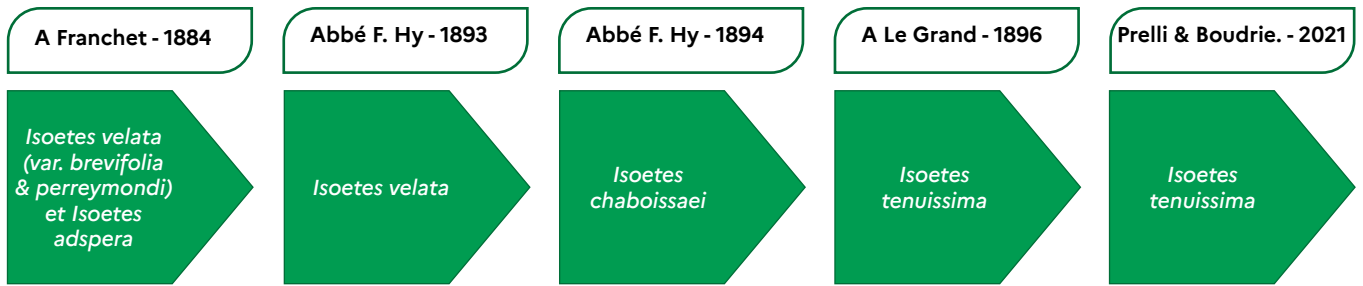


Figure 7. Chronologie des noms attribués aux isoètes de Sologne

Ces trois exemples montrent parfaitement la difficulté des botanistes du XIX^{ème} siècle à conclure sur la taxonomie des isoètes du centre de la France. Ce constat est également vrai à une échelle plus large avec les isoètes découverts à la même époque en méditerranée (France et nord de l'Afrique).

La diagnose réalisée par A. Boreau en 1850 est rapidement remise en question, ce dernier l'ayant faite sur la base d'échantillons d'herbiers, empêchant de noter des critères visibles uniquement sur le frais. Il s'avère également qu'il n'avait jamais observé l'espèce in situ et que les informations qu'il possédait sur l'écologie de l'espèce étaient erronées ou du moins incomplètes. A. Franchet souligne le fait qu'une étude sur le frais doit être réalisée et notamment un examen minutieux des faisceaux des feuilles dont la présence ou au contraire l'absence devrait permettre la reconnaissance du « véritable » *Isoetes tenuissima*.

En 1885, un an après sa publication sur les isoètes du centre de la France dans le bulletin de la Société botanique de France, A. Franchet publie la Flore du Loir-et-Cher. Il y reprend ses conclusions établies un an plus tôt à savoir la présence de deux espèces dont le principal critère de différenciation est le taux de recouvrement des sporanges par un voile. Dans sa publication sur les isoètes du centre de la France dans le bulletin de la Société botanique de France, A. Franchet admet que la variabilité des critères laisse présager qu'à l'avenir les isoètes de Sologne soient réunifiés sous le seul nom d'*Isoetes velata*.

pédoncles bifides ou trifides au sommet, plus grêles que la tige et couverts de feuilles dressées, membraneuses, denticulées-érodées sur les bords, lancéolées, longuement acuminées et pilifères; feuilles florales (bractées) étroitement imbriquées, largement cordiformes, membraneuses et érodées sur les bords, très aiguës, avec un long poil terminal, comme les feuilles; spores muriqués et reticulés. ♀.

— Juillet, septembre. Bois secs, bruyères. RR. Bois de Saint-Agil, près de Boursay (Gauthier, cité par Em. Desvaux); forêt de Montmirail, sur les limites de la commune du Plessis-Dorin (Legué); Souesmes, dans une bruyère bordant le ruisseau intermittent appelé la Noue-Courbe, en amont et au sud de la route de Salbris à Souesmes, où cette rare espèce a été découverte par M. Dubois, fermier au Puy, et communiquée à M. Em. Martin, par M. Larchevêque.

Distrib. géogr. — Europe moyenne et septentrionale, jusqu'en Laponie; Caucase; Oural et Altaï; Amur; Japon; Amérique sept.; Sitcha.

Observ. — Les *Scelaginella*, cultivés dans toutes les serres, diffèrent des Lycopodes seulement parce qu'ils présentent à la fois des macrospores et des microspores; ce sont des plantes beaucoup plus molles que les Lycopodes, à feuilles ordinairement distiques, étalées dans un même plan. L'espèce la plus répandue, et dont on fait souvent des bordures dans les serres, est le *S. Kraussiana* Kunze, de Madère et du Japon, cultivé sous le faux nom de *S. denticulata*, plante à végétation différente, et qui croît dans la région méditerranéenne.

CONSPECTUS DES ESPÈCES.

- | | | |
|---|---|-----------------------------|
| } | Epis sporangifères sessiles | L. inundatum (1305). |
| | Epis sporangifères portés par de longs pédoncles couverts de bractées éparées | L. clavatum (1307). |

FAM. XCIV. ISOETEÆ. L. C. Rich.

ISOETÉES.

Sporanges de deux sortes (microsporangies et macrosporangies) placés en dedans de la base élargie de la feuille (gaine), dans une fossette ovale dont les bords sont dilatés en membrane mince (voile) recouvrant plus ou moins complètement le sporange; ce voile manque très rarement tout-à-fait; au-dessus de la fossette sporangifère et séparée d'elle par une ligne transversale élevée, il existe une autre fossette plus petite, du fond de laquelle sort une languette membraneuse très mince (ligule), triangulaire ou oblongue, qui s'applique exactement sur la feuille, tout en demeurant libre; sporange ressemblant à un sac largement ovale et comprimé dans la fossette sporangifère circonscrite par une bande de tissu plus opaque (auréole); les macrosporangies occupent la gaine des feuilles les plus extérieures; les microsporangies sont placés sur les gaines intérieures; macrospores très nombreuses, tétraédriques, formées d'une face inférieure hémisphérique, couverte de tubercules inégaux et séparée par une arête horizontale de la face supérieure, celle-ci à 3 arêtes saillantes, convergent vers

le sommet et divisant la surface en 3 triangles sphériques également couverts de tubercules inégaux; microspores blanchâtres ou un peu roussâtres, extrêmement nombreuses, semblables à de la fine farine, lisses ou échinulées, avec une seule strie transversale. — Plantes vivaces, végétant le plus souvent sous l'eau ou dans les lieux humides, quelquefois amphibies; souche épaisse, courte, arrondie, plus ou moins distinctement trilobée, produisant de nombreuses racinelles dichotomes; feuilles disposées en spirale sur la souche, filiformes ou linéaires subulées, très obtusément triangulaires ou subquadrangulaires, parcourues dans leur longueur par 4 larges lacunes, cloisonnées transversalement, dilatées à la base en gaine concave, blanchâtre-hyaline; la réunion de ces gaines forme une sorte de bulbe plus ou moins compact.

G. 465. ISOETES (Isoetes).

Caractères de la famille.

1267. **I. velata** Al. Braun Descrip. scient. de l'Alg. (1846-1849), tab. 37; Milde Fil. Eur. p. 280; Mot. et Vendr. Monogr. des Isoet., p. 80, pl. VIII, fig. 8-9; *Is. tenuissima* Em. Mart. cat. p. 311 (non Boreau). **I. Chaboissai** Nyman Consp. fl. Eur., p. 871 (sans descript.). (*Is. voile*). — Rhizome plus ou moins nettement trilobé; gaines des feuilles formant un bulbe assez gros (diam. 12 à 18 mill.), très compact, les gaines des anciennes feuilles souvent endurcies et brunes, persistant longtemps; feuilles d'un vert clair, filiformes-subulées, assez rigides, surtout lorsqu'elles sont émergées, dressées ou étalées (hors de l'eau), longues de 5 à 25 cent., avec un diamètre (vers le milieu) de $\frac{1}{2}$ à $1\frac{1}{2}$ mill., pourvues dans la périphérie, sous l'épiderme, de 6 à 15 faisceaux fibreux, inégalement développés; feuilles insensiblement dilatées en gaine ovale; fossette ligulifère d'un brun jaunâtre; ligule triangulaire ou triangulaire-oblongue, égalant la moitié ou les deux tiers environ de la fossette sporangifère, celle-ci ovale, entourée d'une auréole assez distincte; voile profondément échanuré en croissant à la base, recouvrant au moins la moitié ou les 2 tiers ou même les $\frac{3}{4}$ du sporange, celui-ci étant alors à nu seulement dans la portion échanurée du voile, échancre qui fait même défaut dans quelques spécimens; macrospores souvent d'un gris de plomb, à face basilaire parsemée de tubercules très inégaux, les plus gros au nombre de 15 à 25; faces du sommet finement tuberculeuses, avec 1 à 4 tubercules bien plus gros que les autres, placés au centre de chacune des faces; microspores brunes, fortement échinulées. ♀.

Varie:

a. brevifolia Al. Br. Monasteb. Kgl. Akad. der Wiss. (1853) p. 605. — Gaine sporangifère dépourvue de stries brunes.

b. Perreymondii. — **I. setacea** b. Perreymondii Bory, Compt. rend. Inst., 24 juin 1854. **Is. adpersa** Gren. et Godr. Fl. fr. III, p. 651. — Gaine sporangifère parsemée de petites stries brunes, plus apparentes sur la face dorsale et dans la région de l'auréole.

— Mai, octobre. Submergé dans les étangs ou végétant sur les sables humides, lorsque l'eau s'est retirée. R. et observé seulement dans la Sologne: Loreux, étang Dernier, étang Luneau et surtout dans l'étang de la Harpe, où il a été découvert en septembre 1866, par M. Max. Cornu!; Millançay et Veilleins, étang de la

Figure 8. Extrait de la flore du Loir-et-Cher - A. Franchet - 1885

Dans son catalogue des plantes vasculaires des environs de Romorantin de 1894, Émile Martin reprend les conclusions d'A. Franchet et cite la présence de deux espèces distinctes.

En 1893, l'Abbé F. Hy mènera une étude comparative des isoètes et conclura :

- L'isoète trouvé par l'Abbé Violleau à Saint-Léomer dans la Vienne (86) serait le « véritable » *Isoetes tenuissima* ;
- L'isoète du Grand Étang du Rischauveron découvert en 1847 et nommé *Isoetes tenuissima* par A. Boreau en 1850 serait en fait *Isoetes viollaei*, nommé ainsi en hommage à l'Abbé Violleau.

Meunerie (Em. Martin); Marciilly-en-Gault, étang de Verrières; étang de Fontenille; étang de la Prée; St-Viatre, étang du Galop. — Les deux variétés signalées végètent ensemble dans les mêmes localités.

Distrib. géogr. — Toute la région méditerranéenne occidentale; Algérie.

Observ. — L'*Isoetes* des étangs de la Sologne a été jusqu'ici rapporté à l'*I. tenuissima* Boreau; il en diffère par ses feuilles plus grosses, moins molles, même dans la plante submergée, et surtout par la présence de faisceaux fibreux dans la périphérie des feuilles, faisceaux qui, au témoignage d'Al. Braun, manquent totalement dans l'*Isoetes* de l'étang de Riz Chauvron et que Boreau a nommé *I. tenuissima*. Des observations ultérieures faites sur des individus vivants de cette dernière espèce, sont nécessaires pour apprécier la valeur de ce caractère et démontrer qu'il sépare suffisamment l'*I. tenuissima* Boreau de l'*I. velata*, décrit et figuré 3 ans auparavant. Quoiqu'il en soit, la plante de Loir-et-Cher présente tous les caractères de l'espèce d'Al. Braun; la forme de la ligule, exactement triangulaire ou triangulaire-oblongue, se retrouve identique dans beaucoup d'exemplaires d'*I. velata* provenant d'Algérie, bien que la description et la figure attribuée à la plante une ligule plus allongée, presque lanceolée, égalant au moins la fossette sporangifère.

La var. *D. Perreymondi* Bory, est caractérisée seulement par la présence de cellules épidermiques colorées en brun, très visibles sur le dos de la gaine; la plante de Sologne, présente ce caractère souvent à un haut degré et ne diffère en rien de celle de Saint-Raphaël, près de Fréjus, que Grenier et Godron ont cru pouvoir rapporter à l'*I. adpersa* Al. Br.; tous les spécimens de cette localité conservés dans l'herbier Grenier, de même que tous les échantillons originaux de même provenance, décrits par Bory et qui sont aujourd'hui dans l'herbier du Muséum, ont en effet un voile très développé et ne laissant à nu qu'une très faible portion basilaire du sporange; c'est probablement la présence de cellules colorées dans la plante de Saint-Raphaël, qui a entraîné la détermination des auteurs de la Flore de France.

1263. *I. adpersa* Al. Braun Exped. scient. Alg., tab. 77, fig. 3. Milde Fil. Eur. p. 286; Mot. et Vindr. Monogr. des Isoet. p. 77 (excl. syn.), pl. IV, fig. 5-6. (*I. tachté*). — Diffère à peine de l'*I. velata* et surtout de la var. *Perreymondi*, par la brièveté du voile, presque complètement atrophié ou recouvrant le sporange jusqu'au tiers, avec tous les passages intermédiaires; quand la plante est très enfoncée dans le sable, les stries brunes de la gaine peuvent faire complètement défaut; les microspores sont ordinairement (mais pas toujours) plus brièvement échinulées que celles de l'*I. velata* et assez souvent pourvues d'une petite crête dentelée. ♀.

— Juillet, août. Sables humides. RR. Marciilly-en-Gault, étang de Fontenille! (Août 1869).

Distrib. géogr. — Algérie, dans la province d'Oran.

L'étang de Fontenille est planté en bois depuis quelques années; néanmoins M. Martin a retrouvé la plante dans les fosses d'assainissement en mélange avec l'*I. velata*; elle existe probablement aussi dans les étangs voisins. L'*Isoetes* de Saint-Raphaël, n'étant qu'une variété de l'*I. velata*, l'étang de Fontenille est la seule localité française, ou l'*I. adpersa* ait été réellement observée, en admettant que les deux plantes soient réellement distinctes. Cf. Bull. Soc. bot. de Fr. (1884), séance du 14 novembre.

CONSPECTUS DES ESPÈCES.

- Voile recouvrant au moins la moitié et souvent à presque totalité du sporange. *I. velata* (1237).
- Voile presque nul, ou recouvrant à peine un tiers du sporange. *I. adpersa* (1268).

FAM. XCV. RHIZOCARPEÆ

RHIZOCARPÉES.

Sporanges de deux sortes, renfermés dans un involucre complètement clos (sporocarpe), globuleux ou ovale, placé sur le rhizome, à l'aisselle des feuilles, ou sur les pétioles, un peu au-dessus de leur base, s'ouvrant au sommet à la maturité en 2 ou 4 valves, ou par une fente verticale médiane; macrosporange ne contenant qu'une seule macrospore; microspores très nombreuses dans les microsporangies, qui occupent la base du sporocarpe. — Plantes végétant dans l'eau ou dans les lieux fangeux et très humides, pourvues d'un rhizome très allongé, persistant; feuilles roulées en crosse dans leur jeune âge, tantôt filiformes-subulées, tantôt longuement pétiolées avec le limbe quadripartit, à lobes en croix, étalés sur un même plan.

TABLEAU DES GENRES.

- Feuilles filiformes subulées; sporocarpes axillaires. PILULARIA. 466.
- Feuilles à limbe quadripartit; sporocarpes naissant un peu au-dessus de la base du pétiole. MARSILEA. 467.

G. 466. PILULARIA (Pilulaire).

Sporocarpe globuleux, coriace, présentant intérieurement 4 fausses loges et s'ouvrant au sommet par 4 dents ou valves courtes; sporanges placés sur un réceptacle inséré sur la paroi du sporocarpe; macrospore étranglée au-dessus du milieu.

1269. *P. globulifera* L. sp. 1563. Lefr. cat. p. 30; Em. Mart. cat. p. 344. (*P. globulifère*). — Rhizome rameux, grêle, radicant à l'insertion des feuilles; feuilles filiformes d'un vert clair, longues de 3 à 6 cent., alternes, dressées; sporocarpes solitaires à l'aisselle des feuilles, sessiles ou très brièvement pédicellés, recouverts d'un feutrage roussâtre. ♀.

Juin, août. — Bords des étangs. C. dans toute la Sologne jusqu'à Cheverny et Cour-Cheverny; R. ailleurs: Lunay, mares bordant le chemin haut des Roches; Saint-Marc-du-Cor, mare du pré du Tonneau.

Figure 9. Extrait de la flore du Loir-et-Cher - A. Franchet - 1885

La situation reste compliquée et souvent contradictoire d'un auteur à l'autre. La multiplicité des diagnostics sur la base de critères peu fiables en est la raison principale. Il n'est également pas rare que certains auteurs citent même plusieurs espèces sur un même lieu. Exemple du Grand Étang du Rischauveron où *Isoetes viollaei* se trouverait en mélange avec *Isoetes chaiboissaei* d'après l'Abbé F. HY. Quelques années plus tard, Antoine Le Grand citera sur ce même étang *Isoetes viollaei* en mélange avec *Isoetes tenuissima*.

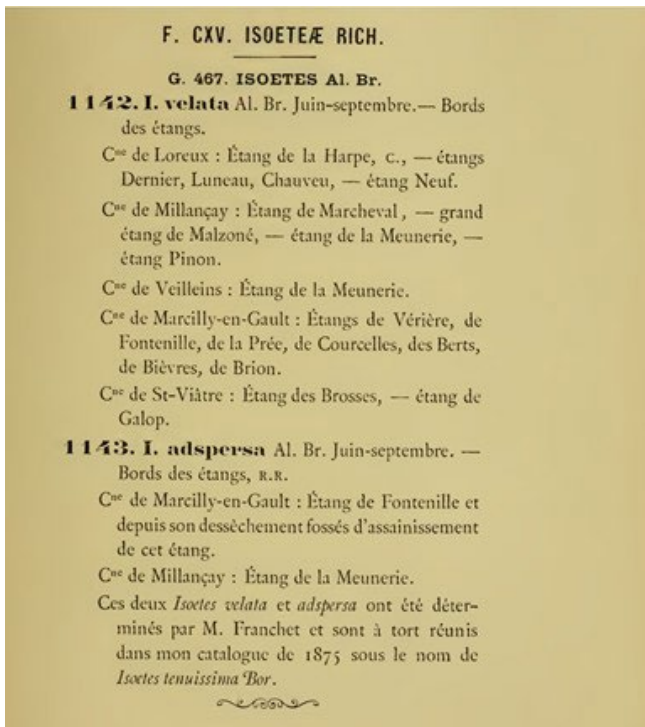


Figure 10. Extrait du catalogue des plantes vasculaires des environs de Romorantin - E. Martin - 1894

Il entreprend pour cela une phase de terrain, accompagné de botanistes connaisseurs et spécialistes des stations d'isoètes, les abbés Sabourain et Violleau. Ces derniers vont débiter leur exploration par la Brenne et plus précisément sur la commune de Ciron (étangs de Barrière, du Petit-Riau, Pascauds, Droit et de Maisonneuve) puis continuent leurs recherches et leurs collectes les jours suivants dans la Vienne sur la commune de Saint-Léomer (où l'abbé Violleau avait découvert *Isoetes tenuissima*) pour terminer sur le Grand Étang du Rischauveron dans la Haute-Vienne, devenu un lieu de récolte des isoètes très populaire (le nombre de planches d'herbiers atteste de la fréquentation importante de cet étang au cours du XIX^{ème} siècle).

Un an plus tard, en 1896, dans son article consacré aux isoètes du centre de la France, A. Le Grand avancera plusieurs hypothèses qui feront longtemps références. Ses conclusions sont les suivantes :

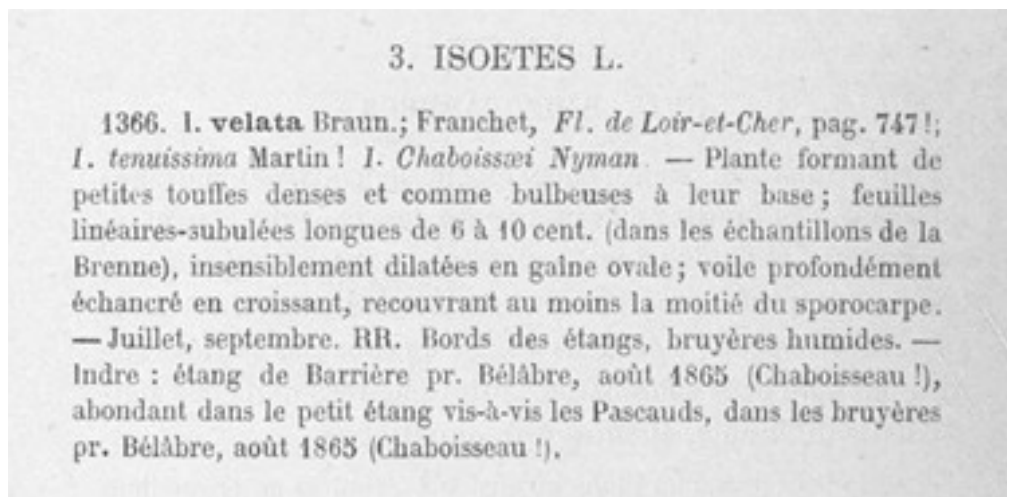


Figure 11. Extrait de la Flore analytique du Berry - A. Le Grand - 1887

1. ISOETES L.

1428. I. *Chaboissæi* Nyman!; *I. velata* Braun.; Franchet, *Fl. de Loir-et-Cher*, pag. 747; *I. tenuissima*, Em. Martin, Cat. non Bor. — Feuilles longues de 5-12 cent.; voile profondément échancré en croissant à la base, recouvrant au moins la moitié ou les 2/3, ou même les 3/6 du sporocarpe; macrospores à face basilaire parsemée de tubercules très inégaux, les plus gros au nombre de 15 à 25; faces du sommet finement tuberculeuses avec 1 à 4 tubercules bien plus gros que les autres, placés au centre de chacune des faces; microspores brunes, fortement échinulées; gaines sporangifères concolores ou parsemées de stries brunes. (Conf. Franchet, *Flore de Loir-et-Cher*, loc. s. cit.). — Juillet, septembre. RR. Bords des étangs, bruyères humides. — Indre : étang de Barrière pr. Belâbre, août 1863 (abbé Chaboisseau!), petit étang vis-à-vis les Pascauds, dans les bruyères, pr. Belâbre, août 1863 (id.). — Abondant aux env. de Romorantin! (Em. Martin).

Obs. I. — L'*I. Chaboissæi* est extrêmement voisin des *I. tenuissima* Bor. et *velata* Br. et ces trois formes ne constituent probablement qu'une seule espèce.

II. — *I. Hystrix* Dur. — Petite plante des terr. secs; rhizôme recouvert par des phyllopoies persistants squamiformes, terminés par deux longues cornes subulées. — Rochers de la Gartempe à Lathus (Vienne) et Cieux (Haute-Vienne).

Figure 12. Extrait de la Flore analytique du Berry - A. Le Grand - 1894

- *Isoetes chaboissæi* est synonyme d'*Isoetes tenuissima*. La principale différence entre ces deux espèces était basée sur la présence de macules sur les gaines. A. Le Grand conclut que ce critère est trop aléatoire et instable d'un individu à un autre et ne peut constituer à ce titre un critère fiable et unique de différenciation entre ces deux taxons ;
- Néanmoins, ce caractère des macules sur les gaines, couplé à celui de la structuration anatomique de la feuille et au port de la plante, tend à laisser penser à l'auteur que *Isoetes viollæi* est une espèce différente d'*Isoetes tenuissima* ;
- Les isoètes du Loir-et-Cher, de l'Indre, de la Vienne et de la Haute-Vienne peuvent être rapprochés d'*Isoetes tenuissima* avec néanmoins régulièrement d'importantes variations ;
- Enfin, A. Le Grand avance l'hypothèse qu'*Isoetes tenuissima* est une sous variété ou race régionale d'*Isoetes velata*.

Ses travaux contredisent ce qu'il avait publié en 1887 et surtout en 1894 dans sa Flore analytique du Berry où il mentionne *Isoetes chaboissæi* (probablement suite à la publication de l'Abbé F. Hy de la même année). Néanmoins, il présage déjà les synonymies à venir.



Figure 13. : Echantillons de *Isoetes velata* de l'étang de la Harpe à Loreux (41) – Juillet 1883 – Note explicative des variétés (Source : Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (France) Collection : Plantes vasculaires (P) Spécimen P01266628)

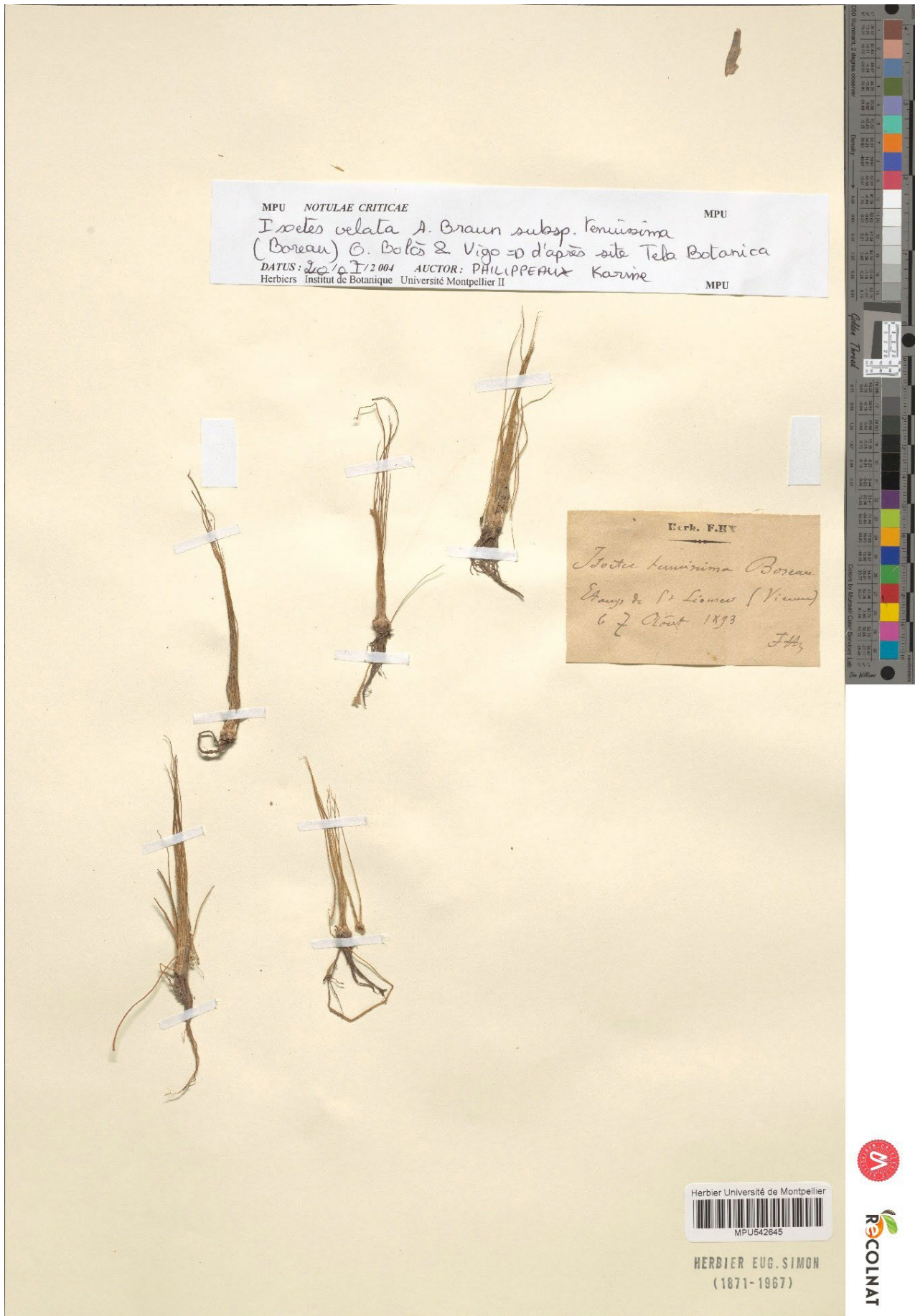


Figure 14. : Echantillons provenant de l'étang de Saint-Léomer (86) – Récolteur : Abbé F. Hy – Août 1893 (Source : Recolnat)



Figure 15. : Echantillons d'*Isoetes tenuissima* de l'étang de Saint-Léomer (86) – Récolteur : A. Le Grand – Août 1894 (Source : Recolnat)



Figure 16. : Echantillons d'*Isoetes tenuissima* de l'étang Barrière à Ciron (36) – Récolteur : A. Le Grand – Août 1894 (Source : Recolnat)



Figure 17 : Echantillons d'*Isoetes violloei* du Grand Étang du Rischauveron (87) – Récolteur : A. Le Grand – Août 1894 (Source : Recolnat)

2.2. DESCRIPTION GENERALE



2.2.1. MORPHOLOGIE

Tous les isoètes ont une morphologie assez semblable. Ce sont des espèces discrètes (taille restreinte, d'apparence assez « quelconque » laissant penser à des formes végétatives de joncs) et présentant un caractère de plante à éclipse.

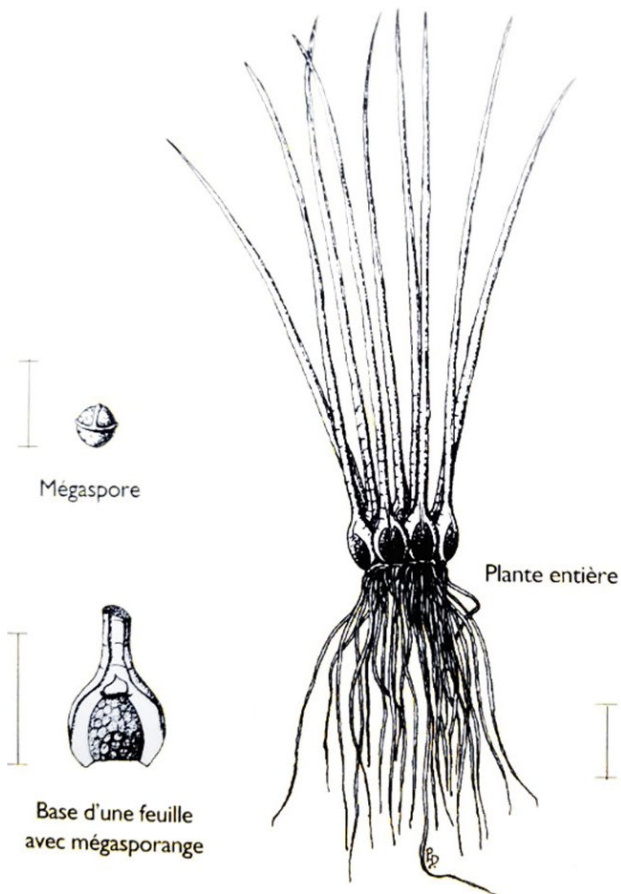


Figure 18. : Morphologie générale d'un Isoète (Source : Danton & Baffray, 1995)



Figure 19. : Vue rapprochée de la base des lycophylles d'Isoète très ténu (Jordane Cordier MNHN/CBNBP)

Les isoètes sont des plantes aquatiques et amphibies. Ils mesurent en général entre 3 et 15 cm de haut. La partie souterraine de la plante est assez restreinte (le corme).

Les lycophylles¹ sont linéaires et disposées en touffe serrée. Le corme est une assise charnue (bilobée ou trilobée selon les espèces) qui supporte, en haut, les feuilles à disposition spiralée avec les feuilles à microsporangies au centre et les feuilles à macrosporangies à l'extérieur et en bas le système racinaire enfoui de quelques centimètres dans le substrat sableux

¹Feuilles relativement petites supportées par des cordons conducteurs isolés chez les Lycophytes. Les lycophylles peuvent provenir de la pénétration du tissu conducteur dans des protubérances foliacées des tiges (Raven et al., 2011). Le terme « microphyll » est également usité pour qualifier ces feuilles rudimentaires (Prelli, 2010).



Figure 20. : Isoète très ténu (*Isoetes tenuissima*) en forme exondée - Julien Mondion (MNHN/CBNBP) - Brenne - 2019

2.2.2. CYCLE BIOLOGIQUE

Les Isoétales sont hétérospores ou monoïques, c'est-à-dire, que chaque individu possède des spores de deux sortes :

- Mégaspores au niveau des sporanges externes (mégasporanges) portés à la base des feuilles externes (mégasporophylles). Il y aurait entre 50 et 300 mégaspores par mégasporange. Ces dernières mesurent entre 250 à 900 μm de diamètre ;
- Microspores au niveau des sporanges internes (microsporangies) portés à la base des feuilles internes (microsporophylles). Il y aurait entre 150 000 et 300 000 microspores par microsporangie. Ces dernières mesurent entre 30 à 40 μm de diamètre.

Les mégaspores, dont l'ornementation est régulièrement utilisée pour la détermination des isoètes, sont à l'origine de la formation d'un gamétophyte femelle et des mégaprothalles femelles. Les microspores sont quant à elles à l'origine de la formation des gamétophytes mâles

et microprothalles. La fécondation est le résultat de la rencontre des spermatozoïdes et des archégonies et produit un embryon qui pourra se développer à l'aide des réserves du gamétophyte femelle. Cet embryon deviendra par la suite un jeune sporophyte qui, à son tour, deviendra un sporophyte mature (Prelli & Boudrie, 2021).

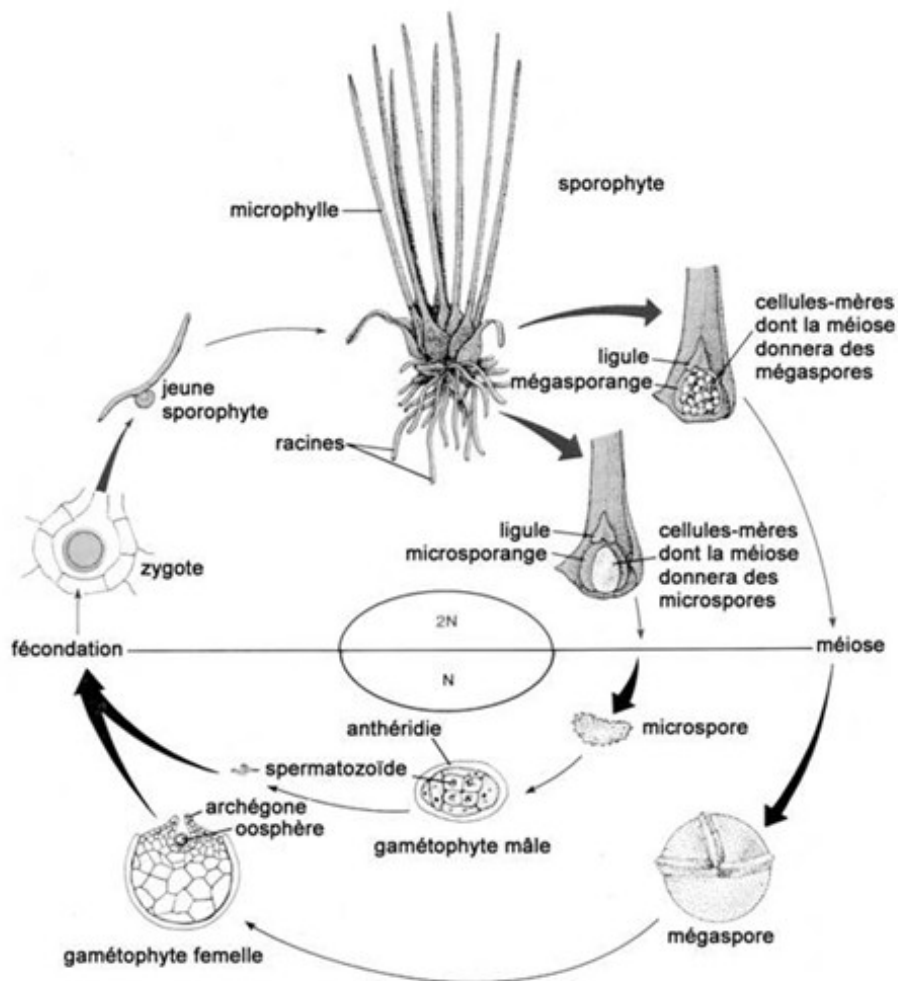


Figure 21. : Cycle de reproduction des isoètes (Source : in Stern, 1985)

2.2.3. CRITERES D'IDENTIFICATION

La recherche de critères de détermination fiables et constants a été l'une des problématiques majeures pour les botanistes du XIX^{ème} siècle. La taxonomie en est étroitement liée et les critères inconstants ont été à l'origine des nombreux changements de dénomination des isoètes du centre de la France.

A cette époque, les principaux critères de détermination et de différenciation des isoètes étaient :

- les faisceaux fibreux des feuilles. C'est sur cette base (présence de faisceaux fibreux) que Franchet (1884) a conclu que les isoètes de Sologne n'étaient pas *Isoetes tenuissima* ;
- la présence ou non d'un voile (velum) situé au-dessus des sporanges ;

- la robustesse de la plante : plante lâche et petit bulbe chez *Isoetes tenuissima* du Grand Étang du Rischauveron alors que plante robuste (20 à 25 cm), feuilles raides et gros bulbe pour les individus de Sologne ;
- le caractère aquatique ou amphibie : plante aquatique en Sologne. Plante amphibie au Grand Étang du Rischauveron (*Isoetes tenuissima*) ;
- la ponctuation (macules) des mégaspores.

Diagnose d'*Isoetes tenuissima* proposée par A. Boreau publié en 1851 :

Isoetes tenuissima, submersa, rhizomate parvo, globoso, foliis laete viridibus, setaceis, angulato triquetris, flexilibus; macrosporis pyramidato-triangulatis, subsphaericis ; microsporis aliis laevibus et sterilibus, aliis maturis tuberculato exasperatis ; planta 2-3 pollicaris, vix ultra, tenuissima, habitu omnino Scirpum acicularem referens. Habitat in fundo stagnorum Pictaviae, rarissima, ubi inventa fuit ab indefesso scrutatore M. Chaboisseau.

Traduction :

L'Isoetes est très fin, submergé, avec un petit rhizome globuleux, avec des feuilles vert vif, soyeuses, à axe incliné, flexibles ; macrospores pyramidales-triangulées, subsphériques ; les microspores chez d'autres sont lisses et stériles, chez d'autres mûres avec excoriation tuberculée ; plante de 2 à 3 pouces, à peine au-delà, très mince, portant un port en forme d'aiguille. Il vit au fond des étangs du Poitou, très rares, où il a été découvert par l'infatigable chercheur M. Chaboisseau.

Au fil du temps, certains de ces critères ont peu à peu été abandonnés puisque inconstants, irréguliers et variables. Avec l'amélioration des outils d'observation, d'autres éléments sont venus compléter les critères macroscopiques difficilement observables pour ce genre. Ainsi, l'ornementation des mégaspores est aujourd'hui un critère considéré comme plutôt fiable pour la distinction de nombreuses espèces d'Isoètes.

Ce critère seul n'est cependant pas suffisant. Il est recommandé de prendre également en considération les caractéristiques plus générales de ces végétaux, leurs préférences écologiques, la morphologie des lycophylles, le nombre d'écailles présentes sur les phyllopoies (expansions à la base des lycophylles), la région de production des sporanges, ou encore les macro- et microspores.

La détermination délicate des isoètes demande le plus souvent un prélèvement et entraîne souvent des dommages à l'échantillon (coupe, observation fine des bulbes, accès aux mégaspores et aux microspores). En France métropolitaine, les isoètes étant tous des espèces protégées, seuls les botanistes autorisés peuvent pratiquer ces opérations.

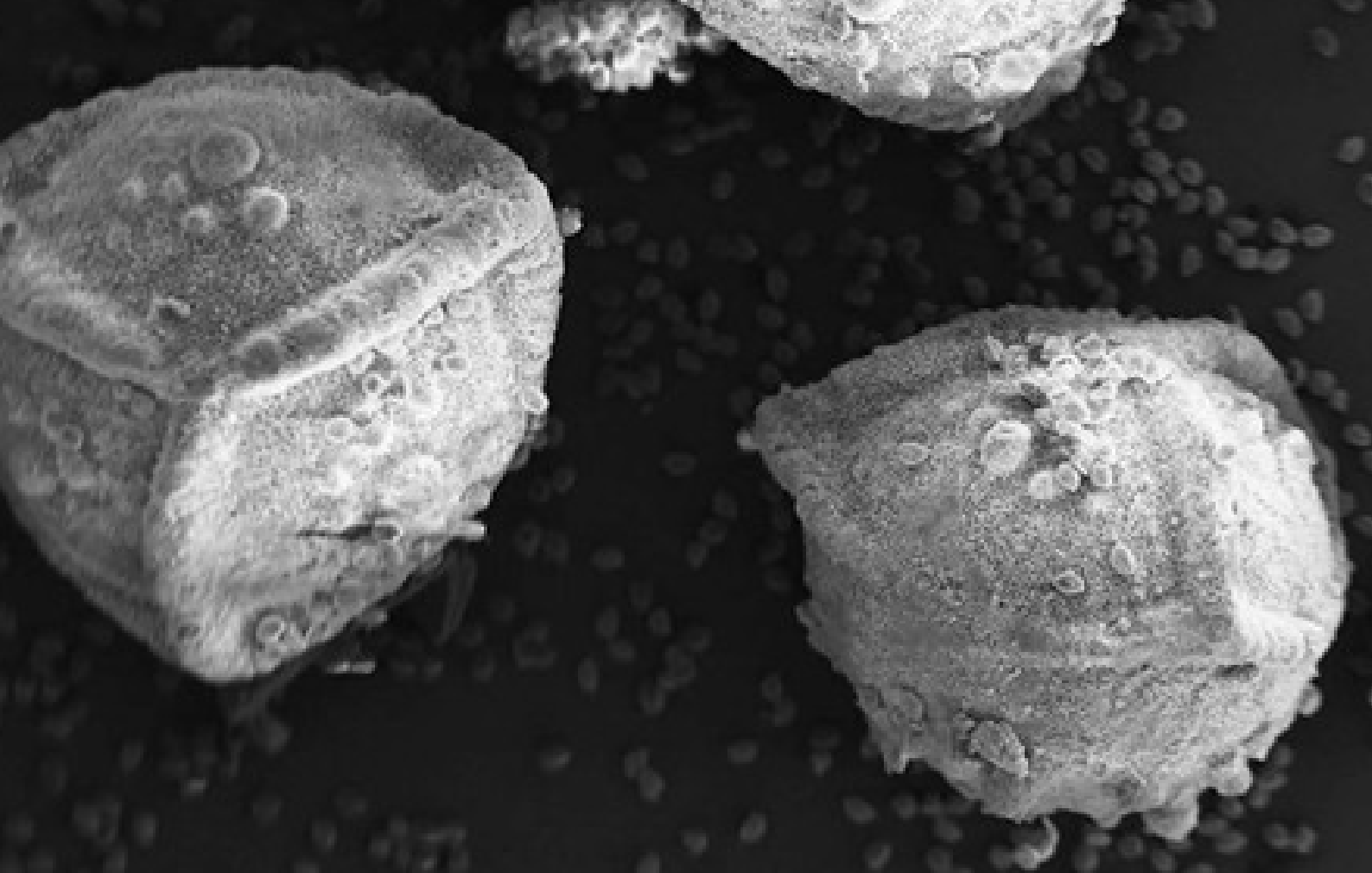


Figure 22. : Exemple d'ornementation de mégaspore : *Isoetes longissima* d'Algérie (source : MNHN)

Néanmoins, afin de préserver la plante, il est possible de ne prélever qu'une seule lycophylle externe avec l'excavation contenant les sporanges et donc les mégaspores. Même si cette pratique épargne l'individu déterminé, cette amputation ne peut être réalisée que par des personnes disposant de l'autorisation nécessaire.

2.3. STATUT REGLEMENTAIRE ET PATRIMONIAL

2.3.1. STATUT DE PROTECTION

L'Isoète très ténu est une espèce protégée au niveau national (arrêté du 20 janvier 1982 – JO du 13 mai 1982). L'Article 1 de cet arrêté stipule « *Afin de prévenir la disparition d'espèces végétales menacées et de permettre la conservation des biotopes correspondants, sont interdits, en tout temps et sur tout le territoire métropolitain, la destruction, la coupe, la mutilation, l'arrachage, la cueillette ou l'enlèvement, le colportage, l'utilisation, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie des spécimens sauvages des espèces citées à l'annexe I du présent arrêté* ».

2.3.2. STATUT DE CONSERVATION

A l'échelle mondiale, les populations de cette espèce ont été jugées en déclin (Rouhan, G. & Christenhusz, M., 2017). A ce titre et sur la base de plusieurs critères, **l'Isoète très ténu est classé « En danger » dans le monde et en Europe** (IUCN., 2017). Des commentaires expliquent ce choix qui a été fait à l'échelle mondiale et européenne (commentaires traduits de l'anglais).

Commentaire général :

« *Isoetes tenuissima* est une espèce aquatique classée en voie de disparition car sa zone d'occurrence estimée est inférieure à 5 000 km², sa zone d'occupation estimée est de 52 km², la population est gravement fragmentée et il y a un déclin continu de la zone d'occurrence, de la qualité de l'habitat, du nombre de sous-populations et d'individus matures, même si elle est présente dans les aires protégées ».

Commentaire sur l'évolution des populations :

« Cette espèce est en forte diminution et une sous-population a déjà disparu. Elle est très localisée, bien qu'une étude approfondie des étangs piscicoles artificiels n'ait pas été réalisée et qu'il puisse y avoir des sous-populations non découvertes. Une réduction globale de la végétation aquatique et une augmentation de l'eutrophisation ont été observées au cours des quatre dernières décennies (F. Pinet, comm. pers., 2016). Dans les années 1930, on le connaissait dans 33 étangs piscicoles, et en 2004 seulement dans 12 étangs ».

Commentaire sur l'écologie :

« *Isoetes tenuissima* se trouve dans les petits lacs et les étangs à poissons artificiels et a de faibles capacités de dispersion, c'est pourquoi l'espèce est considérée comme gravement fragmentée. Il pousse dans des eaux très propres et pures avec un pH neutre et des nutriments intermédiaires, enraciné dans des sols sableux. Il peut sortir de l'eau en été, lorsque les niveaux d'eau sont bas ».

Commentaire sur la conservation :

« *Isoetes tenuissima* est protégé par la loi en France (Prelli, 2001), mais la protection de son habitat doit être une priorité. L'espèce est présente dans une zone protégée (Lansdown, comm. pers., 2016). Des recherches supplémentaires sur sa répartition, ses habitats, son écologie et ses menaces sont nécessaires, ainsi qu'une surveillance de la taille et de l'évolution de sa population ».

Commentaire sur les menaces :

« Cette espèce est menacée par l'eutrophisation des plans d'eau et la compétition par des espèces aquatiques envahissantes, comme l'Ecrevisse rouge de Louisiane (*Procambarus clarkii*). La pisciculture intensive en étangs peut également constituer une menace. Chaque décennie, les étangs sont asséchés pendant plus de six mois et des pratiques de nettoyage inadéquates pendant cette période peuvent gravement endommager les sous-populations ».

Cette évaluation à l'échelle mondiale a été proposée en 2017. A l'échelle de la France, l'Isoète très ténu a été évalué « En danger critique » (UICN France, FCBN, AFB et MNHN, 2018). Or, l'espèce est une endémique Française. Une nouvelle évaluation à l'échelle européenne et mondiale pourra être proposée dans le cadre de ce PNA suite aux inventaires de terrain qui seront réalisés au cours de ce plan.

L'Isoète très ténu est mentionné dans toutes les listes rouges des régions administratives concernées où il est évalué « En danger critique ». L'aire très limitée de l'espèce, le déclin constaté des populations (nombre de stations et taille des populations), l'état de conservation et les menaces avérées sont les principales raisons de ces évaluations régionales.

Cette évaluation à l'échelle mondiale a été proposée en 2017. **A l'échelle de la France, l'Isoète très ténu a été évalué « En danger critique »** (UICN France, FCBN, AFB et MNHN, 2018). Or, l'espèce est une endémique Française. Une nouvelle évaluation à l'échelle européenne et mondiale pourra être proposée dans le cadre de ce PNA suite aux inventaires de terrain qui seront réalisés au cours de ce plan.

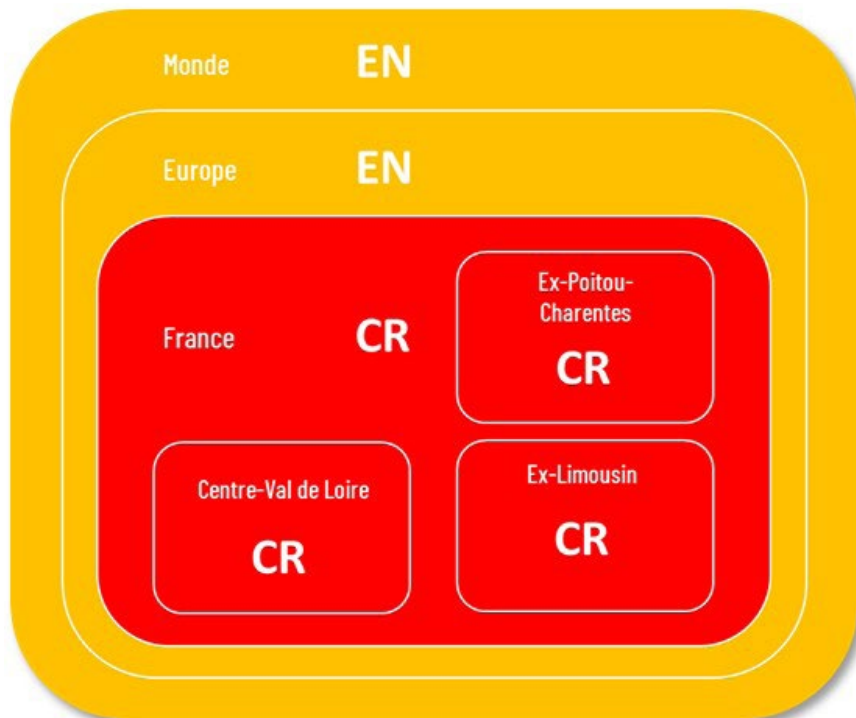


Figure 23. : Synthèse des statuts Listes rouges

L'Isoète très ténu est mentionné dans toutes les listes rouges des régions administratives concernées où il est évalué « En danger critique ». L'aire très limitée de l'espèce, le déclin constaté des populations (nombre de stations et taille des populations), l'état de conservation et les menaces avérées sont les principales raisons de ces évaluations régionales.

2.3.3. PRIORITE DE CONSERVATION

En 2015, l'UMS PatriNat a publié la liste hiérarchisée d'espèces pour la conservation en France (Savouré-Soubelet & Meyer, 2018), qui a été mise à jour en 2017. Ce document est un outil d'aide à la décision en amont des politiques publiques en faveur de la conservation du patrimoine végétal rare et menacé et dont la méthodologie a été élaborée conjointement avec l'UICN, la Fédération des CBN et le Ministère de l'Écologie.

La hiérarchisation des espèces de la Liste rouge nationale s'effectue sur la base d'un croisement (multiplication) entre un indice de vulnérabilité et une responsabilité territoriale. Des points additionnels sont attribués selon l'originalité taxonomique des espèces et la tendance historique des populations.

Le résultat de cette hiérarchisation est une note de 0 à 17. Seules les espèces qui ont obtenu une note supérieure ou égale à 5 sont retenues et sont dites espèces prioritaires pour l'action publique.

Cette liste a été instaurée pour servir de base de réflexion sur les espèces pouvant faire l'objet d'un PNA dans les années à venir.

L'Isoète de Bory (*Isoetes boryana*) figure dans cette liste. Avec une note totale de 13/17, cette espèce est la seule du genre à y être présente et apparaît comme étant une espèce à très fort intérêt de conservation.

L'Isoète très ténu ne figure pas dans cette liste car en 2015 et 2017 cette espèce était considérée comme une sous-espèce d'*Isoetes velata*. Or, sur le plan méthodologique, les sous-espèces n'ont pas été traitées dans cette analyse (G. Gigot, *comm. pers.*, 2022).

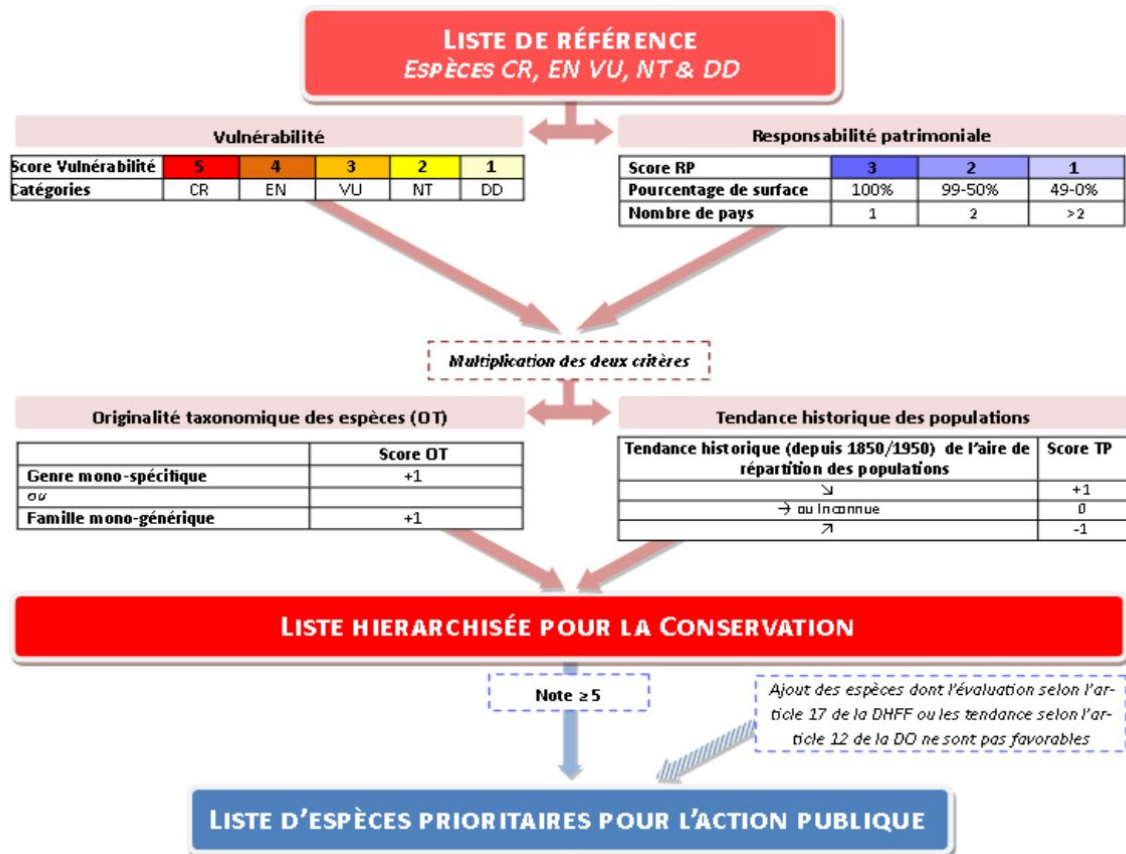


Figure 24. : Méthodologie de hiérarchisation des espèces à priorité de conservation (Savouré-Soubelet & Meyer, 2018)

La simulation de l'application de la méthodologie fait figurer l'Isoète très ténue parmi les espèces prioritaires dans le cadre d'actions de conservation à l'échelle nationale. Du fait de sa vulnérabilité et de sa responsabilité patrimoniale forte, l'Isoète très ténue apparaît comme une espèce à très fort intérêt de conservation. Avec une note finale de 16/17, cette espèce apparaît même dans les 10 espèces prioritaires pour la conservation à l'échelle nationale. Un PNA en faveur de cette espèce est par conséquent parfaitement justifié et apparaît même indispensable au regard de la répartition de l'espèce, des menaces identifiées, de la dynamique des populations et de son statut de conservation à l'échelle mondiale.

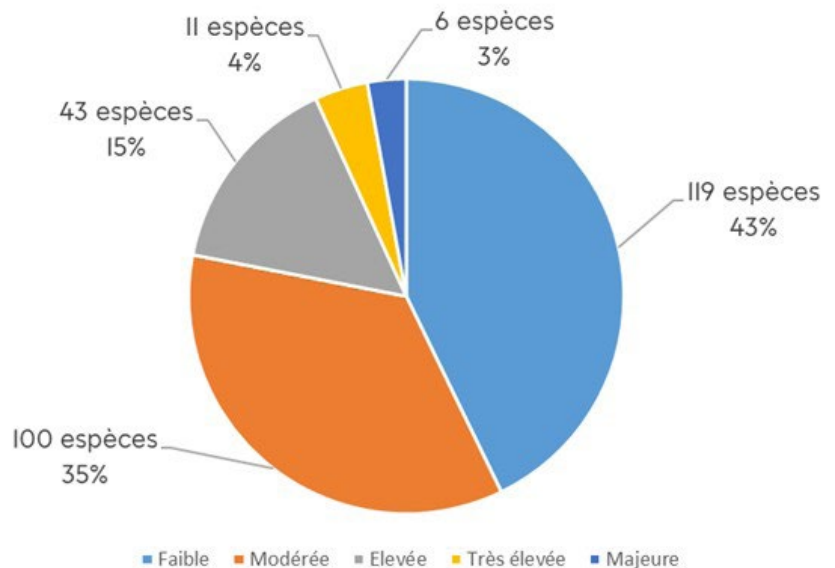


Figure 25. : Répartition des priorités de conservation de la flore en Centre-Val de Loire

A l'échelle du Centre-Val de Loire et d'après la stratégie régionale de conservation de la flore rare et menacée (Mondion, 2022), l'Isoète très ténu apparaît comme une des six espèces à priorité de conservation majeure, catégorie réunissant les espèces les plus menacées et dont la responsabilité régionale est la plus importante (avec *Carex hartmanii*, *Dactylorhiza brennensis*, *Milium vernale subsp. scabrum*, *Sedum pentandrum*, *Utricularia tenuicaulis*). Basée sur la méthodologie du MNHN (Barneix & Gigot, 2013), cette stratégie régionale apporte des éléments complémentaires à la Liste rouge régionale et cadre la politique de conservation menée régionalement par le CBN du Bassin parisien.

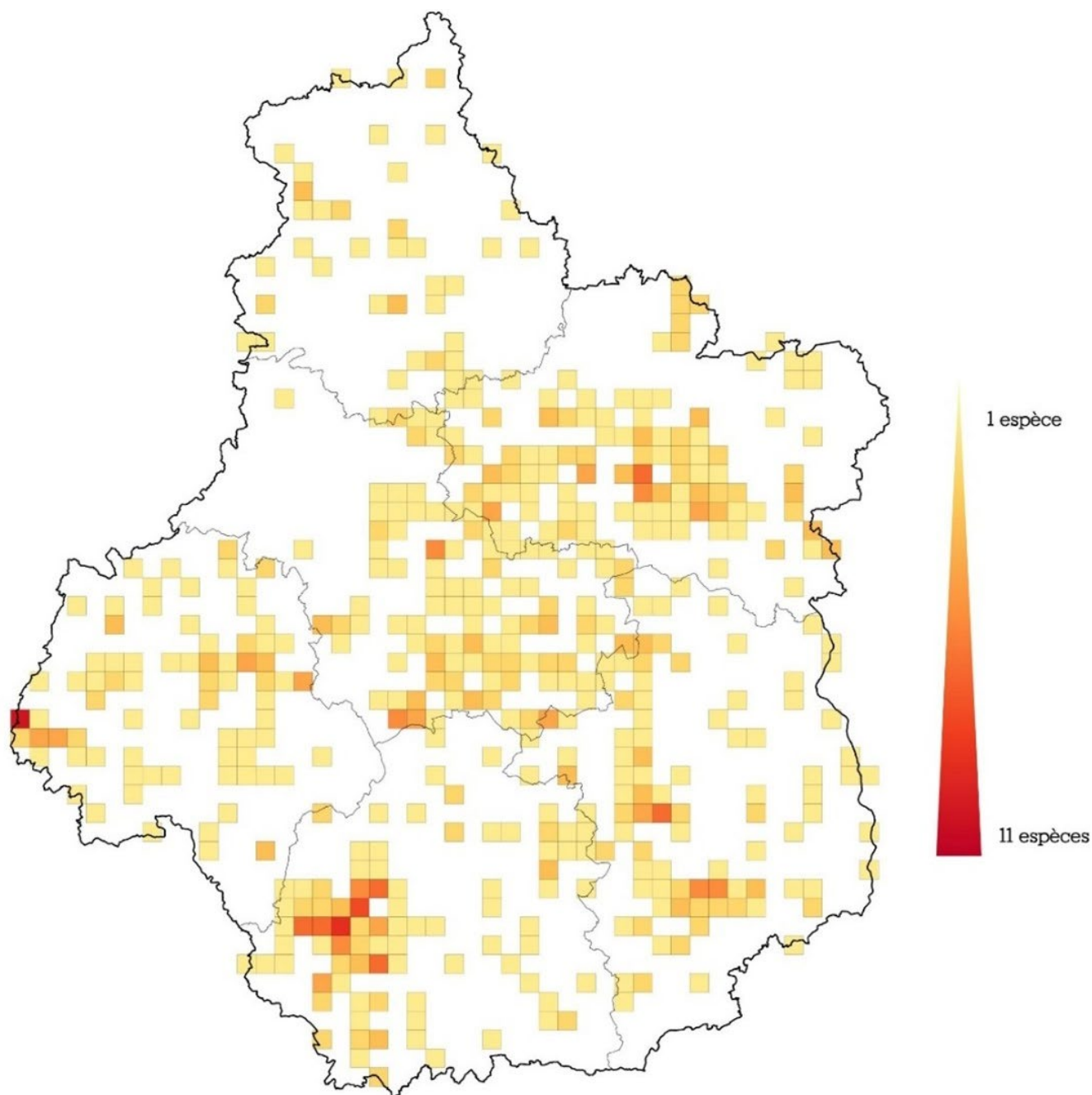


Figure 26. : Répartition (mailles 5km*5km) des espèces « à fort enjeu de conservation » en Centre-Val de Loire (Mondion, 2022)



2.4. ECOLOGIE DE L'ESPECE

2.4.1. HABITATS & VEGETATIONS

De manière générale, l'Isoète très ténu est surtout observé sur les rives exondées des mares et des étangs à fond plat et sur substrat sablonneux-gravillonneux. Il peut également l'être sous forme immergée mais ces cas sont rares car quand les conditions d'observation sont altérées (lame d'eau, turbidité parfois), l'espèce est par conséquent plus difficile à distinguer. De plus, la réalisation de relevés phytosociologiques dans des conditions de stations immergées est également bien plus complexe dans la mise en œuvre.

Il existe peu de relevés phytosociologiques récents concernant l'Isoète très ténu réalisés par les CBN des territoires concernés. Les relevés présentés dans le tableau suivant ont été extraits de © *Lobelia*. Tous ces relevés ont été réalisés sur des grèves exondées d'étangs et de mares en région Centre-Val de Loire (Indre et Loir-et-Cher) et dans la Creuse entre les mois de mai et août.

Tableau 1. : Auteurs de relevés phytosociologiques

Numéro du relevé	Auteurs
656656	Pujol Damien (Conservatoire botanique national du Bassin parisien)
2253775	Bur Sébastien (Conservatoire d'Espaces Naturels du Limousin), Guerbaa Karim (Conservatoire d'Espaces Naturels du Limousin), Mady Mickaël (Conservatoire botanique national du Massif central)
2881030	Mady Mickaël (Conservatoire botanique national du Massif central)
15	Collectif (session de la Société Française de Phytosociologie en Brenne du 20 au 23 mai 2022)
2276025	Mady Mickaël (Conservatoire botanique national du Massif central), Nawrot Olivier (Conservatoire botanique national du Massif central)
2276026	Mady Mickaël (Conservatoire botanique national du Massif central), Nawrot Olivier (Conservatoire botanique national du Massif central)



Figure 27. : Berge exondée d'une mare à Isoète très ténu (Julien Mondion MNHN/CBNBP - RNN de Chérine – mai 2019)

Tableau 2. : Classement des relevés phytosociologiques modernes à Isoète très ténue

id_releve	656656	2253775	2881030	15	2276025	2276026
Date observation	31/05/2010	10/07/2015	11/07/2023	21/05/2022	31/08/2016	31/08/2016
Commune	NEUNG-SUR-BEUVRON (41)	LUSSAT (23)	LUSSAT (23)	MÉZIÈRES-EN-BRENNE (36)	SAINT-CHABRAIS (23)	SAINT-CHABRAIS (23)
Surface m2	100	2	1	20	4	5
Composition floristique						
LITTORELLETEA UNIFLORAE						
<i>Isoetes tenuissima</i> Boreau, 1850	+	+	+	1	+	+
<i>Ranunculus flammula</i> L., 1753	+	2	1	2	+	
<i>Baldellia repens</i> s subsp. <i>cavanillesii</i> (Molina Abril, A.Galán, Pizarro & Sard.Rosc.) Talavera, 2008	1	1	1	2		1
<i>Veronica scutellata</i> L., 1753	+	+	+	+		
<i>Juncus bulbosus</i> L., 1753	2	3	2	2		
<i>Eleocharis multicaulis</i> (Sm.) Desv., 1818	2		1	+		
<i>Hydrocotyle vulgari</i> s L., 1753	2	3	1			
<i>Pilularia globulifera</i> L., 1753			+	+		
<i>Elatine hexandra</i> (Lapierre) DC., 1808					2	1
<i>Eleocharis acicularis</i> (L.) Roem. & Schult., 1817					3	2
<i>Juncus heterophyllus</i> s Dufour, 1825				+		
<i>Eleocharis palustris</i> (L.) Roem. & Schult., 1817	+					
<i>Isolepis fluitans</i> (L.) R.Br., 1810				+		
SCHEUCHZERIO PALUSTRIS-CARICETEA FUSCA						
<i>Agrostis canina</i> L., 1753 [nom. et typ. cons.]	1	2	1	1		
<i>Carex demissa</i> Hornem., 1806	1		+			
<i>Carex panicea</i> L., 1753		+				
<i>Juncus acutiflorus</i> Ehrh. ex Hoffm., 1791		+				
<i>Molinia caerulea</i> (L.) Moench, 1794		+				
<i>Galium uliginosum</i> L., 1753				+		
AGROSTIETEA STOLONIFERAE						
<i>Mentha arvensis</i> L., 1753	+	2	+			
<i>Galium palustre</i> [groupe]	+	+				
<i>Myosotis laxa</i> subsp. <i>cespitosa</i> (Schultz) Hyl. ex Nordh., 1940	+			+		
<i>Achillea ptarmica</i> L., 1753	+					
<i>Agrostis stolonifera</i> L., 1753				+		
<i>Eleocharis uniglumis</i> (Link) Schult., 1824				+		
PHRAGMITO AUSTRALIS-MAGNOCARICETEA ELATAE						
<i>Iris pseudacorus</i> L., 1753	1		+			
<i>Leersia oryzoides</i> (L.) Sw., 1788					+	
<i>Schoenoplectus lacustris</i> (L.) Palla, 1888				+		
<i>Lycopus europaeus</i> L., 1753	r					
<i>Lysimachia vulgaris</i> L., 1753	1					
<i>Phalaris arundinacea</i> L., 1753			+			
<i>Mentha aquatica</i> L., 1753				+		
POTAMETEA PECTINATI						
<i>Potamogeton gramineus</i> L., 1753			+		1	
<i>Potamogeton trichoides</i> Cham. & Schltl., 1827					2	1
<i>Persicaria amphibia</i> (L.) Gray, 1821					+	
<i>Potamogeton crispus</i> L., 1753						+
CHARETEA FRAGILIS						
<i>Chara braunii</i> C.C.Gmelin, 1826					+	
BIDENTETALIA TRIPARTITAE						
<i>Bidens</i> L., 1753		+				
<i>Alopecurus aequalis</i> Sobol., 1799				+		
ISOETO DURIEUI-JUNCETEA BUFONII						
<i>Juncus capitatus</i> Weigel, 1772	r					



Figure 28. : Mare temporaire exondée à Isoète très ténu à la queue de l'Etang de Bellebouche (36) (Thierry Fernez MNHN/CBNBP- Rel

La station située à Neung-sur-Beuvron (Loir-et-Cher) a fait l'objet d'un unique relevé phytosociologique l'année de sa redécouverte en Sologne. Un travail spécifique a également eu lieu par le CBN du Massif central concernant les stations de Creuse.

La Brenne, qui réunit le plus de stations de l'Isoète très ténu, montre un déficit de connaissance sur le plan phytosociologique puisqu'un seul relevé moderne a été réalisé en 2022 lors d'une session de la Société Française de Phytosociologie organisée par le CBN du Bassin parisien (Fernez et al., 2023).

Tous les relevés ont été réalisés sur des berges exondées et sont dominés par des espèces vivaces. Ils appartiennent à la classe des *Littorelletea uniflorae* Braun-Blanq. & Tüxen ex V. Westh., J. Dijk, Passchier & G. Sissingh 1946, c'est-à-dire des gazons vivaces amphibies, exondables, oligotrophes à mésotrophes, des bordures de plans d'eau. L'Isoète très ténu est toujours peu présent (toujours moins de 5% d'abondance-dominance).

Malgré le peu de relevés le classement de ces derniers permet de constater certaines similarités. Deux groupes sont ainsi constitués :

Les relevés de Neung-sur-Beuvron (41), Lussat (23) et de Mézières-en-Brenne (36) constituent un premier groupe cohérent. Les espèces dominantes sont des espèces caractéristiques de la classe des *Littorelletea uniflorae* comme *Ranunculus flammula*, *Baldellia repens*, *Juncus bulbosus* et *Eleocharis multicaulis*. Des espèces comme *Baldellia repens*, *Eleocharis multicaulis*, *Pilularia globulifera* et *Isolepis fluitans* sont même étroitement liées à l'alliance de l'*Elo-do palustris-Sparganium* Braun-Blanq. & Tüxen ex Oberd. 1957. Il s'agit de communautés surtout (méditerranéo-) thermo- à boréoatlantiques acidiphiles des grèves sablonneuses ou tourbeuses d'étangs ou de zones humides oligotrophes à mésotrophes peu profondes et assez longuement exondées.

Le relevé 15 réalisé dans une mare temporaire exondée en Brenne lors de la session de la So-



levé 15 - mai 2022)

ciété Française de Phytosociologie a été associé à la race franco-atlantique du *Junco heterophylli-Pilularietum globuliferae*, association pionnière oligotrophile sur substrats minéraux, jusqu'ici non reconnue dans la région mais connue des Landes et de Charente-Maritime, association végétale de l'*Elodo palustris-Sparganion Braun-Blanq. & Tüxen ex Oberd. 1957*.

Les deux autres relevés réalisés à Saint-Chabrais (23) sont très similaires et sont dissociés des précédents par la présence d'espèces de la classe des *Potametea pectinati* Klika in Klika & V. Novák 1941 (herbiers enracinés, à caractère vivace, des eaux douces, éventuellement subsaumâtres, mésotrophes à eutrophes, courantes à stagnantes) comme *Potamogeton gramineus*, *Potamogeton trichoides*, *Persicaria amphibia* et *Potamogeton crispus*. Bien que réalisés à la fin du mois d'août, les relevés ont été effectués peu de temps après le retrait de l'eau et surtout des plus bas niveaux topographiques d'où la présence de véritables plantes aquatiques comme les Potamogetonacées et les Characées. Contrairement aux relevés du groupe précédent, le cortège floristique qui compose ces deux relevés semble montrer un substrat plus mésotrophe, probablement plus riche en matière organique et plus meuble (vases).



Figure 29 : Aperçu de la mare à Isoète très tenu à la queue de l'Etang de Bellebouche (36) en phase inondée – station identique de la Figure 28 (Thierry Fernez MNHN/CBNBP – mai 2024)

Un syntaxon endémique du centre de la France serait présent en Brenne, dans la Marche, dans le Montmorillonnais et en Sologne. Il s'agit du *Littorello uniflorae-Isoetetum tenuissimae* (Allorge & Gaume 1925) Géhu & de Foucault 1988 (Coll. Phytosociol. XV : 641) dont la combinaison caractéristique est composée des deux espèces éponymes de l'association. Cette formation végétale présente la physionomie d'un gazon bas, ouvert, paucispécifique, dominé par de petites espèces à feuilles subulées, de bas niveau topographique, très courtement exondé, sur substrat minéral, graveleux ou sableux (Foucault B. (de)., 2010). D'après la description originale (Géhu & Foucault (de), 1988), cette végétation a été décrite dans trois étangs de Brenne : l'étang du Vaux, l'étang du Sault et l'étang du Sagnat, le relevé de référence (holotype) étant celui réalisé à l'étang du Sault. Les relevés ont été réalisés en contexte submergé d'où une composition floristique peu diversifiée (de deux à six espèces).

D'après le Prodrome des végétations de France (Foucault B. (de)., 2010) (Foucault B. (de)., 2013), cette association appartient à l'alliance de l'*Eleocharition acicularis* Pietsch 1965, alliance floristiquement d'affinités continentales. Néanmoins, les travaux récents et notamment le Catalogue des végétations de la France métropolitaine (Lafont P. et al., 2024) rattache cette association à l'alliance de l'*Elodo palustris-Sparganion*.

Classe : *Littorelletea uniflorae* Braun-Blanq. & Tüxen ex V. Westh., J. Dijk, Passchier & G. Sissingh 1946

↳ **Sous-Classe :** *Eleocharitetalia multicaulis* B. Foucault 2010

↳ **Alliance :** *Elodo palustris-Sparganion* Braun-Blanq. & Tüxen ex Oberd. 1957

↳ **Association identifiée :** *Junco heterophylli-Pilularietum globuliferae* J. Rodríguez et al., 1997

↳ **Association probable :** *Eleocharitetum multicaulis* Allorge ex Tüxen 1937

↳ **Association probable :** *Littorello uniflorae-Isoetetum tenuissimae* (Allorge & Gaume 1931) Géhu & B. Foucault 1988

↳ **Association probable :** *Potamo polygonifolii - Scirpetum fluitantis* P. Allorge 1922

↳ **Association probable :** *Eleocharitopalustris-Littorelletum uniflorae* (Gadeceau 1909) Chouard 1924

↳ **Association probable :** *Hyperico elodis-Potametum oblongi* P. Allorge ex Braun-Blanquet et Tüxen 1952

Figure 30 : Classification phytosociologique des végétations avérées et potentielles de l'Isoète très ténu

Même si ce syntaxon ne possède aucune espèce de l'*Elodo palustris-Sparganion*, il n'en possède pas plus des espèces typiques de l'*Eleocharition acicularis*. Par conséquent, il paraît plus juste de retenir l'alliance phytosociologique qui couvre l'aire de répartition dominante de l'Isoète très ténue à savoir l'*Elodo palustris-Sparganion*.

Tableau 3. : Rattachements des végétations probables de l'Isoète très ténue

Intitulé	CORINE biotopes	EUNIS	NATURA 2000	Liste rouge Centre-Val de Loire	Etat de conservation Alt/Cont	Tendance
Eaux stagnantes à végétation vivace oligotrophique planitiaire à collinéenne des régions atlantiques, des <i>Littorelletea uniflorae</i>	22.31 p.p.	C3.41 p.p.	3110-1	VU	Défavorable mauvais	Tendance à la détérioration

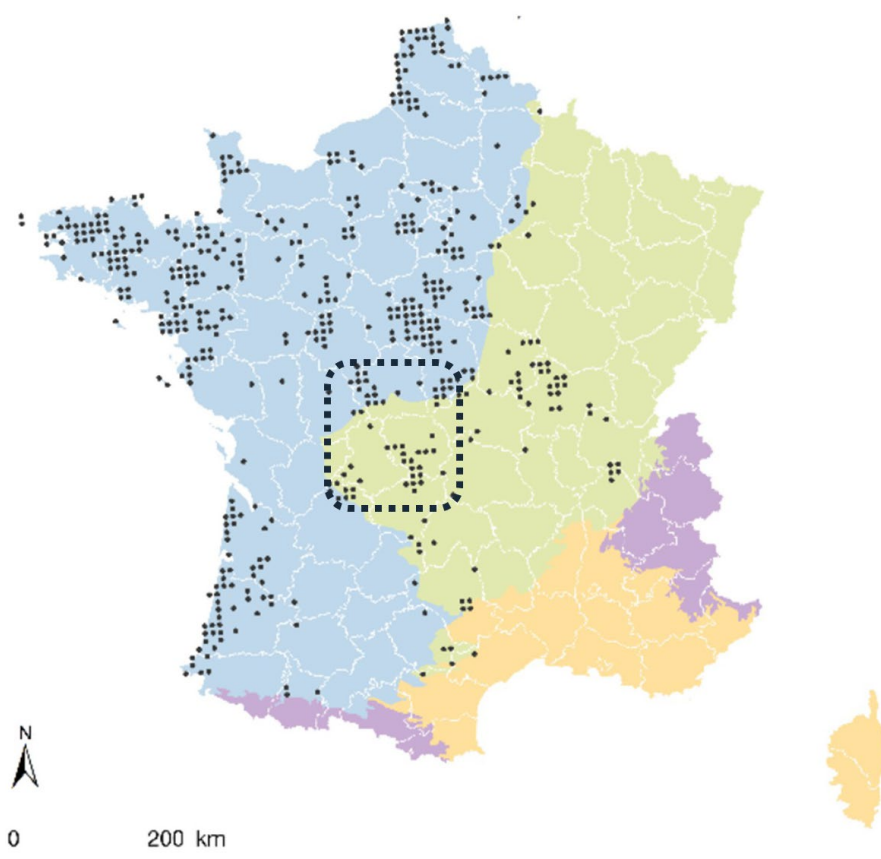


Figure 31. : Répartition de l'habitat UE 3110 selon le rapportage 2019 - Source des données : INPN/SINP, 2019 © PatriNat (OFB-MNHN)

Les végétations avérées et potentielles de l'Isoète très ténu sont d'intérêt communautaire (HIC : 3110-1) c'est-à-dire qu'elles appartiennent à la directive « Habitats-Faune-Flore » (directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 modifiée). Ces types d'habitats naturels Natura 2000 sont ceux qui, sur le territoire européen des États membres :

- sont en danger de disparition dans leur aire de répartition naturelle ;
- ou ont une aire de répartition naturelle réduite par suite de leur régression ou en raison de leur aire intrinsèquement restreinte ;
- ou constituent des exemples remarquables de caractéristiques propres à l'une ou à plusieurs des neuf régions biogéographiques suivantes : alpine, atlantique, de la mer Noire, boréale, continentale, macaronésienne, méditerranéenne, pannonique et steppique (Gaudillat et al., 2023).

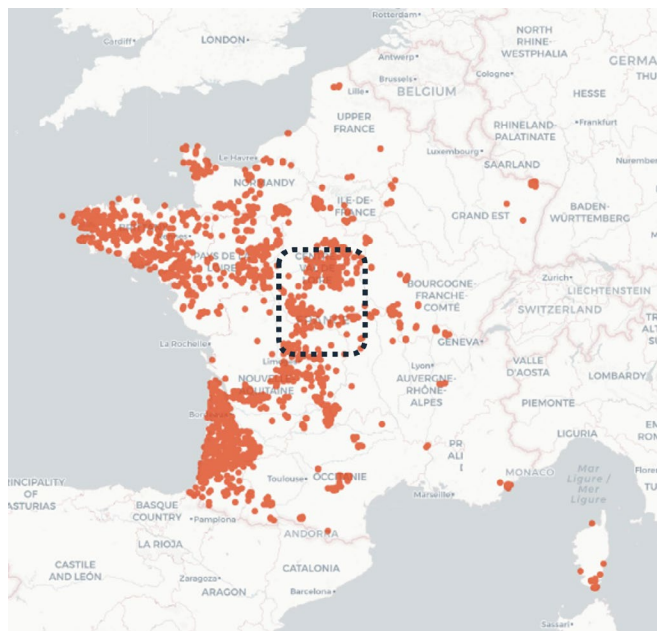


Figure 32. : Répartition du Scirpe à tiges nombreuses (*Eleocharis multicaulis*) en France métropolitaine (données des CBN après 2000) - Source OpenObs INPN

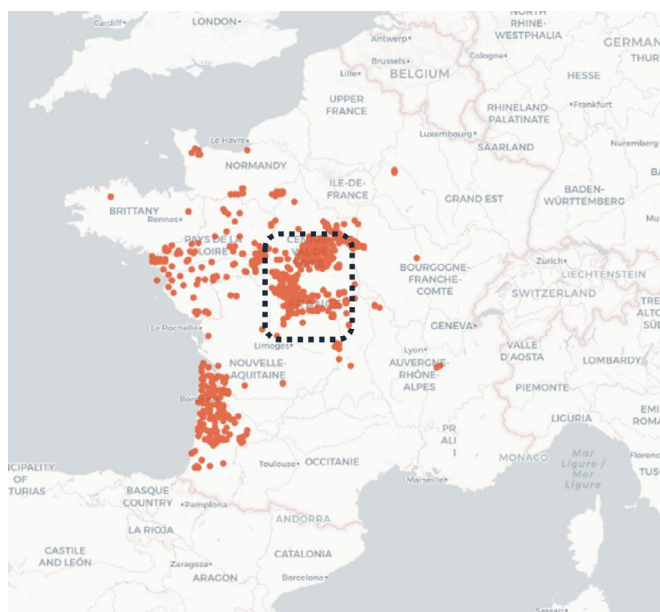


Figure 33. : Répartition de la Baldellie rampante (*Baldellia repens*) en France métropolitaine (données des CBN après 2000) - Source OpenObs INPN

Le deux derniers rapportages Natura 2000 effectués en 2012 et 2018 (UMS Patrinat, 2019) montrent que ces végétations sont généralement dans un état de conservation défavorable et que la tendance est même à la détérioration concernant les végétations appartenant au 3110.

Les populations d'Isoète très ténu se trouvent à la limite des régions biogéographiques atlantique et continentale. Néanmoins, sur le seul plan floristique, l'affinité atlantique est davantage prononcée. Le Scirpe à tiges nombreuses, et la Baldellie rampante, deux espèces régulières dans les relevés précédents sont d'affinité atlantique. A l'inverse, il n'y a pas d'espèces à forte influence continentale dans les relevés.

Ces végétations accueillent ou sont susceptibles d'accueillir également un nombre important d'espèces patrimoniales et/ou protégées comme la Pilulaire (*Pilularia globulifera*), la Littorelle à une fleur (*Littorella uniflora*), l'Élatine à gros pédicelles (*Elatine macropoda*), le Jonc pygmée (*Juncus pygmaeus*), la Limoselle aquatique (*Limosella aquatica*), le Flûteau nageant (*Luronium natans*), le Jonc hétérophylle (*Juncus heterophyllus*) ou encore la Caldésie à feuilles de parnassie (*Caldesia parnassifolia*).

Une étude fine des végétations de l'Isoète très ténu doit être menée en parallèle d'une évaluation de l'état de conservation des populations. Il y a un important manque de connaissance vis-à-vis des végétations de cette espèce endémique. Une meilleure compréhension de son écologie et des paramètres ayant une influence sur son état de conservation est une étape indispensable à une meilleure préservation sur le long terme.

2.4.2. PHENOLOGIE

La phénologie est l'étude des différentes étapes physiologiques des plantes ou de leurs communautés au cours de leur développement, généralement en fonction des saisons (foliaison, floraison, fructification...) (Géhu, 2006). Si le cycle de développement théorique du genre Isoète est connu, le cycle phénologique l'est moins. Peu d'informations existent sur la périodicité de chaque phase de développement de l'Isoète très ténu. La majorité des observations de l'Isoète très ténu en Centre-Val de Loire a été faite entre les mois de juillet et septembre. Cette période d'observation correspond la plupart du temps à la phase d'exondation de l'espèce qui se trouve alors plus facilement observable.

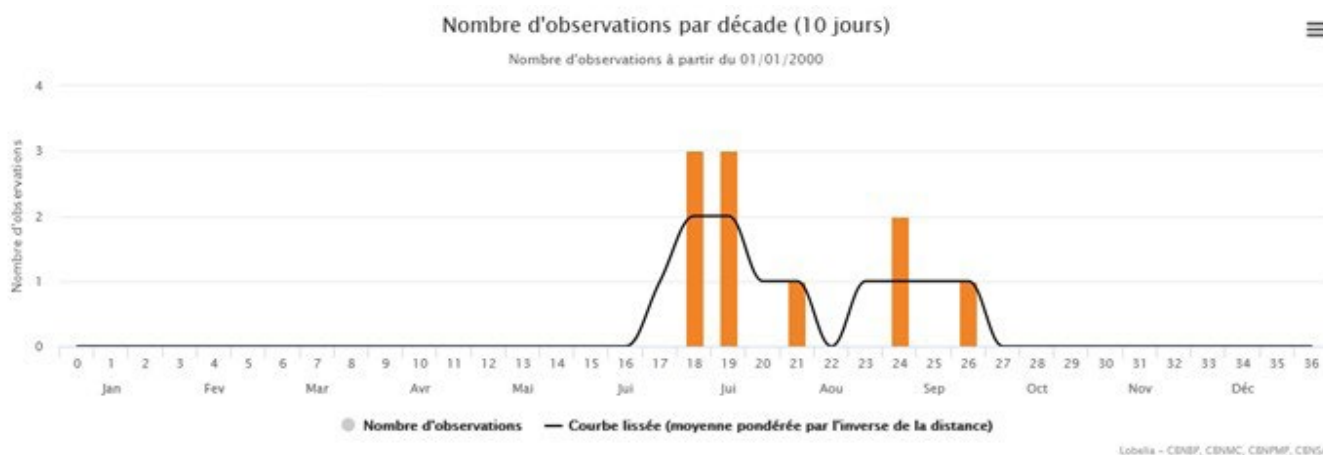


Figure 34. : Nombre d'observations par période de l'année en Centre-Val de Loire (source : © Lobelia)

En contexte de mare, cette exondation est plus précoce et plus importante, jusqu'à assèchement total de la mare. Dans ce type de configuration, l'Isoète très ténu, qui était visible sous sa forme aquatique puis exondée (avec sol engorgé), tend à disparaître totalement lorsque le sol devient top sec.

En contexte d'étang, l'exondation débute en général plus tard. Les berges, souvent en pente plus douce, permettent à l'Isoète très ténu de se maintenir plus longtemps au stade amphibie.

L'Isoète très ténu est également visible sous sa forme submergée lorsque les conditions sont favorables. Elle a été observée jusqu'à 1,5 mètre de profondeur (Rallet, 1935) quand les conditions sont favorables. Sa morphologie est très dépendante des conditions stationnelles. Sous sa forme immergée, l'Isoète très ténu peut présenter une morphologie très allongée avec de longues feuilles, allant jusqu'à 30 cm (Rallet, 1935). Des spécimens avec des feuilles de près de 30 cm ont été observés plusieurs fois à l'étang de Rompu en 1986 et l'étang du Petit-Riau en juillet 1991 (Boudrie M. *comm pers.*). En condition émergée, c'est-à-dire terrestre, cette même espèce est composée de feuilles arquées de quelques centimètres seulement, de 3 à 4 centimètres pour les individus les plus petits (Rallet, 1935).



Figure 35. : J.M. Géhu et N. Frileux à la recherche des *Isoetes* dans l'étang du Petit Riau pendant la session (très chaude) d'août 1969. Photo de J.R. Wattez



Figure 36. : Forme terrestre de l'Isoète très ténu sur une berge exondée (Julien Mondion MNHN/CBNBP - RNN de Chérine – juin 2019)



Figure 37. : Individu d'Isoète très ténu sur une berge en cours d'exondation (Julien Mondion MNHN/CBNBP – juin 2025)



Figure 38. : Individu d'Isoète très ténu sur une berge récemment exondée (Julien Mondion MNHN/CBNBP – juin 2025)

En général et dans certaines conditions, les feuilles des isoètes sont persistantes toute l'année. Des observations de terrain ont été faites à l'étang de Beauregard en décembre 1987 (Boudrie M. *comm pers.*). La maturation des spores a lieu en fin d'été début automne, un peu plus tôt pour les individus émergés (Prelli, 2001).

Lors de phases d'exondations précoces et de longue durée, les individus disparaissent totalement et ne subsistent alors que sous une forme enterrée.

Des cas de fructification sont tout de même connus très tôt dans la saison. Des observations d'Isoète très ténu sont rapportées dès le mois de mars à l'Etang Gadoret dans le Montmorillonais à la suite de la vidange de ce dernier (Rallet, 1935).

2.4.3. LUMIERE & TEMPERATURE

Comme pour la majorité des végétaux, la lumière et la température jouent un rôle prédominant dans le développement des isoètes. Il ne semble pas exister de données sur ces sujets concernant l'Isoète très ténu. Des expérimentations en région méditerranéenne ont montré que la gestion des mares à *Isoetes delilei* dans l'Hérault était favorable à l'espèce. Suite à l'abandon du pâturage et la fermeture progressive des mares, l'action de débroussaillage a permis l'augmentation de 43% de la fréquence des isoètes dans la zone gérée contre seulement 7% dans la zone témoin sans gestion. De plus, un retrait de la litière a permis d'augmenter de 14% la fréquence des isoètes. Une expérimentation complémentaire, en laboratoire, a montré que la réduction de la lumière affecte la production de biomasse et la production de spores chez cette espèce.

A l'image du paramètre lié à la luminosité, aucune donnée concernant la température de l'eau ne paraît exister pour l'Isoète très ténu. Des études ont tout de même été menées pour deux autres espèces aquatiques présentes en France métropolitaine : *Isoetes lacustris* et *Isoetes echinospora*. Or ce paramètre paraît capital dans les processus de développement et de reproduction de l'espèce.

La température est le facteur environnemental le plus important affectant la germination des spores chez les isoètes aquatiques (Čtvrtlíková *et al.*, 2012). Pour ces deux espèces, il s'avère que la germination des microspores est plus précoce que celle des macrospores. Chez *Isoetes lacustris* par exemple, la germination des microspores débute lorsque la température de l'eau atteint 6°C alors que celle des macrospores nécessite une température minimale de 12°C. Ce phénomène, qui est aussi valable pour *Isoetes echinospora*, garantit une disponibilité des spermatozoïdes lorsque les gamétophytes femelles sont à leur tour formés, permettant ainsi une meilleure chance de fécondation (Čtvrtlíková *et al.*, 2012). Ces conclusions sont confirmées par une autre étude menée également sur *Isoetes lacustris* en Scandinavie et montre que le développement des mégasporophylles est interrompu en hiver, en raison de la basse température de l'eau alors que le développement principal des microsporophylles est un événement plutôt court entre le printemps et le début de l'été (Vöge, 2006).

Il a également été observé pour ces deux espèces que les spores ne germent pas simultanément mais progressivement si elles sont exposées à des températures favorables pendant une période de temps suffisamment longue (de mai à septembre). Ces spores ont également la capacité de

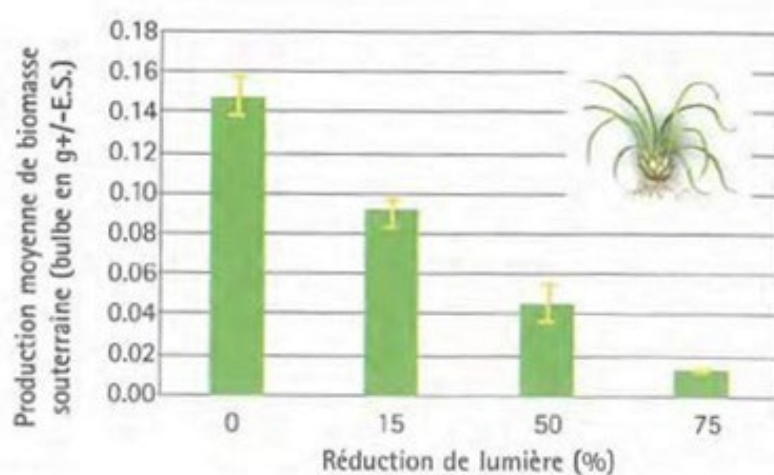


Figure 39. : Impact de la lumière sur la production de biomasse et de spores chez *Isoetes delilei* (Rhazi in Grillas *et al.*, 2004)

germer sur trois ou quatre saisons de croissance. Chez *Isoetes echinospora*, une température de 8°C semble être optimale pour la germination des microspores. Une température excessive et tôt en saison paraît au contraire avoir des effets néfastes : un taux de germination très faible des microspores et surtout une sorte de désynchronisation des germinations de ces microspores mais aussi des macrospores ayant pour conséquence un taux de fécondation très faible (Čtvrtlíková et al., 2012). A l'inverse, une température plus élevée est nécessaire à la germination des macrospores et à la fécondation.

L'étude menée sur *Isoetes echinospora* a démontré l'importance du pouvoir inhibiteur des températures basses et son effet sur la dormance des spores. On sait qu'une période froide est nécessaire pour briser la dormance notamment des macrospores (Kott & Britton, 1982 in Čtvrtlíková et al., 2012). Les macrospores, contrairement aux microspores, nécessitent une période de froid de trois mois pour rompre cette dormance (Kott & Britton, 1982 in Čtvrtlíková et al., 2012). La vernalisation est donc un paramètre important pour cette espèce.

Dans le cadre de culture et de reproduction *ex situ* d'une espèce d'isoète asiatique, *Isoetes coreana*, les auteurs ont également constaté l'importance du paramètre de la température de l'eau. Il est noté que les basses températures jouent un rôle inhibiteur dans la formation des gamétophytes ainsi que celle des sporophytes. En outre, le traitement par le froid sert à retarder la germination jusqu'à ce que la température atteigne un niveau suffisant pour que la germination ne soit pas inhibée (Myung Jin Oh, 2013).

La température de l'eau semble donc constituer un paramètre particulièrement important dans les différentes phases du développement des isoètes (reproduction, levée de la dormance des macrospores, germination des spores, fécondation et développement du sporophyte). Elle devra donc être étudiée de près dans le cadre de l'isoète très ténu particulièrement à la période actuelle. La hausse générale des températures peut avoir une influence sur celle de l'eau des étangs et donc avoir un impact sur les populations d'isoète très ténu.

2.4.4. DISPERSION

La connaissance de la dispersion des spores des isoètes est fragmentaire et incomplète. Les isoètes sont des plantes hétérospores. Pour que la reproduction soit réussie, il est nécessaire que les microspores et les mégaspores soient dispersées de la même manière (Larsén, 2024).

La dispersion des isoètes est différente selon que l'espèce soit terrestre ou aquatique. Peu d'études expliquent les mécanismes de dispersion des isoètes. Il s'avère que la dispersion chez les isoètes aquatiques (*Isoetes*) s'effectue principalement par l'eau (hydrochorie) (Cox & Hickey, 1984 ; Jermy, 1990 ; Small & Hickey, 1997 in Troia, 2016). Les spores mais aussi les sporophytes sont concernés par ce type de dispersion. Ce type de propagation est valable et responsable des mouvements unidirectionnels, c'est-à-dire de l'amont vers l'aval. Pour la migration et les flux de l'aval vers l'amont (Caplen & Werth, 2000 in Troia, 2016), la zoochorie a été évoquée dans certaines études. Les oiseaux (Jermy, 1990 ; Taylor & Hickey, 1992 in Troia, 2016) mais aussi les rats musqués, les amphibiens hivernants et les poissons reproducteurs peuvent constituer des vecteurs de déplacements (Brunton & Britton, 1993 in Troia, 2016). Dans ce sens, les spores épineuses de certaines espèces (par exemple *Isoetes echinospora*) ont été considérées comme une adaptation à la dispersion des oiseaux (Page, 2002 in Troia, 2016).

Le rôle des animaux, et notamment des oiseaux, dans la dispersion des isoètes a été suggéré sur la base d'observations sur le terrain d'*Anatidae* (oies ou canards colverts) broutant, déracinant et éventuellement mangeant des isoètes (Brunton & Britton, 1999 in Troia, 2016). Aucune étude spécifique n'a été réalisée sur ce sujet. Néanmoins, des chercheurs émettent l'hypothèse que les spores d'isoètes peuvent être transportées à la fois par épizoochorie (dans la boue adhérant aux plumes et/ou aux pattes des oiseaux) et par endozoochorie (via l'ingestion volontaire ou involontaire de spores par les oiseaux) (Hoot et al., 2006 in Troia, 2016).

2.4.5. QUALITE DE L'EAU

La qualité de l'eau a également très certainement une importance majeure pour le développement de l'Isoète très ténu. Aucune étude ne fait le lien entre ce facteur de la physico-chimie de l'eau des étangs et la présence de l'Isoète très ténu.

Seul le constat d'une acidité excessive et d'une concentration en aluminium (Al) dans l'eau pouvait avoir une influence négative sur la croissance d'Isoetes echinospora dans le lac Plešné jezero en République-Tchèque (Čtvrtlíková *et al.* 2009 *in* Čtvrtlíková *et al.*, 2012).

En Brenne, le substrat est sablonneux, l'eau est oligotrophe (conductivité : 130 μ S/cm), pauvre en calcium (dureté : 7,5 TH ; alcalinité : 45 mg/l) et claire (transparence : 55 cm) (Otto-Bruc, 2001).

2.5. REPARTITION GEOGRAPHIQUE



2.5.1. REPARTITION MONDIALE

Le genre *Isoetes* est un genre subcosmopolite que l'on retrouve sur tous les continents et présentant un taux d'endémisme assez important. Les fréquences fluctuent selon les pays et certains peuvent réunir une vingtaine d'espèces différentes.



Figure 40. : Répartition du genre *Isoetes* dans le monde (source : GBIF)

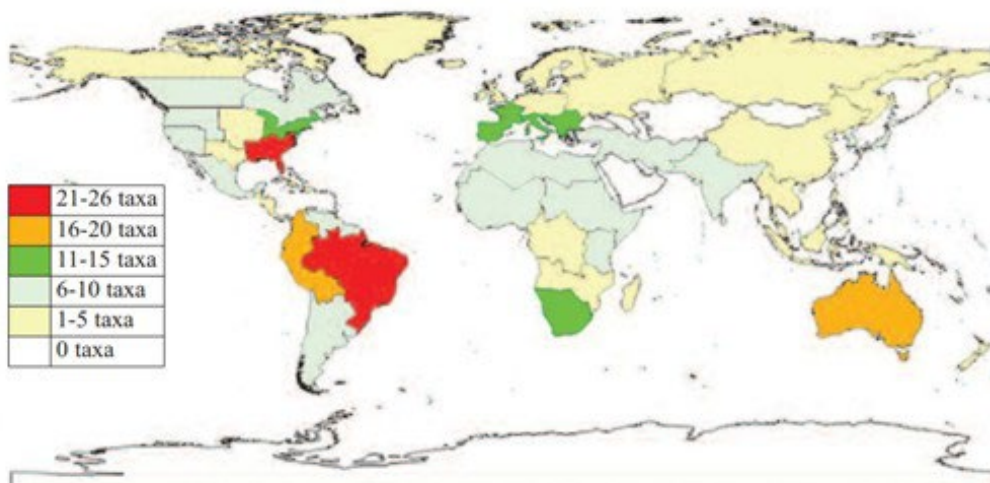


Figure 41. : Diversité du genre *Isoetes* dans le monde (source : Troia *et al.*, 2016)

L'Amérique du Sud semble être le centre de la diversité taxonomique du genre. La diversité du genre semble la plus élevée dans les régions tempérées, à la seule exception du Brésil et du nord-ouest de l'Amérique du Sud, le Sud Europe, l'Australie et l'Afrique australe. Plusieurs régions semblent dépourvues d'isoètes : dans le cas des régions asiatiques (Caucase, péninsule arabique, Asie centrale, Mongolie), peut-être à cause d'une exploration insuffisante sur le terrain, plus que d'une inadéquation des climats (Troia *et al.*, 2016).

2.5.2. REPARTITION EN FRANCE METROPOLITAINE

En France métropolitaine, les isoètes sont présents au sud d'une ligne qui s'étend de la Corse aux Côtes-Armor. Il s'agit d'une aire de répartition dite thermo-atlantique élargie. La région méditerranéenne rassemble le plus d'espèces et réunit une diversité de milieux, aussi bien terrestre qu'aquatique favorable à plusieurs espèces.

En France métropolitaine, les isoètes sont présents au sud d'une ligne qui s'étend de la Corse aux Côtes-Armor. Il s'agit d'une aire de répartition dite thermo-atlantique élargie. La région méditerranéenne rassemble le plus d'espèces et réunit une diversité de milieux, aussi bien terrestre qu'aquatique favorable à plusieurs espèces.

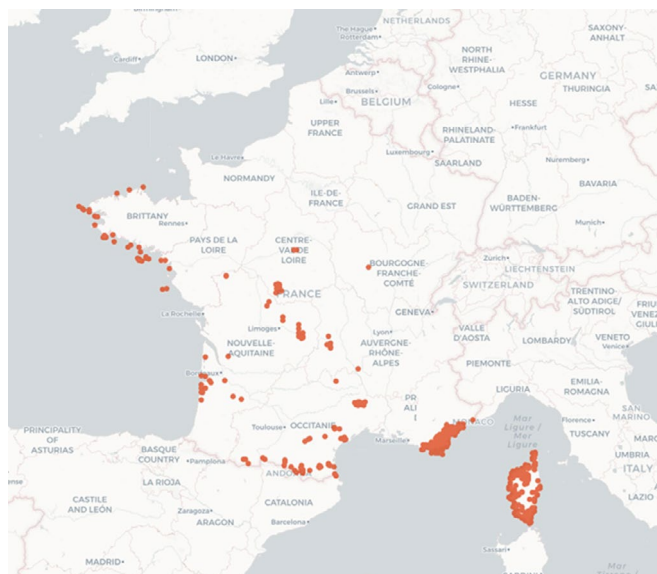


Figure 42. : Répartition du genre *Isoetes* en France métropolitaine (source : OpenObs / INPN)

Les isoètes aquatiques sont présents dans des mares permanentes ou temporaires, des étangs et les lacs à eaux claires et acides. Des espèces en Europe sont également présentes en rivière à courant rapide. Les isoètes dites terrestres ont toujours un lien étroit avec les zones humides indispensables pour accomplir leur cycle de développement. La plupart des espèces colonisent des pelouses rases, humides ou suintantes et parfois même temporairement inondées selon la configuration au cours de l'hiver et s'assèchent ensuite à partir du printemps (Prelli & Boudrie, 2021).

2.5.3. REPARTITION DE L'ISOETES TRES TENU

L'isoète très tenu n'est connu que dans le centre de la France. L'espèce étant endémique, la France a, par conséquent, une responsabilité importante et un rôle de premier ordre à mener dans le cadre de la connaissance et de sa préservation.

Depuis sa découverte au XIX^{ème} siècle, cet Isoète a été observé dans trois (ex-) régions administratives et cinq départements : le Loir-et-Cher (41) dans la région naturelle de la Sologne, l'Indre (36) en Brenne, la Vienne (86) dans le Montmorillonnais, la Haute-Vienne (87) dans la Basse Marche et en Creuse (23) dans le Bassin de Gouzon.

Au fil des décennies, l'aire de répartition géographique de l'isoète très tenu a évolué et s'est principalement concentré autour d'une région naturelle, la Brenne où la plupart des stations sont référencées. L'espèce est aujourd'hui présente dans quatre départements cités précédemment, mais n'a pas été revue récemment dans les stations de la Haute-Vienne.

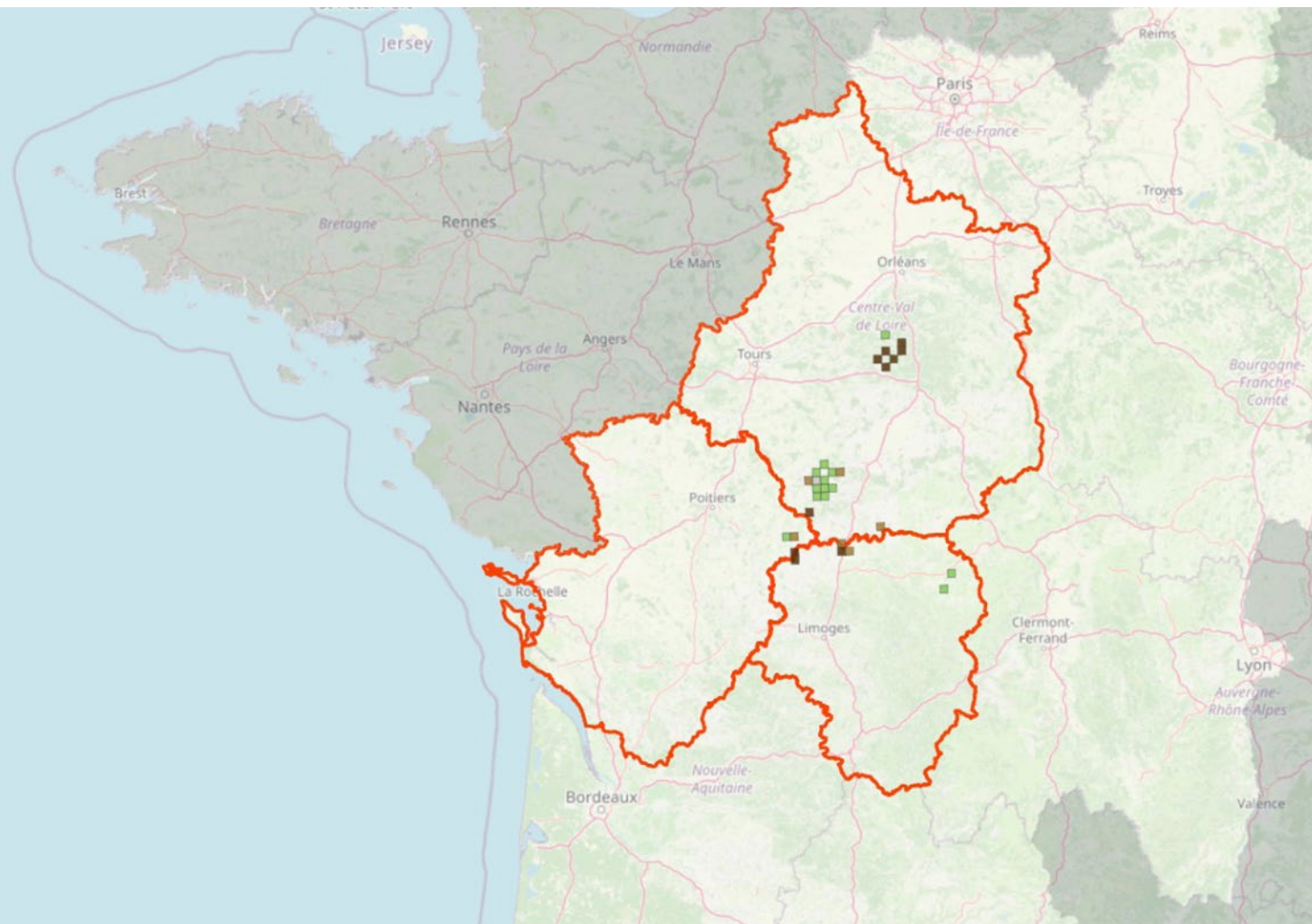


Figure 43. : Répartition générale par maille 5km*5km de l'Isoète très ténu (source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024)

2.6. ETAT DE LA CONNAISSANCE



L'état des connaissances est hétérogène en fonction des départements et des programmes d'inventaire et de conservation menés localement. En Centre-Val de Loire, aucune action de recherche spécifique n'a pour le moment été menée pour cette espèce, que ce soit régionalement ou localement. Dans le Limousin, des recherches ont été menées notamment par le CBN du Massif central et Michel Boudrie dans le cadre d'un programme d'actualisation des anciennes stations de l'espèce (Boudrie *et al.*, 2016 ; Boudrie & Mady, 2021a, 2021b, 2023 ; Mady, 2021). Enfin dans le Montmorillonais, le suivi de l'espèce a jusqu'à présent été limité à l'étang où il est connu. Les localités anciennes n'ont pas fait l'objet de prospections spécifiques (F. Fy *comm pers.*).

L'état des connaissances fait la synthèse entre les données collectées aux cours des dernières décennies. Il peut s'agir de données anciennes ou modernes, d'observations de terrain ou issues d'herbiers ou de références bibliographiques (articles, anciennes flores). Dans le cadre de futurs inventaires, un classement des observations en métastations sera indispensable.

Le bilan stationnel présenté ci-après est basé sur les données collectées au sein de la base de données © Lobelia des conservatoires botaniques nationaux Sud-Atlantique, Massif central et du Bassin parisien. En Centre-Val de Loire, cette dernière est la base de données référente dans le cadre du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP). A terme, les données antérieures (mentions historiques et anciennes, parts d'herbiers) et produites dans le cadre du PNA et plus généralement toutes les données d'observations de l'Isoète très ténu devront in-

tégrer © Lobelia. La centralisation de la donnée est un élément important dans le cadre du bilan stationnel qui sera mené dès le lancement du PNA.

Cette première synthèse des stations par département ne prétend pas être exhaustive. L'intégralité de la bibliographie (ancienne et moderne) n'a pas été intégrée. Un bilan reste à faire et sera l'objet de l'action A de ce PNA, « Réaliser un bilan stationnel régulier ». Cette action prévoit une phase de recherche bibliographique et mais aussi de terrain.

2.6.1. ETAT DES CONNAISSANCES PAR DEPARTEMENT

2.6.1.1. LE LOIR-ET-CHER (41)

Dans le Loir-et-Cher, et en particulier en Sologne, l'Isoète très ténue a été découvert dès le XIX^{ème} siècle dans six communes différentes mais proches des unes des autres.

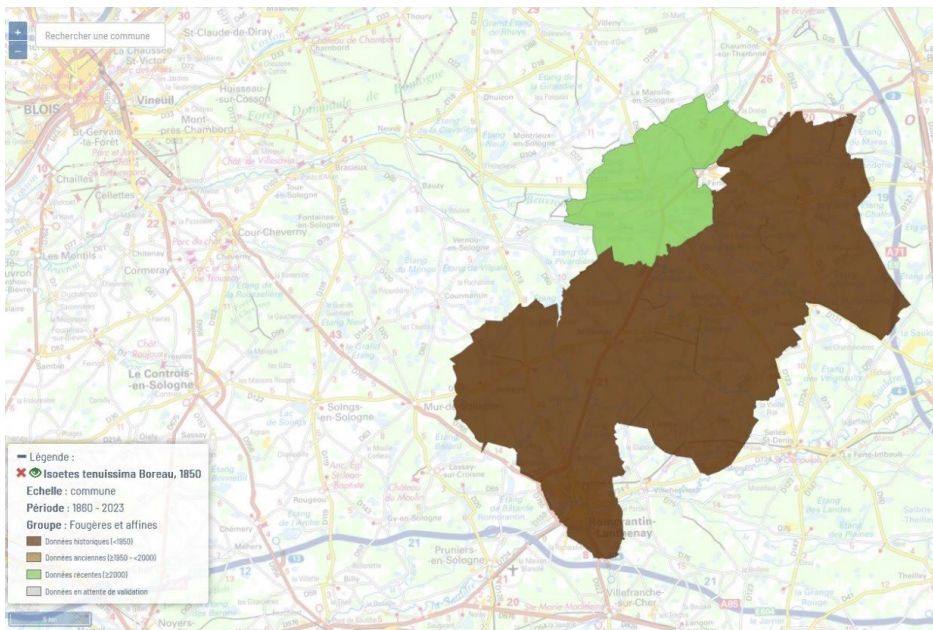


Figure 44. : Communes de présence ancienne et actuelle de l'Isoète très ténue dans le Loir-et-Cher (41) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024

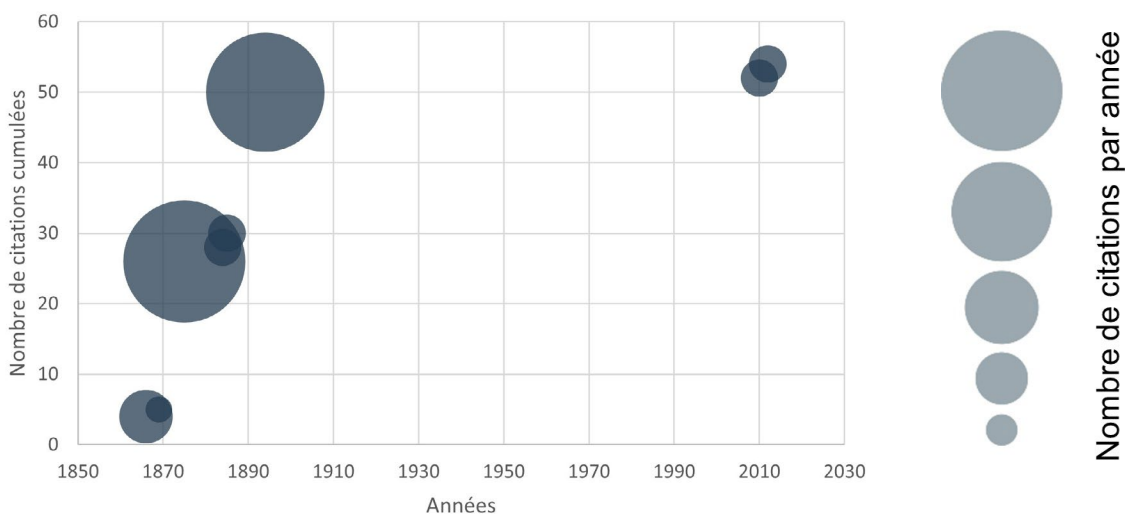


Figure 45 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) en Loir-et-Cher (41) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024

Aucune des stations connues au XIX^{ème} siècle n'a été revue lors de la période contemporaine. La redécouverte de l'Isoète très ténu en Sologne date seulement de 2010 (obs. Pujol D.) sur la commune de Neung-sur-Beuvron où elle n'avait pas été citée précédemment.

Dans son catalogue des plantes vasculaires et spontanées des environs de Romorantin, Martin (1894) cite l'Isoète très ténu dans 19 étangs de Sologne. Aujourd'hui, l'espèce n'est plus présente que dans l'étang de Beaumont à Neung-sur-Beuvron, dont la dernière mention date de 2012, soit une régression de 95% du nombre de stations en Sologne (voire 100% sur un pas de temps de dix ans).

Tableau 4 : Détail des citations d'Isoète très ténu dans le Loir-et-Cher (41) hors parts d'herbier- source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Observateur	Origine	Date	Commune	Précisions localisation	Remarques / Observations
MARTIN Emile	Biblio	1864	LOREUX	Etang Neuf	
CORNU Maxime	Biblio	1866	LOREUX	Etang de la Harpe	
CORNU Maxime	Biblio	1866	LOREUX	Etang de la Harpe	
MARTIN Emile	Biblio	1894	LOREUX	Etang de la Harpe	
CORNU Maxime	Biblio	1866	LOREUX	L'étang de la Harpe, à trois lieues environ de Romorantin	
FRANCHET Adrien (Société Botanique de France)	Biblio	1875	LOREUX	Etang Dernier	
FRANCHET Adrien (Société Botanique de France)	Biblio	1875	LOREUX	Etang Luneau	
MARTIN Emile	Biblio	1894	LOREUX	Etang des Noues	
MARTIN Emile	Biblio	1894	LOREUX	Chauveu	
MARTIN Emile	Biblio	1894	LOREUX	Etang Dernier	
FRANCHET Adrien (Société Botanique de France)	Biblio	1875	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Fontenille	
FRANCHET Adrien (Société Botanique de France)	Biblio	1875	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Verrières	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MARCILLY-EN-GAULT	Etang des Baires	
FRANCHET Adrien (Société Botanique de France)	Biblio	1869	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Fontenille	

FRANCHET Adrien (Société Botanique de France)	Biblio	1875	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Fontenille	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Fontenille	
MARTIN Emile (Société Botanique de France)	Biblio	1885	MARCILLY-EN-GAULT	Fossés d'assainissement	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Courcelles	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de la Prée	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Verrière	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MARCILLY-EN-GAULT	Etang de Bièvre	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MARCILLY-EN-GAULT	Etang du Briou	
MARTIN Emile	Biblio	1875	MILLANCAY	Etang de la Meunerie	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MILLANCAY	Etang de la Mènerie	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MILLANCAY	Etang de Malzone	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MILLANCAY	Etang de Marcheval	
MARTIN Emile	Biblio	1894	MILLANCAY	Etang Pinon	
PUJOL Damien (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien)	Terrain	31/05/2010	NEUNG-SUR-BEUVRON	Etang de Beaumont	
CORDIER Jordane (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien)	Terrain	03/06/2010	NEUNG-SUR-BEUVRON	Etang de Beaumont	
DUPRÉ Rémi (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien)	Terrain	11/05/2012	NEUNG-SUR-BEUVRON	Etang de Beaumont	
CORDIER Jordane (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien), PRÉLLI Rémy	Terrain	15/06/2012	NEUNG-SUR-BEUVRON	Etang de Beaumont	

Observateur(s) anonyme(s)	Biblio	1884	ROMORANTIN-LANTHENAY	Les étangs de la Sologne près de Romorantin
Observateur(s) anonyme(s)	Biblio	1884	ROMORANTIN-LANTHENAY	Les étangs de la Sologne près de Romorantin
Observateur(s) anonyme(s)	Biblio	1875	SAINT-VIATRE	Etang du Galop
MARTIN Emile	Biblio	1894	SAINT-VIATRE	Etang de Galop
MARTIN Emile	Biblio	1894	SAINT-VIATRE	Etang des Brosses
MARTIN Emile	Biblio	1875	VEILLEINS	Etang de la Meunerie
MARTIN Emile	Biblio	1894	VEILLEINS	Etang de la Mênerie

L'étude des échantillons d'herbier, qui devra être menée dans le cadre de l'amélioration de la connaissance de la répartition géographique de l'Isoète très ténu, montre que des stations connues historiquement ne sont pas à l'heure actuelle dans la base de données © Lobelia.



Figure 46 : Etang de la Chaise à Marcilly-en-Gault (41) – Source IGN/ Géoportail

Un premier examen des herbiers du XIX^{ème} siècle (162 planches d'herbiers recensées) a permis de mettre en avant certaines stations inédites. Ce travail sera à compléter et à finaliser dès le début de la phase de bilan stationnel. L'étang de la Chaise à Marcilly-en-Gault (41) est un parfait exemple. Une collecte datant du 23 septembre 1887 (herbier E. Drake) atteste la présence de l'Isoète très ténu. La consultation de la base de données © Lobelia montre qu'aucun inventaire moderne n'a eu lieu sur cet étang. Ces stations seront par conséquent prioritaires dans le cadre de la recherche de l'espèce en Sologne.

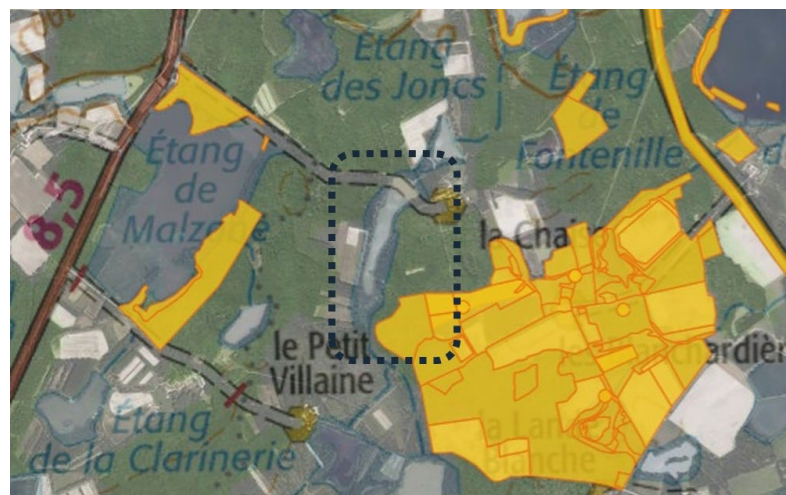


Figure 47 : Extrait de la base de données © Lobelia à Marcilly-en-Gault (41) – En jaune : polygones d'inventaire



Figure 48 : Planche d'herbier d'Isoète très ténu à l'Etang de la Chaise à Marcilly-en-Gault (41) - Herbier E. Drake (Source : Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (France) Collection : Plantes vasculaires (P) Spécimen P00214813)

Tableau 5 : Synthèse des citations d'Isoète très tenu à l'échelle des communes dans le Loir-et-Cher (41) hors parts d'herbier - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Communes	Première année d'observation	Dernière année d'observation
LOIR-ET-CHER (41)		
LOREUX	1864	1894
MARCILLY-EN-GAULT	1869	1894
MILLANCAY	1875	1894
NEUNG-SUR-BEUVRON	2010	2012
ROMORANTIN-LANTHENAY	1884	1884
SAINT-VIATRE	1875	1894
VEILLEINS	1875	1894

2.6.1.2. L'INDRE (36)

L'autre bastion historique de l'Isoète très tenu avec la Sologne est la Brenne. L'étang Borgne, commune de Montchevrier (36) est intégré à ce chapitre bien que n'appartenant pas à l'entité géographique de la Brenne mais à la Marche.

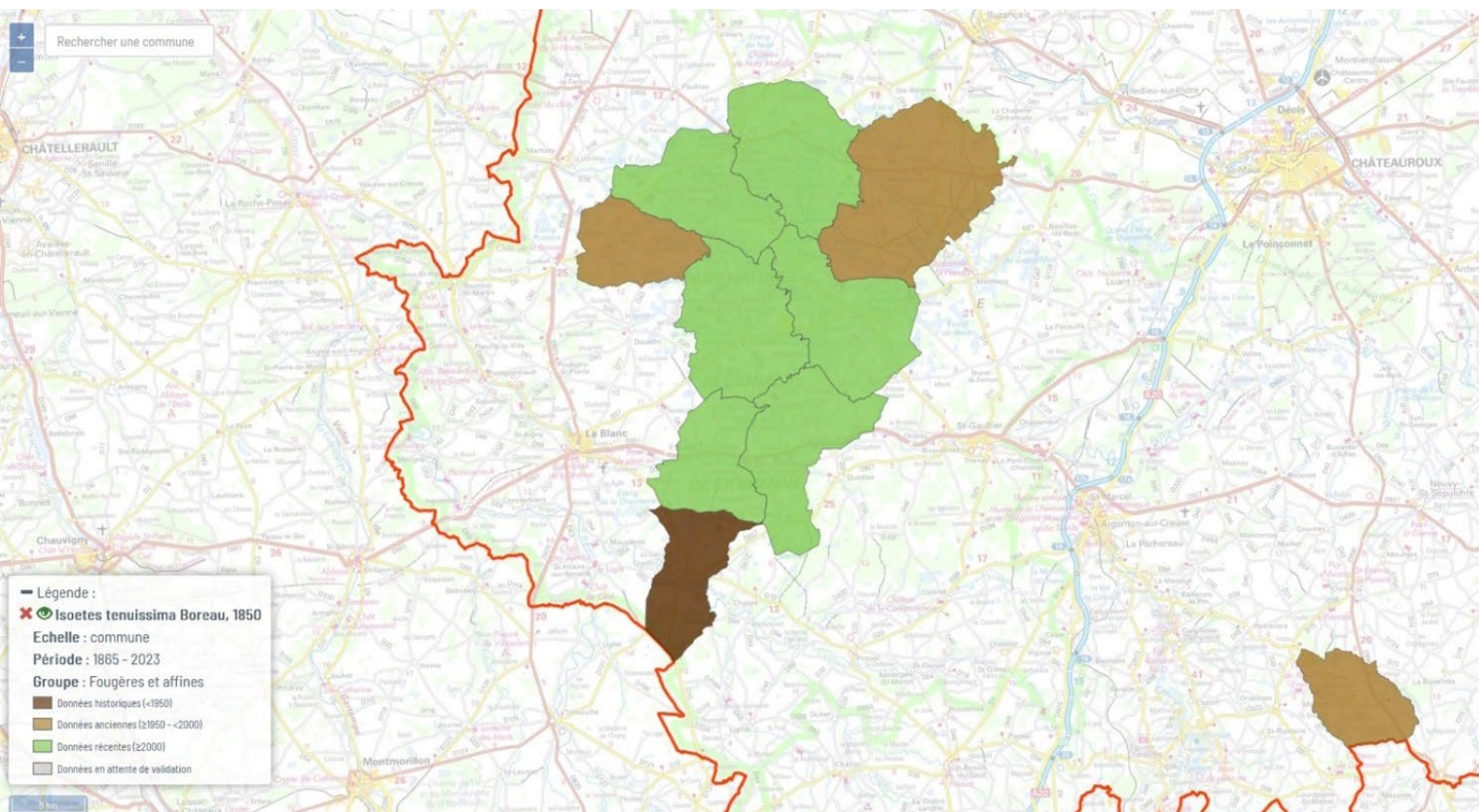


Figure 49 : Communes de présence ancienne et actuelle de l'Isoète très tenu dans l'Indre (36) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

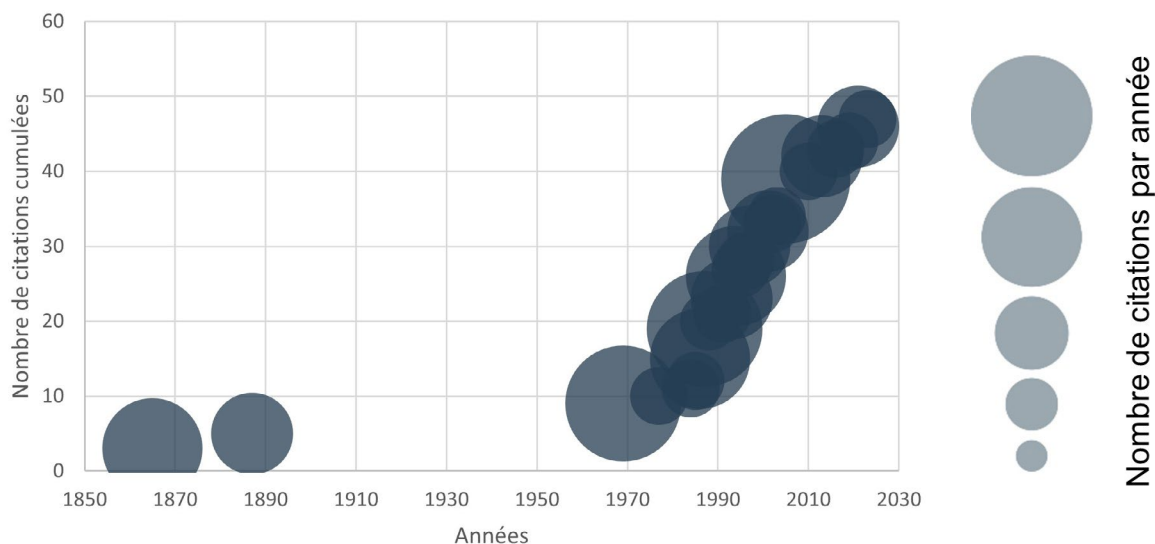


Figure 50 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans l'Indre (36) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024

La Brenne constitue historiquement le noyau central et principal de l'espèce : 33 étangs étaient autrefois recensés comme accueillant l'Isoète très ténue au début du XX^{ème} siècle (Rallet, 1935). Soixante-dix ans plus tard, l'espèce n'était plus connue que dans 12 étangs (Pinet, 2005) et n'est avérée aujourd'hui que dans 6 localités, soit une régression de 85%.

Comme la Sologne, de nombreuses références bibliographiques sont à analyser (flores anciennes, herbiers, articles, comptes-rendus d'excursions, etc) pour la Brenne afin d'affiner et préciser les données présentées ci-après. Ce travail est l'objectif de l'action A « Réaliser un bilan stationnel régulier ».

Tableau 6 : Détail des citations d'Isoète très ténue dans l'Indre (36) hors parts d'herbier - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024

Observateur	Origine	Date	Commune	Précisions localisation	Remarques / Observations
CHABOISSEAU Théodore	Biblio	1865	BELABRE	Etang de Barrière	
CHABERT Alfred	Biblio	1865	BELABRE	La bruyère des Pascauds près de Belabre	
CHABOISSEAU Théodore	Biblio	1865	BELABRE	Le petit étang vis-à-vis les Pascauds, dans les bruyères près de Bélâbre.	
LE GRAND Antoine (Société Botanique de France)	Biblio	1887	BELABRE	Le petit étang vis-à-vis les Pascauds, dans les bruyères près de Bélâbre.	
LE GRAND Antoine (Société Botanique de France)	Biblio	1887	BELABRE	Etang de Barrière	
BOTTÉ François (Société Botanique Ligérienne - Groupement des Botanistes des Pays du Bassin de la Loire et de ses Confins)	Terrain	1991	CIRON	Etang le Petit Riau et le Grand Riau	

NON CONNU (Parc Naturel Régional Brenne)		2002	CIRON	Le Petit Riau	
RALLET Louis	Biblio	1969	LINGE	Etang de la Gabrière	
RALLET Louis, ROUET J.-M. et DU-BOIS Th. (Session SBF)	Biblio	08/08/1969	MEZIERES-EN-BRENNE	Etang de Bellebouche	
DAUDON Muriel (Ligue pour la Protection des Oiseaux)	Biblio	19/07/1994	MEZIERES-EN-BRENNE	Etang de Maugronière	
GAUDILLAT Vincent (Parc Naturel Régional Brenne), PINET François (Parc Naturel Régional Brenne)	Biblio	1997	MEZIERES-EN-BRENNE	Etang de Bellebouche et abords	
GAUDILLAT Vincent (Parc Naturel Régional Brenne), PINET François (Parc Naturel Régional Brenne)	Biblio	1999	MEZIERES-EN-BRENNE	Etang de Bellebouche	
PINET François (Parc Naturel Régional Brenne)		2001	MEZIERES-EN-BRENNE	Etang de Bellebouche	
DUPRÉ Rémi (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien), MICHAUD Henri (Conservatoire botanique national Méditerranéen de Porquerolles)		21/08/2003	MEZIERES-EN-BRENNE	Etang de Bellebouche	Berges immergées 11 à 100 m ² 1 à 10 ind
BESLIN Ophélie (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien), CORDIER Jordane (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien), PUJOL Damien (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien)	Terrain	21/06/2010	MEZIERES-EN-BRENNE	Etang de Bellebouche	

BOUDRIE Michel, CORDIER Jordane (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien), GATIGNOL Patrick, LAGNY Valérie	Terrain	24/08/2021	MEZIERES- EN-BRENNE		1 à 10 m ²
BELLENFANT Syl- vain (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien)	Terrain	21/05/2022	MEZIERES- EN-BRENNE		Assec remar- quable et précoce de ce secteur
Observateur(s) ano- nyme(s)	Biblio	08/08/1969	MIGNE	Etang du Sault	
PLAT Pierre		28/08/1986	MIGNE	Etang de la Renaudière	
PINET François (Parc Naturel Régio- nal Brenne)		2001	MIGNE	Etang Mouton	
BOUDRIE Michel	Biblio	06/12/1987	MIGNE	Rives sud-ouest de l'Etang de Bigno- toi	5 individus
DAUDON Muriel (Ligue pour la Protection des Oi- seaux), PLAT Pierre	Biblio	26/07/1993	MIGNE	Etang de la Folie	
DAUDON Muriel (Ligue pour la Protection des Oiseaux)	Biblio	1994	MIGNE	Etang de la Folie	
BOTTÉ François (Société Botanique Ligérienne - Groupe- ment des Botanistes des Pays du Bassin de la Loire et de ses Confins)	Terrain	24/08/2013	MIGNE	Etang Mouton	
COLLECTIF (Socié- té Botanique du Centre Ouest)	Terrain	23/08/2013	MIGNE	Etang Mouton	Mini session Brenne 101 à 1 000 m ² 11 à 100 individus
GATIGNOL Patrick (Société Botanique du Centre Ouest)	Terrain	02/09/2016	MIGNE	Etang Mouton	

PLAT Pierre		12/10/1988	MONTCHE- VRIER	Etang Borgne	
RALLET Louis, ROUET J.-M. et DU- BOIS Th. (Session SBF)	Biblio	09/08/1969	ROSNEY	Etang de la Mer Rouge, aux alentours de la butte du Lévrier	
LUNAIIS Bertrand		1984	ROSNEY	Etang du Blizon	
LUNAIIS Bertrand		1985	ROSNEY	Etang du Blizon	
DAUDON Muriel, PLAT Pierre		26/07/1993	ROSNEY	Etang de la Folie	
LUNAIIS Bertrand		31/07/1987	ROSNEY	Etang du Blizon et Etang Pêchevreau	
DESMOULINS Flo- rient (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien)	Terrain	08/06/2023	ROSNEY		11 à 100 m ² 10 à 50 individus
BOUDRIE Michel	Terrain	27/10/1986	RUFFEC	Rive nord de l'Etang de Rompu	
BOUDRIE Michel, PLAT Pierre	Terrain	30/08/1986	RUFFEC	Rives nord de l'Etang de Rompu	11 à 100 m ² 101 à 1 000 individus
BOUDRIE Michel	Terrain	06/09/1987	RUFFEC	Rives nord de l'Etang de Rompu	Espèce non revue
BOUDRIE Michel	Terrain	06/12/1987	RUFFEC	Rives nord de l'Etang de Rompu	Espèce non revue
PLAT Pierre		21/09/1977	SAINT- MICHEL-EN- BRENNE	Les Grands Étangs	

BOUDRIE Michel	Terrain	06/12/1987	SAINT-MICHEL-EN-BRENNE	Rives sud de l'Etang de Beauregard (ou Grands Etangs)	Une dizaine de pieds sous 10 cm d'eau (rives sud).
BOUDRIE Michel	Terrain	07/05/1994	SAINT-MICHEL-EN-BRENNE	Rives sud de l'Etang de Beauregard (ou Grands Etangs)	
MONDION Julien (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien)	Terrain	28/06/2019	SAINT-MICHEL-EN-BRENNE	Mare prairiale dans la RNN de Chérine	Végétation de l' <i>Elodo-Sparganion</i>
BOUDRIE Michel, CORDIER Jordane (Conservatoire botanique national du Bassin Parisien), GATIGNOL Patrick, LAGNY Valérie, MILLOT Albert (Réserve Naturelle Nationale de Chérine)	Terrain	24/08/2021	SAINT-MICHEL-EN-BRENNE	Mare prairiale dans la RNN de Chérine	< 1 m ²
LAGNY Valérie (Association Indre Nature)	Terrain	20/05/2021	SAINT-MICHEL-EN-BRENNE	Mare prairiale dans la RNN de Chérine	1000 individus
CHABOISSEAU Théodore	Biblio	1865	BELABRE	Etang de Barrière	
CHABOISSEAU Théodore	Biblio	1865	BELABRE	Le petit étang vis-à-vis les Pascauds, dans les bruyères près de Bélâbre	
CHABERT Alfred	Biblio	1865	BELABRE	Etang de Barrière	
LE GRAND Antoine (Société Botanique de France)	Biblio	1887	BELABRE	Le petit étang vis-à-vis les Pascauds, dans les bruyères près de Bélâbre	
LE GRAND Antoine (Société Botanique de France)	Biblio	1887	BELABRE	Etang de Barrière	
DAUDON Muriel (Ligue pour la Protection des Oiseaux)	Biblio	16/08/1994	VEN-DOEUVRES	Etang des Ardennes	

DAUDON Muriel (Ligue pour la Protection des Oiseaux)	Biblio	1995	VEN- DOEUVRES	Etang des Ardennes	
DAUDON Muriel (Ligue pour la Protection des Oiseaux)	Biblio	1996	VEN- DOEUVRES	Etang des Ardennes	



Figure 51 : Exemple de berge sableuse à Littorelle favorable à l'Isoète très ténu en Brenne - (Julien Mondion MNHN/CBNBP - novembre 2021)



Figure 52 : Exemple de berge exondée favorable à l'Isoète très ténu en Brenne - (Julien Mondion MNHN/CBNBP - novembre 2021)

Tableau 7 : Synthèse des citations d'*Isoète très tenu* à l'échelle des communes dans l'Indre (36) hors parts d'herbier - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024

Communes	Première année d'observation	Dernière année d'observation
INDRE (36)		
BELABRE	1865	1887
CIRON	1991	2002
LINGE	1969	1969
MEZIERES-EN-BRENNE	1969	2022
MIGNE	1969	2016
MONTCHEVRIER	1988	1996
ROSNAY	1969	2023
RUFFEC	1986	1987
SAINT-MICHEL-EN-BRENNE	1977	2021
VENDOEUVRES	1994	1996

2.6.1.3. LA VIENNE (86)

Dans la Vienne, l'*Isoète très tenu* a toujours été très rare. La découverte de cette espèce date d'août 1893 par l'Abbé Violleau sur la commune de Saint-Léomer

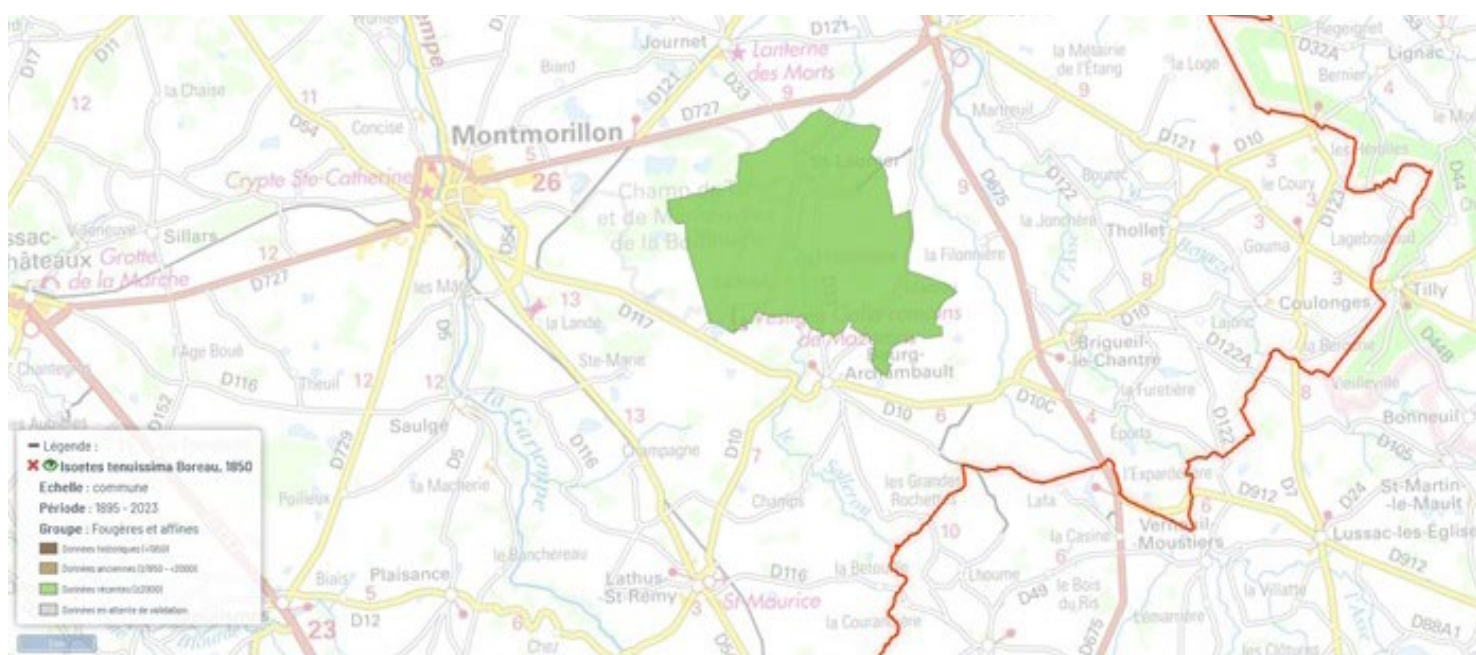


Figure 53 : Communes de présence ancienne et actuelle de l'*Isoète très tenu* dans la Vienne (86) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024

On trouve la première référence de cette donnée dans la communication de A. Le Grand (1895) concernant les isoètes de France. L'isoète très ténu semble avoir été observé dans le passé dans deux étangs de la commune très proches l'un de l'autre. Après plus de 30 ans sans observation dans ce département, il a été de nouveau observé (obs Yann Sellier) dans un des étangs historiques.

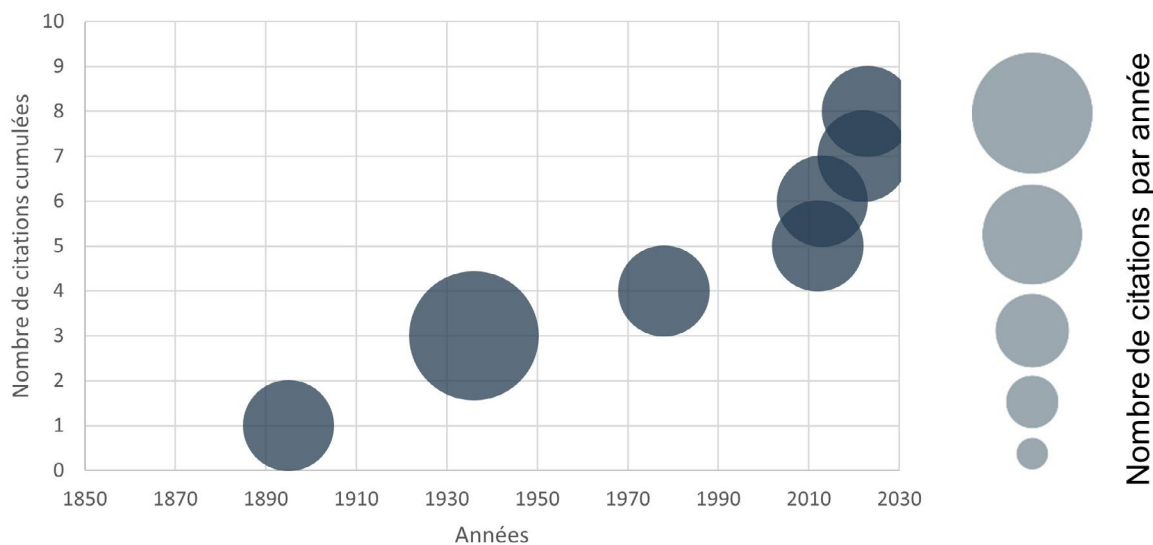


Figure 54 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans la Vienne (86) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Tableau 8 : Détail des citations d'Isoète très ténu dans la Vienne (86) hors parts d'herbier - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Observateur	Origine	Date	Commune	Précisions localisation	Remarques / Observations
LE GRAND Antoine, VIOLLEAU	Biblio	1895	SAINT-LEOMER	Les étangs de Saint-Léomer	
RALLET Louis (Société Botanique du Centre Ouest)	Biblio	02/05/1936	SAINT-LEOMER	Etang Grolleau	
RALLET Louis (Société Botanique du Centre Ouest)	Biblio	02/05/1936	SAINT-LEOMER	Etang Gadoret	
GÉSAN Marcel (Société Botanique du Centre Ouest)	Biblio	25/06/1978	SAINT-LEOMER	Etang Gadoret	Rive est de l'étang Gadoret et lande attenante; submergé ou exondé
BOUDRIE Michel, PLAT Pierre	Terrain	01/06/1996	SAINT-LEOMER	Etang de Gadoret	Rive est de l'étang Gadoret, plusieurs dizaines de pieds sur 1 à 2 m ²
SELLIER Yann	Terrain	02/08/2012	SAINT-LEOMER	Etang de Gadoret	Communautés amphibiennes exondables

VENTROUX Julien (Conservatoire d'Espaces Naturels de Nouvelle Aquitaine)	Terrain	12/07/2013	SAINT-LEOMER	Etang Gadoret	
BOUDRIE Michel, FY Frédéric (Conservatoire botanique national Sud-Atlantique), VENTROUX Julien (Conservatoire d'Espaces Naturels de Nouvelle Aquitaine)	Terrain	11/10/2022	SAINT-LEOMER	Etang Gadoret	Berge d'étang acidiphile sablonneuse NON REVUE
FY Frédéric (Conservatoire botanique national Sud-Atlantique)	Terrain	18/09/2023	SAINT-LEOMER	Etang Gadoret	NON REVUE



Figure 55 : Individu immergé d'Isoètes très tenu - © Yann SELLIER (Vienne, mai 2012)

Tableau 9 : Synthèse des citations d'Isoète très tenu à l'échelle des communes dans la Vienne (86) hors parts d'herbier - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Communes	Première année d'observation	Dernière année d'observation
VIENNE (86)		
SAINT-LEOMER	1895	2013

2.6.1.4. LA HAUTE-VIENNE (87)

La Haute-Vienne est le seul département où l'Isoète très tenu n'a pas été revu récemment. Cité dans deux communes du nord du département, proche de Saint-Léomer (86) et de la Brenne, les dernières mentions datent de la fin des années 80 (27 octobre 1986).

La commune d'Azat-le-Ris est la commune historique pour l'Isoète très tenu car c'est sur l'étang de Rischauveron que l'abbé Chaboisseau a découvert cette espèce le 2 septembre 1847. Malgré les nombreuses recherches réalisées au cours des dernières années (P. Plat dans les années 1980-90; M. Boudrie, L. Chabrol, P. Chamberaud et G. Filet le 4 août 2006 ; puis M. Boudrie et M. Mady, tous les ans depuis 2020) sur cet étang et bien qu'il ne soit pas marqué par l'eutrophisation (Boudrie et al., 2016), l'espèce n'a jamais été revue.

Le constat est identique concernant la population de l'étang des Landes sur la commune de Les Grands-Chezeaux. Découverte à la fin du XIX^{ème} siècle, la dernière observation date de 1986 (Plat P, 1987). Contrairement au précédent, il semble que l'étang des Landes soit impacté par l'eutrophisation et l'envasement (Boudrie et al., 2016).

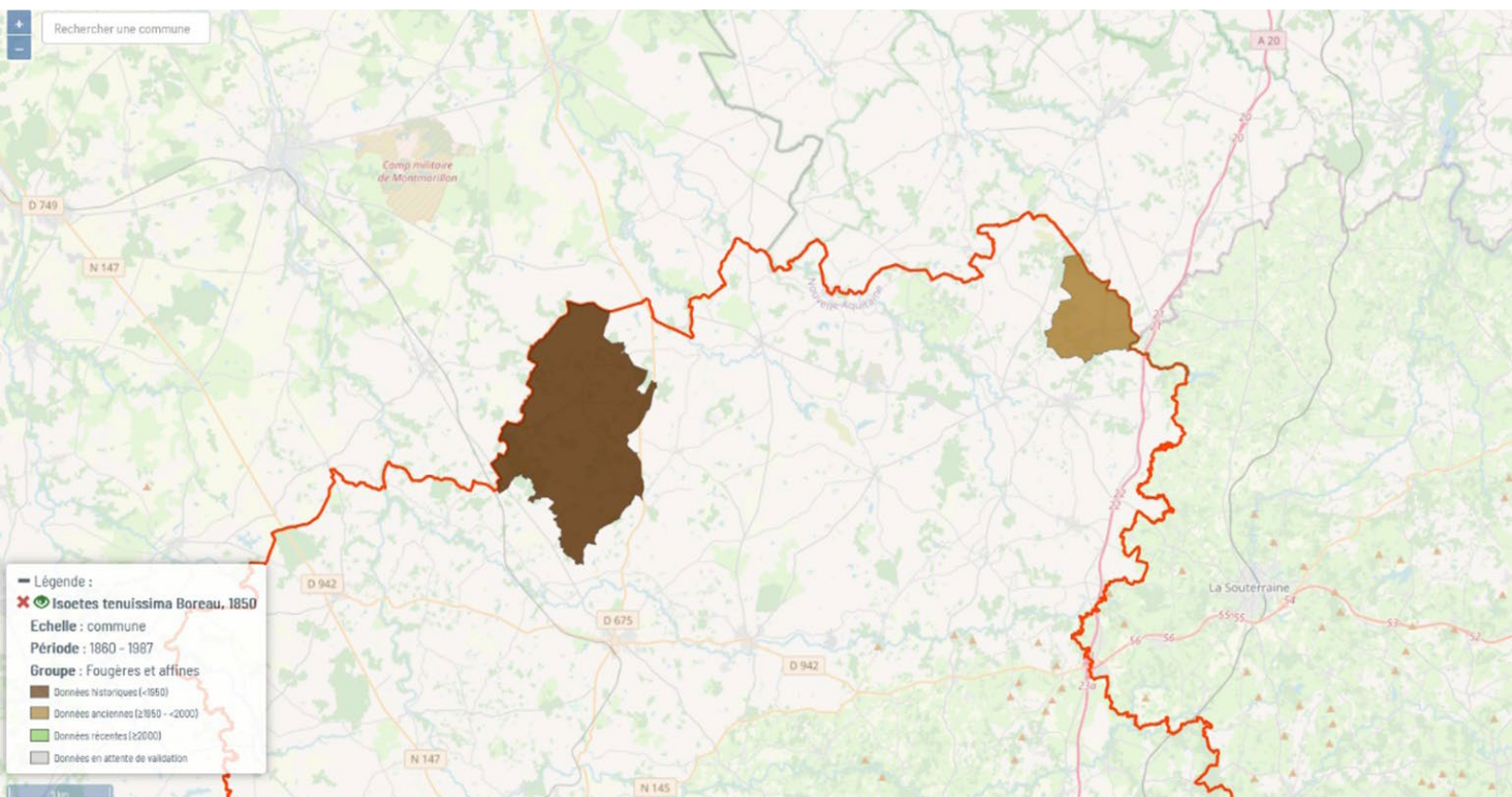


Figure 56 : Communes de présence ancienne et contemporaine de l'Isoète très ténu dans la Haute-Vienne (87) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

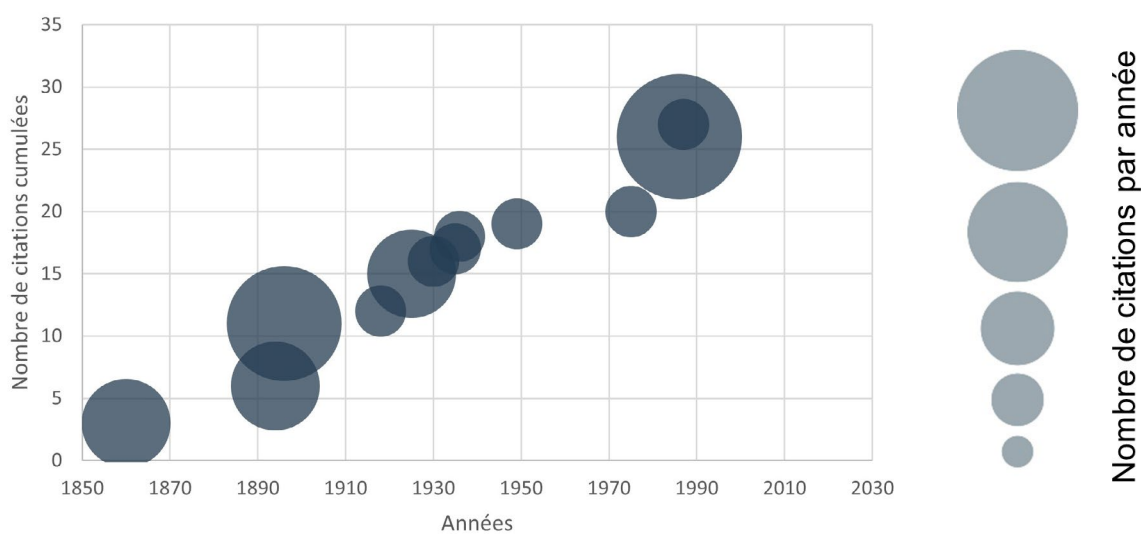


Figure 57 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans la Vienne (86) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Tableau 10 : Détail des citations d'*Isoète très ténu* en Haute-Vienne (87) hors parts d'herbier - sources : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024 et Boudrie et al., 2016

Observateur	Origine	Date	Commune	Précisions localisation	Remarques / Observations
CHABOISSEAU Théodore, Silvain	Biblio	De 1848 à 1860	AZAT-LE-RIS	Rischauveron (Etang du)	Vivace. Floraison de juillet à octobre.
FOUCAUD Julien	Biblio	De 1850 à 1930	AZAT-LE-RIS	Rischauveron (Etang du)	Part d'herbier Le Gendre.
HY Félix-Charles	Biblio	De 1858 à 1918	AZAT-LE-RIS	Rischauveron (Etang du)	Vivace. Floraison de juillet à octobre.
LE GENDRE Charles	Herbier	De 1858 à 1896	AZAT-LE-RIS	Rischauveron (Etang du)	Détermination confirmée par M. BOUDRIE en 1988 (sous le nom <i>Isoetes tenuissima</i> Boreau).
CHABOISSEAU Théodore, Silvain	Biblio	10/10/1860	AZAT-LE-RIS	Rischauveron (Bords de l'étang du)	Part d'herbier Le Gendre.
LE GENDRE Charles	Herbier	23/07/1896	AZAT-LE-RIS	Grand-Etang (Le, près de Rischauveron)	Mélangé aux <i>Littorella</i> et à <i>Alisma natans</i> . Détermination confirmée par M. BOUDRIE en 2001 (sous le nom <i>Isoetes tenuissima</i> Boreau).
LE GENDRE Charles	Herbier	23/07/1896	AZAT-LE-RIS	Grand-Etang (Le, près de Rischauveron)	Mélangé aux <i>Littorella</i> et à <i>Alisma natans</i> . Détermination confirmée par M. BOUDRIE en 1988 (sous le nom <i>Isoetes tenuissima</i> Boreau).

CHABOISSEAU Théodore, Silvain	Herbier	30/09/1860	AZAT-LE-RIS	Rischauveron (Etang de)	Apportée par les eaux sur les bords de l'étang à fond granitique sablonneux du Riz-Chauveron. Détermination confirmée par M. BOUDRIE en 1988 (sous le nom <i>Isoetes tenuissima</i> Boreau).
LE GENDRE Charles	Terrain	23/07/1896	AZAT-LE-RIS	Grand-Etang (Le, près de Rischauveron)	
DELOYNES et CHABOISSEAU Théodore, Silvain	Biblio	1863	AZAT-LE-RIS	Etang des Planchettes	
LE GENDRE Charles	Biblio	23/07/1896	AZAT-LE-RIS	Rischauveron (Grand étang du)	Part d'herbier Le Gendre. Etiqueté sous le nom <i>I. Violaei</i> Hy.
LEGRAND Antoine	Biblio	De 1845 à 1894	LES GRANDS-CHEZEAUX	Chézeaux (Etang des)	Vivace. Floraison de juillet à octobre.
LEGRAND Antoine	Biblio	26/08/1894	LES GRANDS-CHEZEAUX	Landes (Etang des, près des Grands Chézeaux)	Part d'herbier Le Gendre. Etiqueté forma elongata, feuilles de 25 cm de long.
LEGRAND Antoine	Herbier	26/08/1894	LES GRANDS-CHEZEAUX	Landes (Etang des)	Détermination confirmée par M. BOUDRIE en 1988 (sous le nom <i>Isoetes tenuissima</i> Boreau).
LAFAY Antoine	Herbier	01/09/1936	LES GRANDS-CHEZEAUX	Landes (Etang des)	

BOUDRIE Michel, PLAT Pierre	Terrain	30/08/1986	LES GRANDS- CHEZEAUX	Landes (Etang des)	Une cinquan- taine de pieds environ
PLAT Pierre	Biblio	1987	LES GRANDS- CHEZEAUX	Landes (Etang des)	

Tableau 11 : Synthèse des citations d'*Isoète très ténu* à l'échelle des communes dans la Haute-Vienne (87) hors parts d'herbier - sources : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024 et Boudrie et al., 2016

Communes	Première année d'observation	Dernière année d'observation
HAUTE-VIENNE (87)		
AZAT-LE-RIS	1847	1921
LES GRANDS-CHEZEAUX	1894	1986

2.6.1.5. LA CREUSE (23)

Comparativement aux départements précédents, la Creuse est celui pour lequel il n'existe pas de mentions historiques (XIX^{ème} siècle). Les premières observations de l'*Isoète très ténu* ont eu lieu à Azerables, commune frontalière avec la Haute-Vienne et la commune des Grands-Chezeaux, par Louis Rallet en 1925. Observée de manière épisodique, l'espèce n'a pas été mentionnée depuis 1985 (obs. Boudrie M. et Prelli R.) malgré de nombreuses recherches. D'après les dernières constatations de terrain, l'étang de la Chaume serait impacté par une eutrophisation marquée préjudiciable (Boudrie et al., 2016).

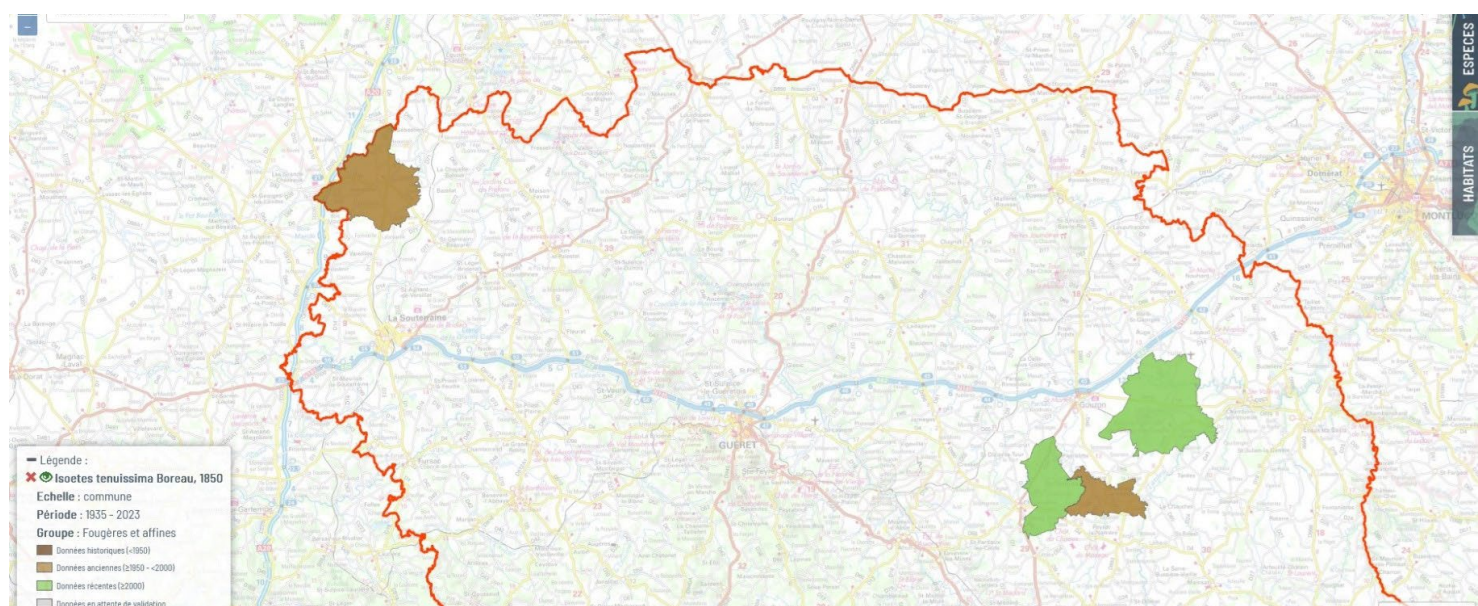


Figure 58 : Communes de présence ancienne et actuelle de l'*Isoète très ténu* dans la Creuse (23) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

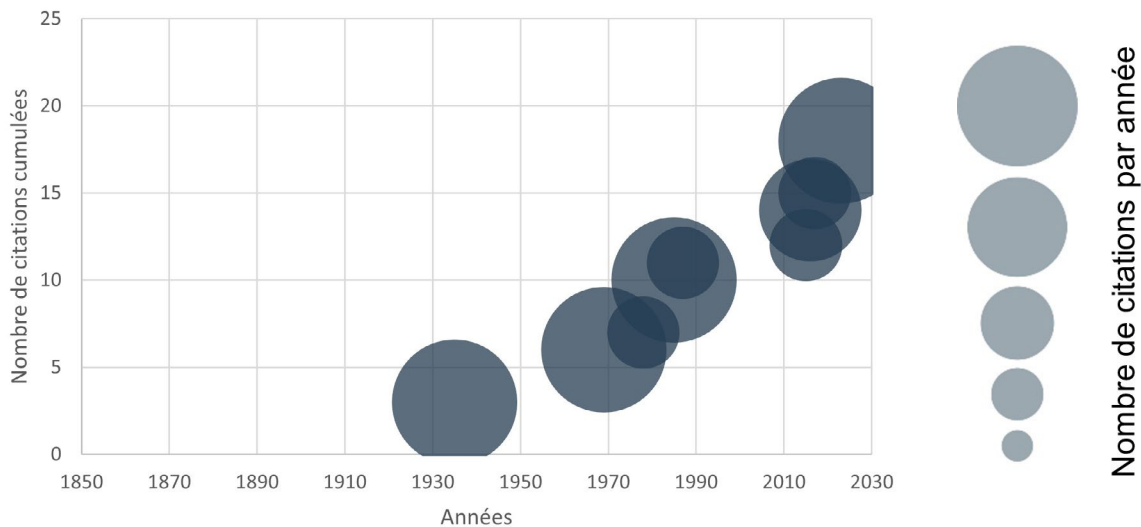


Figure 59 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans la Creuse (23) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Tableau 12 : Détail des citations d'Isoète très tenu dans la Creuse (23) hors parts d'herbier - sources : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024 et Boudrie et al., 2016

Observateur	Origine	Date	Commune	Précisions localisation	Remarques / Observations
RALLET Louis	Biblio	1925	AZERABLES	Chaume (Etang de la)	
RALLET Louis	Terrain	1935	AZERABLES	Chaume (Etang de la)	
PRUDHOMME Jean	Terrain	22/08/1949	AZERABLES	Chaume (Etang de la, sables submergés en quelques points de la rive N.)	
DUBOIS Thérèse, RALLET Louis, ROUET Jean-Marie	Biblio	11/08/1969	AZERABLES	Chaume (Rive nord de l'étang de la)	Rive occupée par des grèves de sable fin et de graviers.
PRUDHOMME Jean	Terrain	01/01/1975	AZERABLES	Chaume (Etang de la, sables submergés en quelques points de la rive N.)	
DUBOIS Thérèse, RALLET Louis, ROUET Jean-Marie	Terrain	11/08/1969	AZERABLES	Chaume (Etang de la)	
BOUDRIE Michel	Terrain	28/08/1985	AZERABLES	Chaume (Rives N. de l'étang de la, au S.O. d'Azerables)	Une dizaine de pieds de 5-6 cm çà et là. Herbier Boudrie. Rivage sablonneux N. sous 10-20 cm d'eau.

BOUDRIE Michel, CHABROL Laurent et FILET G	Terrain	20/08/2003	AZERABLES	Chaume (Etang rive nord)	Espèce non revue. Berges nord de l'étang repro- filées au bull- dozer pour aménager des emplace- ments pour les pêcheurs, qualité de l'eau déplo- rable)
BOUDRIE Michel et MADY Mickaël	Terrain	18/08/2022	AZERABLES	Chaume (Etang rive nord)	Espèce non revue
BUR Sébastien (Conservatoire d'Es- paces Naturels du Limousin), GUERBAA Karim (Conservatoire d'Espaces Naturels du Limousin), MADY Mic- kaël (Conservatoire botanique national du Massif Central)	Terrain	10/07/2015	LUSSAT	Landes (Rive N.O. de l'étang des, au S. de Genévrier)	Gazon am- phibie vivace acidiphile atlantique : Elodo palus- tris-Sparga- nion. Abon- dance : +
GATIGNOL Patrick (Société Botanique du Centre Ouest), GUERBAA Karim (Conservatoire d'Es- paces Naturels du Limousin), MADY Mic- kaël (Conservatoire botanique national du Massif Central)	Terrain	06/07/2017	LUSSAT	Landes (Rive N.O. de l'étang de, au S. du Genévrier)	2 individus. Gazon am- phibie vivace atlantique : Elodo-Sparga- nion
MADY Mickaël (Conservatoire bo- tanique national du Massif Central)	Terrain	06/07/2023	LUSSAT	Landes (Près de la rive N.O. de l'étang des, au N.E. de Grand Affût)	3 individus. Pas de récolte
MADY Mickaël (Conservatoire bo- tanique national du Massif Central)	Terrain	06/07/2023	LUSSAT	Landes (Près de la rive N.O. de l'étang des, au N.E. de Grand Affût)	1 individu. Apparition suite à des travaux de décapage du substrat
MADY Mickaël (Conservatoire bo- tanique national du Massif Central)	Terrain	11/07/2023	LUSSAT	Landes (Rive de l'étang des, au N.N.E. du Grand Affût)	Gazon am- phibie vivace atlantique à <i>Isoetes tenuis- sima</i> . Abon- dance : +
SARRASSAT Claude	Biblio	01/08/1935	SAINT-JU- LIEN-LE- CHATEL	Pinaud (Etang de)	Part de l'herbier de Sarrassat

SARRASSAT Claude	Herbier	01/08/1935	SAINT-JULIEN-LE-CHATEL	Pinaud (Etang de)	
RALLET Louis	Biblio	D ^e 01/01/1910 à 31/12/1935	SAINT-JULIEN-LE-CHATEL	Pinaud *Pinot (Etang de)	
CONTRÉ Emile	Biblio	01/01/1978	SAINT-JULIEN-LE-CHATEL	Pinaud (Etang de)	
BOUDRIE Michel	Biblio	01/12/1987	SAINT-JULIEN-LE-CHATEL	Pinaud (Etang de)	
MADY Mickaël (Conservatoire botanique national du Massif Central), NAWROT Olivier (Conservatoire bo- tanique national du Massif Central)	Terrain	31/08/2016	SAINT-CHA- BRAIS	Pinaud (Rive E. de l'étang du, au Cône)	Gazon am- phibie vivace à <i>Isoetes</i> <i>velata</i> subsp. <i>tenuissima</i> . Abondance : +
MADY Mickaël (Conservatoire botanique national du Massif Central), NAWROT Olivier (Conservatoire bo- tanique national du Massif Central)	Terrain	31/08/2016	SAINT-CHA- BRAIS	Pinaud (Abords de la rive N.E. de l'étang du, au Cône)	Gazon am- phibie vivace à <i>Isoetes</i> <i>velata</i> subsp. <i>tenuissima</i> . Abondance : +

Tableau 13 : Synthèses des citations d'*Isoète très tenu* à l'échelle des communes dans la Creuse (23) hors parts d'herbier - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024

Communes	Première année d'observation	Dernière année d'observation
CREUSE (23)		
AZERABLES	1925	1985
LUSSAT	2014	2023
SAINT-JULIEN-LE-CHATEL / SAINT-CHABRAIS	1935	2016



Figure 60 : Individu d'Isoète très ténu sur une grève exondée de l'étang des Landes (Lussat, Creuse) - © K. Guerbaa, 19 mai 2014

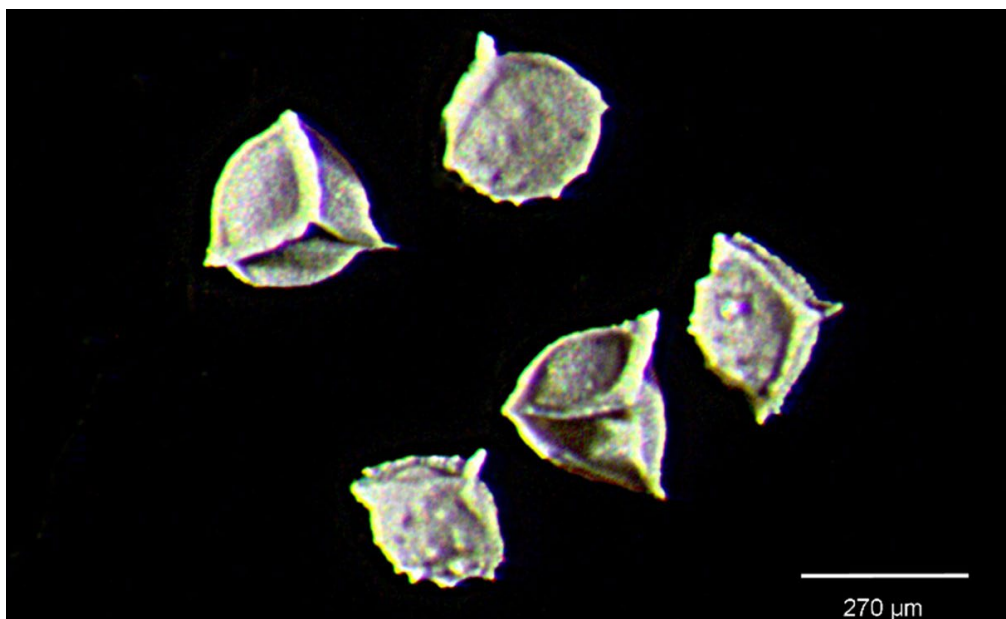


Figure 61 : Mégaspores d'Isoète très ténu de l'étang des Landes (Lussat, Creuse) - © M. Mady, 2015



Figure 62 : Individu d'Isoète très ténu au sein d'un gazon amphibie vivace atlantique à l'étang des Landes (Lussat, Creuse) - © M. Mady, 10 juillet 2015



Figure 63 : Individu d'Isoète très ténu immergé à l'étang Pinaud (Creuse) - © M. Mady, 31 août 2016

Après près de trente ans sans observation, une nouvelle population d'une dizaine de pieds d'Isoète très ténu a été observée sur les bordures immergées de l'étang Pinaud à Saint-Julien-le-Chatel/Saint-Chabrais (obs. Mady M. et Nawrot O.) le 31 août 2016. Cette station n'a été ni revue en 2020 (Boudrie M. & Mady M., 2021a), ni en 2023 (M. Mady *comm pers*).

La découverte la plus inattendue est celle de l'étang des Landes à Lussat le 19 mai 2014 (Boudrie *et al.*, 2016) au sein d'un gazon amphibie vivace oligotrophe atlantique (obs. Guerbaa K.). Cette station composée seulement de quelques individus est surveillée et a été observée en juillet 2023 (obs. M. Mady) à la suite de travaux de décapage du substrat par la RNN de l'Etang des Landes et le CEN Nouvelle Aquitaine.

2.6.2. SYNTHÈSE DES CONNAISSANCES ET TENDANCES

L'analyse générale du nombre d'observations et de citations anciennes et modernes de l'Isoète très ténu sur son aire de répartition indique une régression de près de 75 %. Le nombre de citations et de données ainsi que celui du nombre de stations sont en déclin. En dehors de la Vienne où la station historiquement connue est toujours présente, tous les autres départements ont vu leur nombre de stations fortement régresser au cours du dernier siècle et principalement depuis les années 1990.

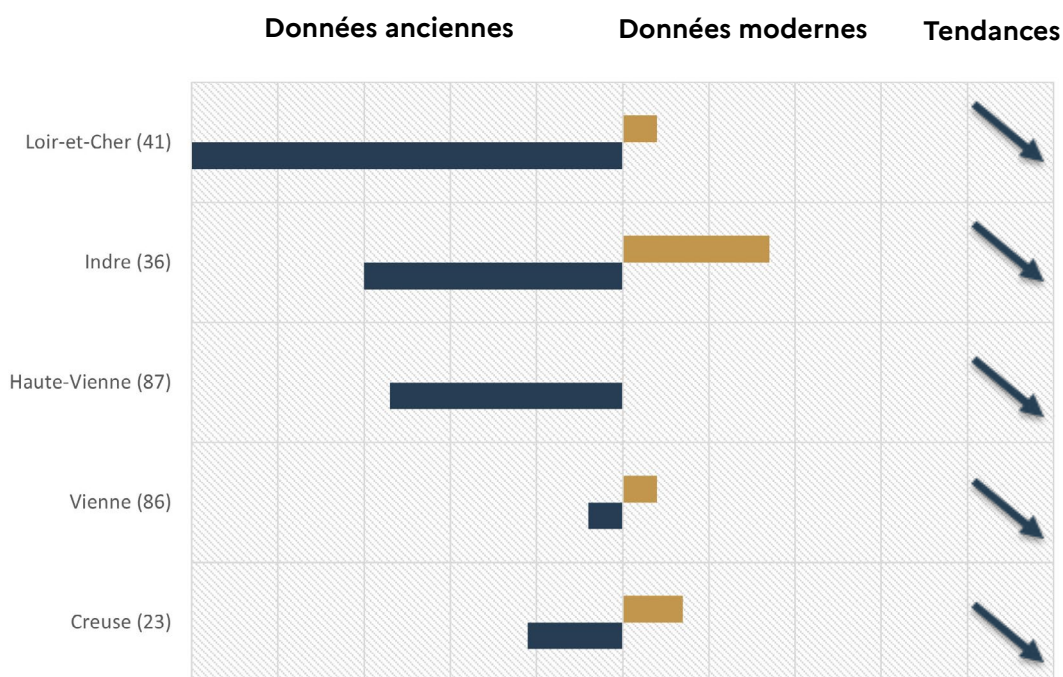


Figure 64 : Modernité des citations d'*Isoetes tenuissima* par département & tendance évolutive - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA - 2024

L'espèce paraît en net déclin en Sologne. L'Isoète très ténu est discret et il est difficilement reconnaissable de loin. Il souffre aussi d'un manque de recherche spécifique sur les étangs anciennement cités et les secteurs potentiellement favorables. L'unique population encore connue n'a pas été revue depuis plus de dix ans. La régression en Sologne est évaluée à 95% en comparant le nombre de stations anciennes aux modernes.

En Brenne, les nombreuses recherches des dernières années sur les stations connues à la fin des années 80 sont peu concluantes. Alors que des milliers d'individus d'Isoète très ténu sont observés à l'étang du Grand Riau à Ciron (36) en 1986 par exemple, les recherches récentes et fréquentes sur cette même station n'ont pas permis de revoir l'espèce (M. Boudrie *comm pers.*). Dans cette région naturelle, la baisse du nombre de stations est estimée à 85 %.

L'Isoète très ténu est présumé disparu de la Haute-Vienne malgré des recherches actives et des prospections ciblées sur les stations historiques (Boudrie *et al.*, 2016).

Dans la Vienne, la station historique est toujours présente après sa redécouverte plus de trente ans après sa dernière mention. L'espèce y fait cependant des éclipses assez longues. Les étangs périphériques encore présents n'ont pas fait l'objet de prospections suffisantes.

Dans la Creuse, la situation est également préoccupante. Certaines stations ne sont plus revues malgré des recherches régulières et celles existantes présentent des populations extrêmement réduites.

2.7. ETAT DE CONSERVATION



2.7.1. MENACES POTENTIELLES

Les menaces qui pèsent sur l'Isoète très ténu s'avèrent nombreuses et impactent plus largement des milieux aquatiques dans leur ensemble. Elles peuvent être responsables et constituer des causes possibles de régression de l'espèce mais leur identification reste à préciser et leurs effets à évaluer. Il peut également s'agir de menaces pesant directement sur l'espèce ou bien sur les habitats de l'espèce :

- fermeture des milieux : développement de formations végétales dominées par des hélophytes (dynamique naturelle liée à une modification des pratiques de gestion des étangs) ;
- eutrophisation ;
- chaulage trop important (amendement calcique) ;
- pisciculture intensive (apports de nourriture, d'intrants, déséquilibre de l'ichtyofaune) : consommation directe par la faune piscicole, augmentation de la turbidité de l'eau ;
- consommation directe par les mollusques aquatiques de type Limnée, par les oiseaux notamment les anatidés ou par des espèces exotiques envahissantes comme le ragondin (*Myocastor coypus*) et l'Écrevisse rouge de Louisiane (*Procambarus clarkii*) ;
- reprofilage des berges des étangs ;
- envasement des étangs ;
- mise en culture des berges exondées ;
- gestion inadaptée des niveaux d'eau ;
- aménagement de certains étangs à des fins de loisirs.

Aucun lien direct entre ces menaces et la régression ou la disparition de l'Isoète très ténu sur certaines de ses stations n'a pas été démontrée. Elles devront être plus clairement étudiées et mesurées avec davantage de précision au cours de ce PNA.

L'augmentation et l'évolution de la température de l'eau des étangs peuvent également être

une cause plausible de la régression de l'Isoète très ténu. La température ayant une influence importante sur le déclenchement de la reproduction de l'espèce, ce paramètre pourrait venir perturber cette phase importante du développement.

2.7.2. L'ISOÈTE TRÈS TENU FACE AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La situation de l'Isoète très ténu face au réchauffement climatique soulève des préoccupations, notamment en raison de l'habitat spécifique et de ses exigences écologiques particulières. Le changement climatique, qui induit des modifications des régimes de température, des précipitations et des niveaux d'eau, pourrait perturber ces milieux fragiles et mettre en péril la survie de l'Isoète très ténue sur le moyen et long terme.

L'une des principales menaces auxquelles l'Isoète très ténu pourrait être confrontée est certainement l'élévation des températures de l'eau. En effet, cette plante aquatique préfère des températures modérées et une stabilité thermique de son environnement. L'augmentation des températures, notamment en période estivale, pourrait entraîner une évaporation accrue et plus rapide des eaux, réduisant ainsi la superficie et la profondeur des zones où elle se développe ainsi qu'une sécheresse accélérée des grèves exondées.

L'augmentation rapide de la température de l'eau d'un étang peut avoir de nombreux effets négatifs sur la végétation aquatique, notamment par le biais du stress thermique, de la diminution de la solubilité de l'oxygène, de la croissance excessive des algues, et des perturbations des cycles biologiques. Ces changements peuvent entraîner une diminution de la biodiversité, une dégradation des habitats aquatiques, et des perturbations écologiques graves, affectant non seulement les plantes aquatiques, mais aussi l'ensemble des écosystèmes.

L'Isoète très ténu est une espèce susceptible d'être particulièrement impactée par les changements sensibles de la température de l'eau et des modifications des périodes d'exondation notamment lors de sa phase de croissance et de reproduction (2.4.3. Lumière & température). De surcroît, des températures d'eau trop élevées compromettent la capacité de survie des végétaux aquatiques. Néanmoins, l'Isoète voilé (*Isoetes longissima*) présente en région méditerranéenne (Corse incluse) se développe dans des conditions de sécheresse prononcée. Cette espèce s'est adaptée à des conditions stationnelles particulières (mares temporaires méditerranéennes) et au climat méditerranéen avec de longues périodes d'exondation du milieu.

Il est difficile d'identifier avec exactitude les effets directs et indirects du changement climatique sur les populations d'Isoète très ténu ainsi que des mécanismes de résilience naturel dont cette espèce pourrait faire preuve. L'ampleur de cette menace dépendra de plusieurs facteurs, dont la capacité de l'Isoète très ténu à s'adapter aux nouvelles conditions climatiques et l'impact sur les écosystèmes aquatiques spécifiques dans lesquels il évolue. Une gestion plus adaptée de ses habitats sera probablement essentielle pour sa survie face cet aléa climatique.

2.7.3. CONSERVATION EX SITU

A ce jour, aucune expérience n'a été menée sur la conservation *ex situ* de l'Isoète très ténu. Des expérimentations et des recherches ont été entreprises avec d'autres espèces du genre : *Isoetes coreana*, espèce présente en Corée du Sud (Myung Jin Oh., 2013), *Isoetes cangae* et *Isoetes ser-racarajensis*, deux espèces présentes en Amazonie brésilienne (Basílio Zandonadi *et al.*, 2019), *Isoetes sabatina*, espèce endémique italienne (Magrini *et al.*, 2020) ou encore *Isoetes lacustris* (Čtvrtlíková *et al.*, 2014) et *Isoetes echinospora* (Čtvrtlíková *et al.*, 2012).

Plus proche, l'expérience menée par le CBN Sud-Atlantique dans le cadre du Plan National d'Actions en faveur des végétations de bords d'étangs arrière-littoraux des Landes et Gironde (Loriot., 2021). L'action V du PNA intitulée « Développer les connaissances sur la germination et la culture des Isoétides, en vue de projets de renforcement / réintroduction » tend à mieux comprendre le processus de développement, à étudier et expérimenter la culture de l'Isoète de Bory (*Isoetes*

boryana). Comme les expériences menées sur les autres espèces d'Isoète citées précédemment, l'expérimentation vise à maîtriser la germination (élaboration d'un protocole efficace et reproductible facilement) puis le développement de l'espèce dans des conditions optimales contrôlées (élaboration d'un protocole définissant l'ensemble des paramètres étudiés : photopériode, nature du substrat, température de l'eau, valeurs physico-chimiques, etc).

En parallèle, les individus d'Isoète de Bory arrachés puis échoués sur la rive avec leur système racinaire lors des tempêtes hivernales sont récupérés et replantés en aquarium dans les locaux du CBN Sud-Atlantique dans un substrat provenant du lac d'origine et de l'eau du même lieu. Les premiers retours sont positifs puisque les individus se réimplantent facilement, se maintiennent et font des nouveaux sporophylles. La reproduction spontanée de ces individus en aquarium est actuellement à l'étude (S. Lorient *comm. pers.*).



Figure 65 : *Isoetes boryana* en espace de culture (sous néon) au CBNSA (© CBNSA A. Deveaud)- 2024

Ce retour est très engageant dans le cadre des expérimentations qui seront menées avec l'Isoète très ténue au CBN du Bassin parisien.

Une autre expérimentation à l'étude par le CBN Sud-Atlantique est la reproduction de l'Isoète de Bory en boîte de pétri. Des microspores et des mégaspores ouverts sont introduits dans de l'eau déminéralisée stérile dans une boîte de pétri fermée permettant d'obtenir de jeunes prothalles.



Figure 66 : Développement d'une plantule d'*Isoetes boryana* après fécondation en boîte de pétri (© CBNSA S. Lorient)

Ces derniers ont par la suite été repiqués dans des piluliers avec un substrat provenant du lac d'origine avec un taux de survie satisfaisant (S. Lorient *comm. pers.*).

La maîtrise de la culture de l'Isoète très ténue est un élément capital dans le cadre de la démarche globale de conservation de cette espèce. Un protocole de culture et de multiplication *ex situ* devra être pensé, testé et consolidé afin de disposer de l'expérience nécessaire dans une démarche de renforcement ou d'introduction en milieu naturel.

2.7.4. CONSERVATION IN SITU

En Brenne, des travaux menés par le Département de l'Indre en collaboration avec le PNR de la Brenne a conduit à la création de mares temporaires à la queue de l'étang de Bellebouche. Celles-ci se sont révélées rapidement très favorables à l'Isoète très ténue. Des travaux superficiels au niveau d'un fossé non loin ont également été bénéfiques à l'espèce (F. Pinet *comm. pers.*).

Dans la RNN de l'étang des Landes en Creuse, une expérimentation de gestion du milieu où se maintient l'Isoète très ténu a été mise en œuvre en novembre 2021 par le Conseil départemental de la Creuse et le Conservatoire d'espaces naturels de Nouvelle-Aquitaine. Celle-ci a consisté à effectuer un décapage superficiel permettant de supprimer localement la strate herbacée dense permettant un rajeunissement du milieu. Cette opération de gestion visant à favoriser le développement de l'Isoète très ténu en éliminant la compétition des autres espèces végétales montre des résultats peu concluants dans le temps puisque l'espèce cible réapparaît mais les individus ne paraissent pas subsister. L'hypothèse est que les travaux remobiliseraient ponctuellement un stock de spores mais que les conditions écologiques ne permettraient pas le maintien et le développement des stations (S. Bur *comm. pers.*).



Figure 67 : Aperçu de la station avant décapage sur la RNN de l'Etang des Landes (K. Guerbaa – novembre 2021)



Figure 68 : Aperçu de la station après décapage sur la RNN de l'Etang des Landes (K. Guerbaa – novembre 2021)

2.8. PERIMETRES DE PRISE EN COMPTE DE L'ISOËTE TRÈS TENU

Les stations modernes et cartographiées d'Isoète très tenu sont pour la plupart intégrées au sein de zonages de type réglementaire ou de connaissance.

2.8.1. LES SITES NATURA 2000

Bien que n'étant pas une espèce appartenant à la Directive « Habitats-faune-flore », l'Isoète très tenu peut bénéficier des mesures de gestion et/ou de restauration d'habitats communautaires et notamment les végétations des rives exondées oligo-mésotrophes (3110) par l'intermédiaire de la signature de contrat ou de la charte Natura 2000 du site.

Tableau 14 : Sites Natura 2000 avec des stations d'Isoète très tenu

Type	Code du site	Nom du site	Animation
Loir-et-Cher (41)			
ZSC	FR2402001	Sologne	IEA
Indre (36)			
ZSC	FR2410003	Brenne	PNR de la Brenne
Vienne (86)			
ZSC	FR5400460	Brandes de Montmorillon	CEN Nouvelle-Aquitaine
Creuse (23)			
ZSC	FR7401124	Bassin du Gouzon	ONF

2.8.2. LES RESERVES NATURELLES NATIONALES

Deux stations d'Isoète très tenu se trouvent en Réserve naturelle nationale (RNN). Ces périmètres garantissent une protection optimale des milieux et des espèces par une gestion adaptée en prenant en considération l'ensemble des enjeux écologiques des sites.

Tableau 15 : Réserves naturelles nationales avec des stations d'Isoète très tenu

Année création	Nom du site	Surface	Nombre de stations d'Isoète très tenu
Indre (36)			
1985	RNN de Chérine	394 ha	1
Creuse (23)			
2004	RNN de l'Etang des Landes	165 ha	1

2.8.3. LES ZNIEFF

Les ZNIEFF ne constituent pas des zones protégées et nécessairement gérées. Il s'agit d'un zonage signalant la richesse et la diversité d'espèces rares et menacées (faune et flore) mais aussi de milieux intéressants et déterminants de ZNIEFF. Sept ZNIEFF de type 1 accueillent des stations modernes d'Isoète très ténue.

Tableau 16 : ZNIEFF avec des stations d'Isoète très ténue

Type	Code du site	Nom du site	Surface
Loir-et-Cher (41)			
ZNIEFF 1	240008714	Etang de Beaumont	44 ha
Indre (36)			
ZNIEFF 1	240000596	Etang de Chérine et Monméliér	702 ha
ZNIEFF 1	240031404	Etang de Bellebouche et périphérie	391 ha
ZNIEFF 1	240030016	Chaîne des étangs Mouton et Neuf du Plessis	38 ha
Vienne (86)			
ZNIEFF 1	540003229	Landes du camp militaire de Montmorillon et de Sainte-Marie	1 965 ha
Creuse (23)			
ZNIEFF 1	740000053	Etang des Landes	172 ha
ZNIEFF 1	740006172	Etang Pinaud	66 ha

2.8.4. LES SITES GERES

Comme les sites en RNN, les sites gérés (propriétés foncières ou baux emphytéotiques de gestion) sont de parfaits moyens de préservation des stations de l'Isoète très ténue. Les Conservatoires d'espaces naturels (CEN) sont les acteurs incontournables pour la mise en place des plans de gestion favorables à la biodiversité et prenant en compte l'ensemble des enjeux faune et flore des sites.

Tableau 17 : Sites gérés avec des stations d'Isoète très ténue

Année création	Nom du site	Surface	Commentaire
Vienne (86)			
2010	Terrain militaire de Montmorillon	1 634 ha	Convention de gestion avec le CEN Nouvelle-Aquitaine
Loir-et-Cher (41)			
1996	Etang de Beaumont	36 ha	Site propriété du CEN Centre-Val de Loire

Tableau 18 : Sites en Espaces naturels sensibles (ENS)

Nom du site	Surface	Commentaire
Indre (36)		
Réserve Naturelle Nationale de Chérine	297 ha	Propriété du Département (183 ha), commune de Mézières-en-Brenne (77 ha), Cen Centre-Val de Loire (37 ha)
Etang de Bellebouche	370 ha	Propriété du Département (245 ha), World Wide Foundation (WWF) et Ligue de Protection des oiseaux (LPO) (125 ha) et conventions de gestion avec des propriétaires privés.

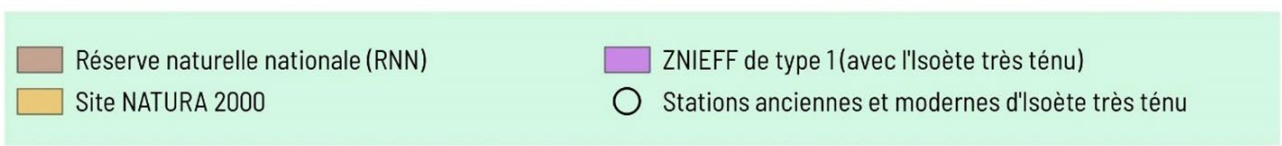
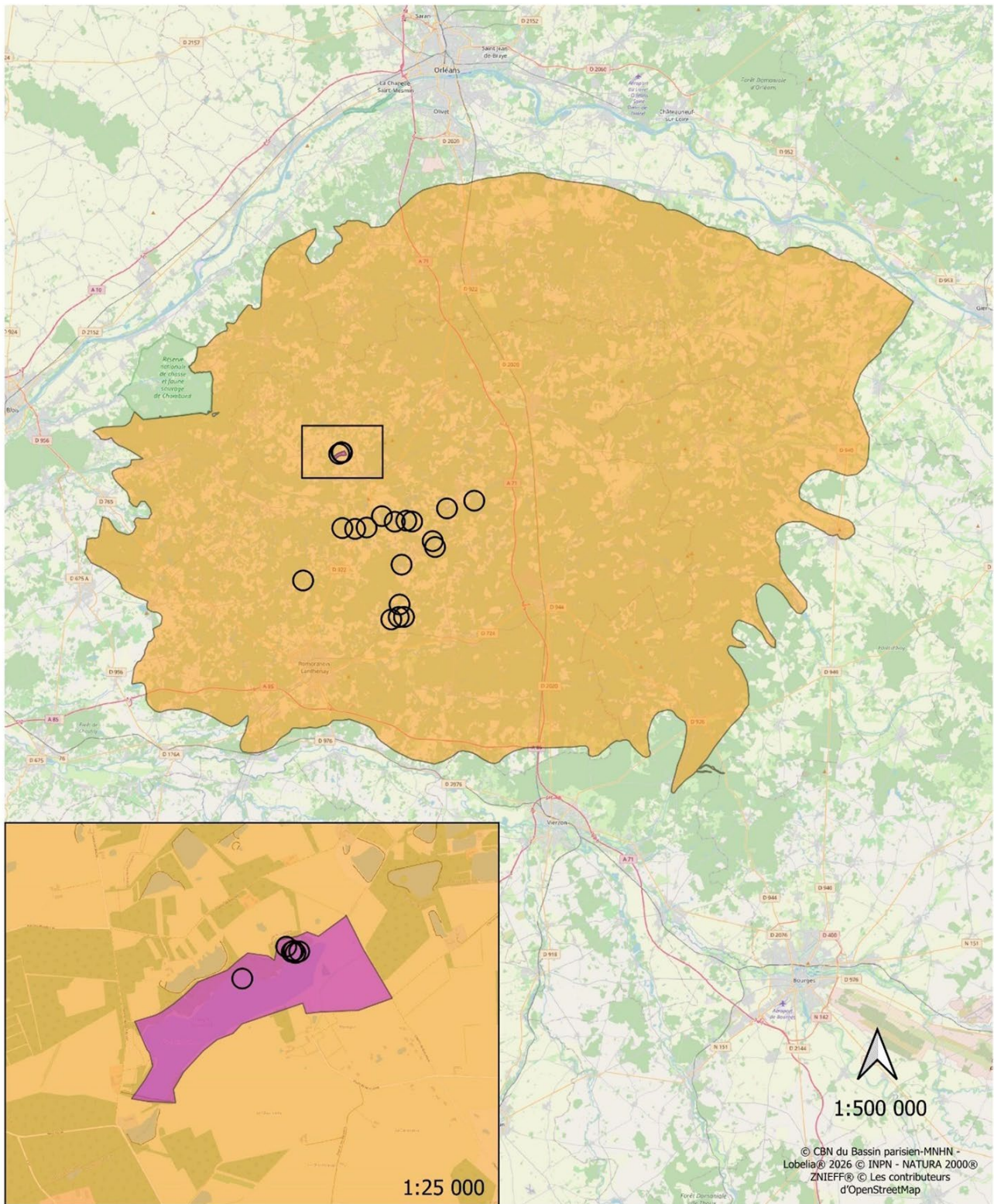


Figure 69 : Périmètres des zonages dans le Loir-et-Cher (Sologne)

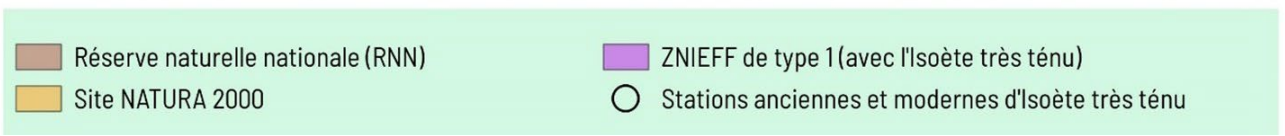
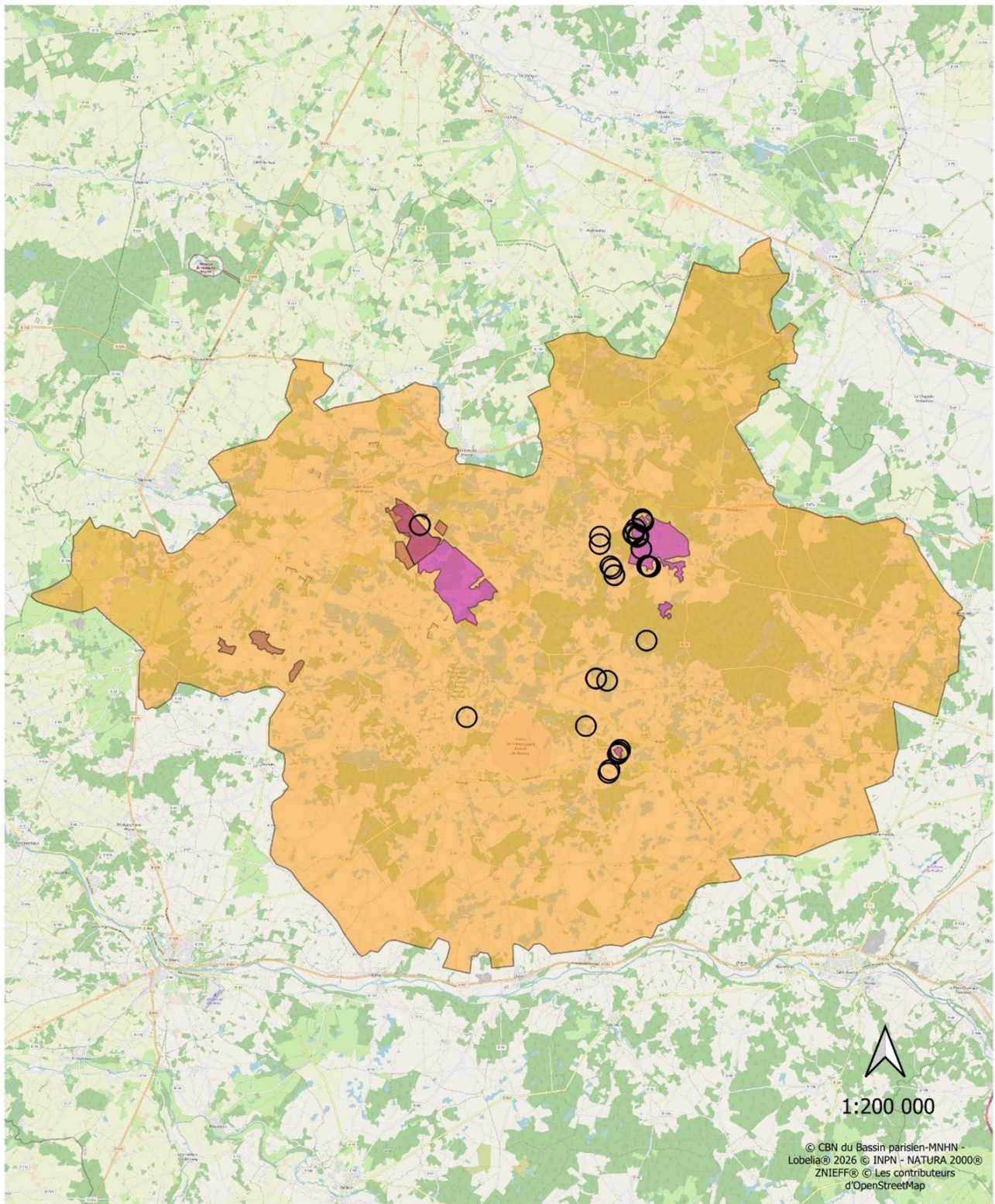


Figure 70 : Périmètres des zonages dans l'Indre (Brenne)

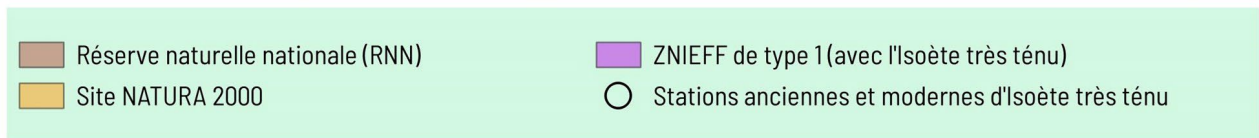
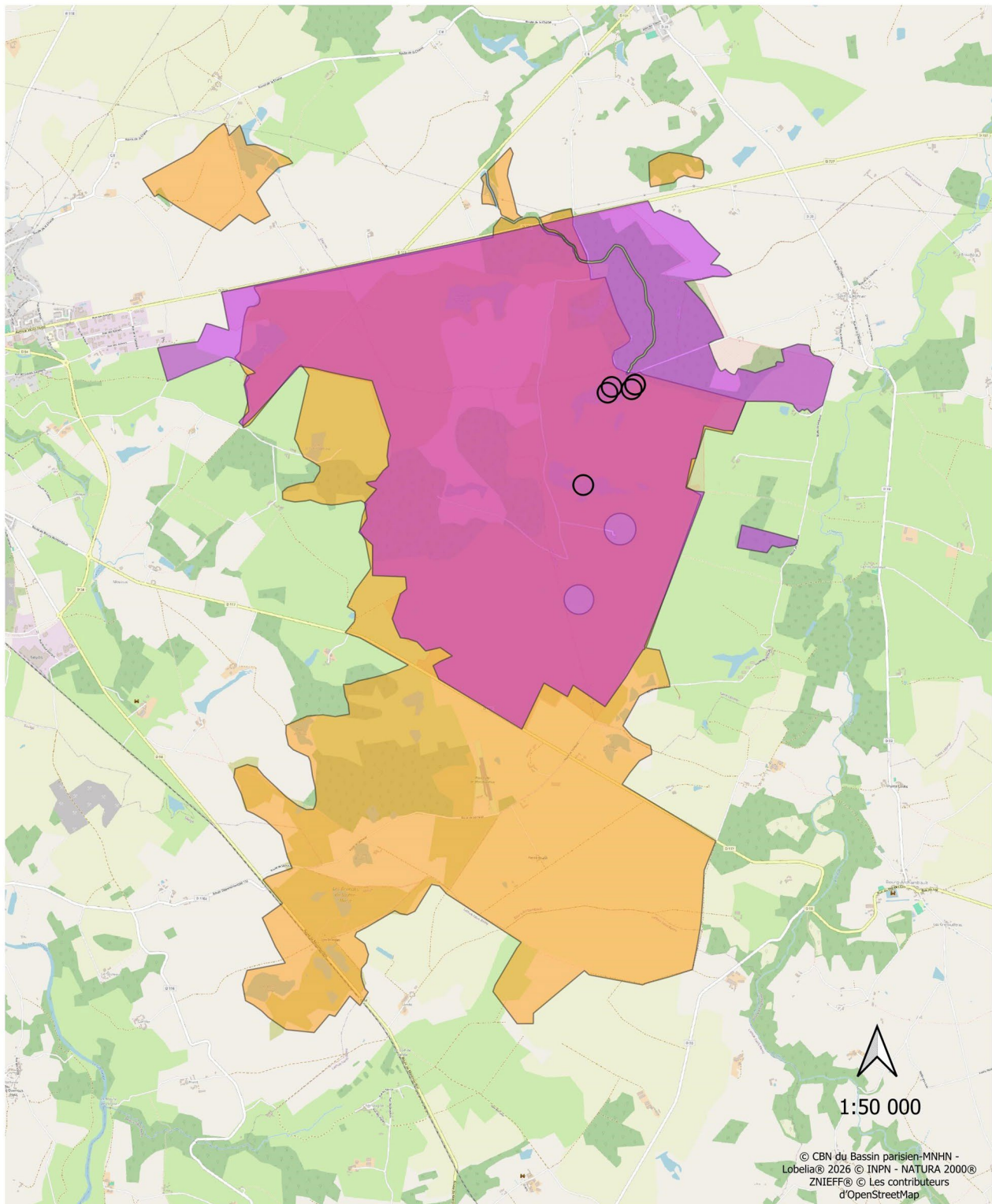


Figure 71 : Périmètres des zonages dans la Vienne

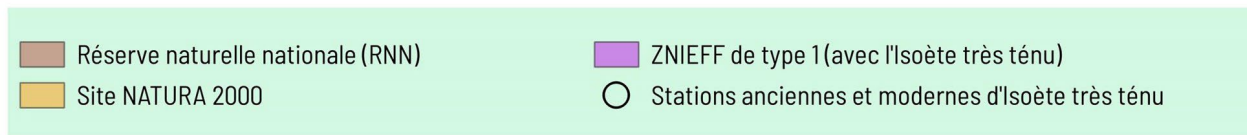
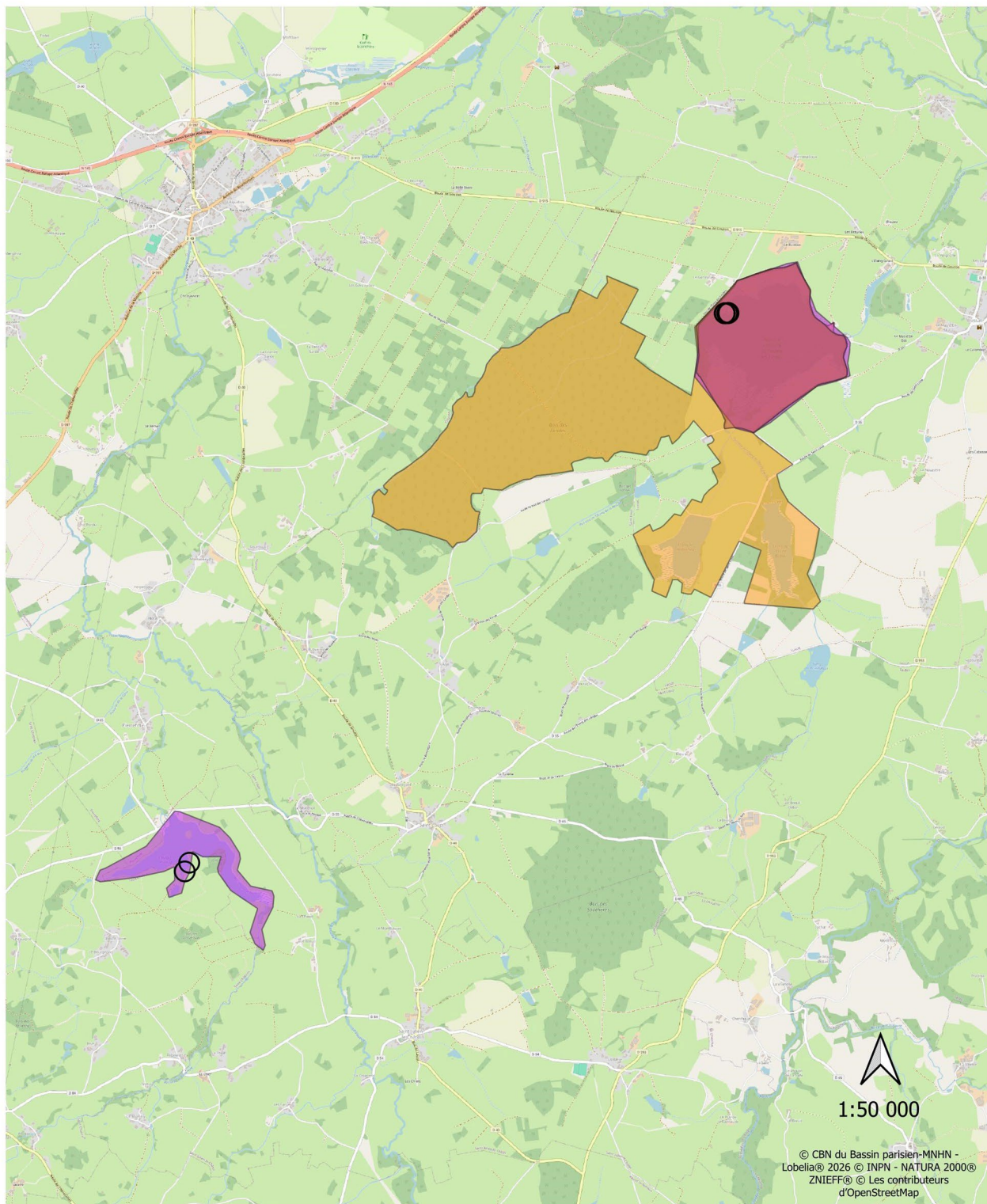
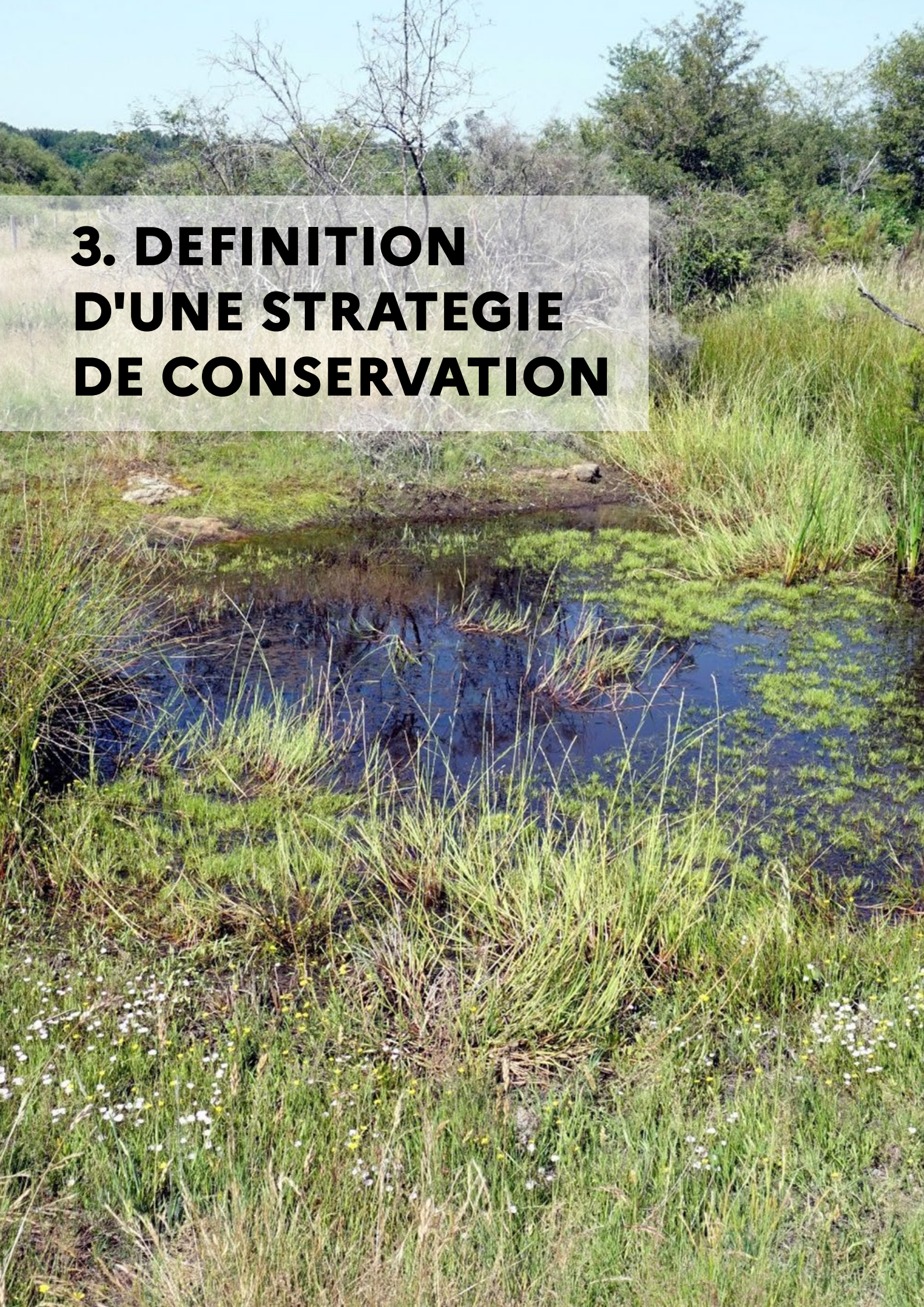


Figure 72 : Périmètres des zonages dans la Creuse

3. DEFINITION D'UNE STRATEGIE DE CONSERVATION



3.1.1. SYNTHÈSE DES ENJEUX & DES ACTIONS

Pour synthétiser, le PNA met en avant plusieurs constats évidents qui constituent de fait des enjeux et des pistes de travail dans le cadre de la déclinaison de cet outil et qui sont détaillés dans le tableau suivant :

Tableau 19 : Récapitulatif des actions du PNA par thématique

THÈME		Priorité	
CONNAISSANCE	ENJEU 1	Connaissance & suivi	
	ACTION A	Réaliser un bilan stationnel régulier	1
	ACTION B	Caractériser les végétations et évaluer l'état de conservation	2
	ACTION C	Etudier les différences génétiques du groupe <i>Isoetes longissima</i>	1
	ACTION D	Etudier la diversité génétique des populations d' <i>Isoetes tenuissima</i>	2
CONSERVATION IN SITU & EX SITU	ENJEU 2	Gestion & conservation	
	ACTION E	Renforcer le dispositif réglementaire	1
	ACTION F	Constituer une banque de ressource génétique nationale et évaluer la viabilité	1
	ACTION G	Mieux comprendre les pratiques et les usages pour orienter et mettre en place des préconisations de gestion	1
	ACTION H	Expérimenter la conservation <i>in situ</i> et <i>ex situ</i>	2
CONCERTATION	ENJEU 3	Animation & communication	
	ACTION I	Animation, suivi et évaluation du PNA	1
	ACTION J	Communiquer et sensibiliser sur l'Isoète très ténu et le PNA	1

3.1.2. DETAIL DES ACTIONS DU PNA

Connaissance & Suivi



Connaissance & suivi

Priorité **1**

Action A

REALISER UN BILAN STATIONNEL REGULIER

Objectif

- Améliorer et actualiser la connaissance de la répartition de l'Isoète très ténu
- Réaliser un suivi des populations

L'Isoète très ténu pâtit d'un réel manque de connaissance de sa répartition précise et notamment en Centre-Val de Loire où il a subi une importante régression aux cours du dernier siècle. Si dans le Limousin, un travail de recherche et d'actualisation a été mené récemment, celui-ci est à réaliser dans la Vienne et surtout en Sologne. En Brenne et depuis plusieurs années, les botanistes M. Boudrie, P. Gatignol et M. Mady prospectent régulièrement les stations connues et anciennes d'Isoète très ténu. Un travail spécifique et régulier mérite d'être mené sur cette région naturelle.



Contexte

Cette recherche est avant tout un travail de terrain et d'observation in situ réalisée à la meilleure période d'observation de l'espèce (à étudier chaque année selon les niveaux d'eau, les conditions d'observation et le type de terrain). Ce travail de recherche et d'observation peut nécessiter du temps (surface à prospecter, espèce peu visible et difficile à distinguer, contexte foncier nécessitant très souvent la réalisation de demande d'autorisation). La participation d'un collectif structuré et organisé d'observateurs est essentiel pour la réussite de cette action. L'observation de l'Isoète très ténu étant difficile, plusieurs passages sur un même site peuvent être nécessaires au cours de la même année et sur plusieurs années si le potentiel écologique existe.

Dans le but d'un meilleur suivi de l'actualisation des connaissances de l'Isoète très ténu et éviter les saisies multiples (pouvant générer une perte de temps et une mauvaise gestion des doublons), l'ensemble des données collectées (observations et non observations) devront directement être saisies au sein de la base de données © *Lobelia* des CBN du Bassin parisien (données Centre-Val de Loire), Sud-Atlantique (données de la Vienne) et Massif central (données de la Creuse et Haute-Vienne). En Centre-Val de Loire, la base de données © *Lobelia* est la base de référence dans le cadre de la plateforme nationale du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP).

<p>Contexte</p>	<p>En parallèle, des techniques de détection de l'Isoète très ténu devront être étudiées afin de faciliter la recherche et multiplier les sites.</p> <p>Afin d'élargir le bilan stationnel, des recherches pourront être menées aux alentours des sites connus présentant une écologie favorable et un potentiel d'accueil de l'espèce (sites proches géographiquement ou appartenant au même bassin versant).</p> <p>Enfin et dans le but de suivre et d'apporter des éléments de compréhension sur la dynamique des populations, la mise en place d'un suivi standardisé pourra être entrepris sur une ou plusieurs populations sur la durée du PNA.</p>
<p>Description</p>	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Actualiser les stations modernes connues cartographiées ou non ; ➤ Rechercher les stations anciennes et historiques ; ➤ Evaluer la taille des populations (effectifs, surfaces, aire d'occurrence) ; ➤ Evaluer les menaces avérées et potentielles ; ➤ Identifier les propriétaires, les gestionnaires ; ➤ Synthétiser et regrouper les stations en métastations² afin de disposer d'une unité unique et d'un indicateur de comptage ; ➤ Saisir les parts d'herbier qui sont des sources de données peu exploitées notamment en Sologne et en Brenne ; ➤ Etudier les continuités écologiques des chaînes d'étangs entre eux dans le cadre de prospections complémentaires pour rechercher l'espèce dans les sites nouveaux ; ➤ Etudier la possibilité de réaliser de l'ADN environnemental (ADNe) pour la recherche de l'espèce à partir d'échantillon d'eau ou de substrat. L'Isoète très ténu est une espèce difficilement observable et le nombre de sites potentiels est élevé notamment en Sologne et en Brenne. Cette technique permettrait de multiplier les sites de prospection. Dans ces deux régions, le metabarcoding de l'ADN environnemental peut s'avérer intéressant à large échelle. Au vu de la situation et du contexte de recherche, une étude de faisabilité technique (détection de l'Isoète très ténu par l'ADNe) et financière (comparatif coût humain d'une recherche traditionnelle à large échelle et coût de l'ADNe) doit être menée. La technique de l'étude de l'ADNe consiste à amplifier certaines séquences à l'aide d'amorces spécifiques à l'espèce cible. L'étude de l'ADNe se révèle particulièrement intéressante pour trouver et déterminer des espèces difficilement observables car rares (espèces menacées voire que l'on pense éteintes, en voie de disparition), cryptiques, en très faible densité localement ou de petites tailles (Jerde <i>et al.</i>, 2011 in Lacoevilhe, 2024) ou pour lesquelles leur détection ou leur identification par des méthodes traditionnelles peut être difficile, coûteuse, laborieuse ou invasive (voire létale). Certaines études montrent que l'ADNe permet la détection d'espèces en danger (Schmelzle & Kinziger, 2016 in Lacoevilhe, 2024) et des espèces cryptiques et rares, avec un taux de succès plus élevé que les méthodes traditionnelles (Schmelzle & Kinziger, 2016 ; Jerde <i>et al.</i>, 2011 in Lacoevilhe, 2024). <p>De plus en plus employé pour la faune et notamment la faune aquatique, l'ADNe est encore peu utilisé pour la détection de plantes. La méthode a été testée avec succès sur les plantes aquatiques dont une espèce d'Isoète (Coghlan, 2018). Dans le cadre de ce PNA, un examen des bases qui compilent les séquences de référence pour les espèces étudiées devra être faite.</p>

²Une métastation est un regroupement de stations proches (rayon de 200m) observées à différentes années.

Description	<p>Ensuite, une phase de test devra être menée au préalable pour garantir l'efficacité de la méthode. Des prélèvements devront être réalisés en nombre suffisant (stratégie d'échantillonnage à étudier et à adapter selon la taille des surfaces en eau) sur des sites où l'Isoète très ténu est connu. Si les résultats sont concluants et dans le cadre un déploiement de cette méthode d'ADNe, une phase de recherche par observation <i>in situ</i> sera alors programmée pour confirmer et valider la détection et évaluer de façon plus précise la population (effectifs, surface, etc) ;</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Etudier la possibilité de rechercher la présence de l'Isoète très ténu sur un site par la détection des spores dans les vases. L'étude et l'analyse des spores sédimentaires pourraient être un axe intéressant à envisager pour la recherche de l'Isoète très ténu. La palynologie et la réalisation de carottages à différentes profondeurs pourrait également être employées afin d'évaluer la période de présence de l'Isoète très ténu ; ➤ Etudier et mettre en place un protocole de suivi standardisé des populations (quadrats, placettes, transects) en lien direct avec l'évaluation de la taille des populations dans le temps
Territoire concerné	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Centre-Val de Loire (Brenne et Sologne) ; ➤ Vienne (Montmorillonnais) ; ➤ Limousin (Haute-Vienne et Creuse).
Partenaires potentiels	<p>Conservatoires botaniques nationaux (CBN), associations de protection de la nature et réseau d'observateurs, PNR, Conservatoires d'espaces naturels, RNN, animateurs Natura 2000, OFB.</p>
Moyens financiers	<p>10 000 € / an les deux premières années 5 000 € / an les trois années suivantes Total : 35 000 €</p> <p>L'ADN environnemental présente un certain coût financier (env. 150 € / échantillon) mais peut s'avérer financièrement plus économique qu'une recherche visuelle de terrain à large échelle (coût humain). Cette piste n'est donc pas à écarter si elle est techniquement fiable.</p>
Echéances & livrables	<p>Rendu prévu pour 2028.</p> <p>Bilan stationnel complet et description des stations, des méthodes et des protocoles de recherche.</p> <p>Dans la mesure où de nouvelles stations pourront être découvertes au cours de la déclinaison du PNA étant donné les difficultés d'observation, une mise à jour de ce bilan stationnel sera réalisée chaque année.</p>

Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de demandes et de porters-à-connaissance ; ➤ Nombres de rencontres avec les propriétaires ; ➤ Nombre de stations prospectées et de tests ADNe réalisés ; ➤ Nombre de stations observées / non observées ; ➤ Evolution du nombre de métastations. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		✓	✓	✓	✓					

Connaissance & suivi		
Priorité 2	ACTION B	CARACTERISER LES VEGETATIONS ET EVALUER L'ETAT DE CONSERVATION
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Améliorer la connaissance des végétations de l'Isoète très ténu sur le plan phytosociologique ➤ Evaluer l'état de conservation des végétations de l'Isoète très ténu 	
Contexte	<p>Peu de relevés phytosociologiques ont été réalisés avec l'Isoète très ténu. Le CBN du Massif central a mené une action dans ce sens et cette initiative mérite d'être élargie aux autres territoires et notamment en Brenne où se trouvent la plupart des stations connues actuellement. Une association végétale, le <i>Littorello uniflorae-Isoetetum tenuissimae</i> (Allorge & Gaume 1925) Géhu & de Foucault 1988 n'a pour le moment pas été observée depuis sa description et mérite d'être recherchée. La plupart des relevés existants tendent à identifier l'alliance phytosociologique de l'<i>Elodo palustris-Sparganium</i> Braun-Blanq. & Tüxen ex Oberd. 1957 comme étant la plus probable. Les éléments descriptifs n'étant pas suffisants pour le moment, une caractérisation plus fine au niveau de l'association végétale n'est pas possible.</p> <p>La connaissance plus fine des végétations de l'Isoète très ténu est un élément capital pour sa conservation mais également pour évaluer les dynamiques naturelles ou anthropiques qui pèsent sur l'espèce. La caractérisation des végétations est également un élément important dans l'évaluation de l'état de conservation à la fois de l'espèce mais aussi de l'habitat lui-même. Savoir évaluer l'état de conservation de l'Isoète très ténu et de ses habitats est un enjeu important. Cette réflexion est directement en lien avec l'action G « Mieux comprendre les pratiques et les usages pour orienter et mettre en place des préconisations de gestion » et notamment la caractérisation des conditions écologiques favorables ou défavorables ainsi que les usages adaptés ou non à l'espèce</p>	

Description	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Réaliser une série de relevés phytosociologiques des populations d'Isoète très ténu ; ➤ Réaliser une synthèse phytosociologique des végétations à Isoète très ténu ; ➤ Mener une réflexion sur la faisabilité technique et la pertinence de mettre en place un protocole d'évaluation de l'état de conservation de l'Isoète très ténu et/ou de son habitat sur le modèle des méthodes d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000 (Mistarz & Latour, 2019) par exemple ou autres ; ➤ Définition d'un protocole d'évaluation de l'état de conservation de l'Isoète très ténu et/ou de son habitat ; ➤ Réaliser une synthèse sur l'état de conservation des habitats de l'Isoète très ténu en tenant compte des résultats de l'expertise phytosociologique et des éléments de l'évaluation de l'état de conservation de chaque station. 									
Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu.									
Partenaires potentiels	Conservatoires botaniques nationaux (CBN), experts, associations, PatriNat									
Moyens financiers	5 000 € / an pendant 4 ans Total : 20 000 €									
Echéances & livrables	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Rendu de la synthèse phytosociologique prévu pour 2029. Le calendrier de cette action sera également à adapter en fonction des conditions d'observation de l'espèce. ➤ Protocole d'évaluation de l'état de conservation de l'Isoète très ténu et/ou de ses habitats. ➤ Premiers essais de mise en application de ce protocole d'évaluation. 									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de relevés phytosociologiques ; ➤ Nombre de placettes d'évaluation de l'état de conservation 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
			✓	✓	✓	✓				

<p>Priorité 1</p>	<p>ACTION C</p>	<p>ETUDIER LES DIFFERENCES GENETIQUES DU GROUPE ISOETES LONGISSIMA</p>
<p>Objectif</p>	<p>➤ Identification moléculaire et diversité génétique du groupe <i>Isoetes longissima</i> (<i>Isoetes tenuissima</i>, <i>Isoetes longissima</i> ss et <i>Isoetes boryana</i>)</p>	
<p>Contexte</p>	<p>Les Lycophytes constituent le groupe le plus primitif des plantes vasculaires actuelles. L'ordre des Isoétales ne contient qu'une seule et unique famille, les Isoétacées. En France métropolitaine, les Isoétacées ne comportent qu'un seul genre, les isoètes (<i>Isoètes</i> L.). Les isoètes regroupent environ 250 espèces dans le monde avec beaucoup d'endémisme et de populations isolées (Troia <i>et al.</i>, 2016). Il y aurait seulement 9 espèces en Europe et 7 (ou groupes d'espèces) en France métropolitaine (Prelli & Boudrie, 2021).</p> <p>En France, les isoètes sont tous liés aux milieux aquatiques ou amphibies, encourageant d'autant plus la conservation de ces espèces, de leurs milieux et par conséquent des autres espèces associées souvent patrimoniales.</p> <p>La présente étude vise ce que l'on nomme aujourd'hui <i>Isoetes</i> groupe <i>longissima</i>. Le référentiel taxonomique a largement évolué au cours des dernières années suite aux différents travaux publiés. Avec Taxref v17.0, les trois espèces sont distinctes mais cela n'a pas toujours été le cas et ce jusqu'à récemment. Le doute persiste néanmoins sur la « validité » taxonomique de ces taxons dont la morphologie ne permet pas réellement la distinction et la reconnaissance. A l'heure actuelle, seule l'origine géographique permet de différencier ces taxons :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ <i>Isoetes longissima</i> ss en région méditerranéenne ; ➤ <i>Isoetes tenuissima</i> dans le centre de la France (Indre, Loir-et-Cher, Creuse et Vienne) ; ➤ <i>Isoetes boryana</i> en Gironde et dans les Landes. <p>Dans le cadre de cette étude, le CBN du Bassin parisien a fait appel à un prestataire, le Centre R&D de Végépolys Valley - Campus Végétal d'Angers (Maine-et-Loire). Ce laboratoire aura en charge l'analyse génotypique des échantillons des trois taxons cités.</p>	
<p>Description</p>	<p>L'étude comporte trois phases :</p> <p>1/ Récolte des échantillons sur le terrain. Cette phase fait intervenir cinq CBN :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Bassin parisien pour les populations d'<i>I. tenuissima</i> en Brenne ; ➤ Massif central pour une population d'<i>I. tenuissima</i> en Creuse ; ➤ Méditerranée : populations d'<i>I. longissima</i> ss ; ➤ Corse : populations d'<i>I. longissima</i> ss ; ➤ Sud-Atlantique : populations d'<i>I. boryana</i> dans les étangs des Landes ainsi que la population d'<i>I. tenuissima</i> de la Vienne. <p>Les agents des CBN sont habilités pour effectuer ce type de récolte (dans le cadre de l'agrément de chaque CBN avec le Ministère en charge de l'Environnement). Seuls les prélèvements dans les réserves naturelles nationales</p>	

nécessitent une demande d'autorisation (auprès du Conseil scientifique de chaque RNN en général et autorisation signée par le Préfet).

2/ La vérification de l'amplification des marqueurs choisis et de l'existence d'un polymorphisme :

- L'amplification par la technique PCR (Polymerase Chain Reaction) des ADN des échantillons sur un panel réduit de 6 individus (3 espèces ou population x 2 individus), avec :
 - ▶ couples d'amorces / marqueurs chloroplastiques,
 - ▶ 5 couples d'amorces / SSR,
 - ▶ soit 48 points d'analyse.
- L'analyse des produits de PCR :
 - ▶ Barcoding : étude et comparaison des séquences obtenues (séquenceur Sanger®),
 - ▶ SSR : étude et comparaison des profils génétiques obtenus (séquenceur capillaire).
- La conclusion en termes de choix des marqueurs applicables à la suite de l'étude.

3 / L'étude du panel complet de 30 échantillons avec les marqueurs choisis à l'étape 2 :

- L'amplification par la technique PCR (Polymerase Chain Reaction) des ADN des échantillons sur le panel de 30 individus, avec :
 - ▶ 3 couples d'amorces / marqueurs chloroplastiques,
 - ▶ 5 couples d'amorces / SSR,
 - ▶ soit 240 points d'analyse.
- L'analyse des produits de PCR :
 - ▶ Barcoding : étude et comparaison des séquences obtenues (séquenceur Sanger®),
 - ▶ SSR : étude et comparaison des profils génétiques obtenus (séquenceur capillaire),
- L'étude d'identification moléculaire (barcoding),
- L'étude de diversité génétique (SSR),
- La réalisation d'un arbre de diversité génétique (logiciel Darwin®).

Le co-encadrement d'un stagiaire de M2 avec une spécialité connaissance de la génétique pourra s'avérer indispensable afin d'aider à l'interprétation des résultats obtenus par le laboratoire en charge des analyses.

Territoire concerné

- Les trois ex-régions où est présent *Isoetes tenuissima* (Centre-Val de Loire, Poitou-Charentes, Limousin) ;
- Les Landes et la Gironde où est présent *Isoetes boryana* ;
- La Corse et le Var pour *Isoetes longissima* ss.

Echéances & livrables	<p>Fin 2025 pour la première phase de cette étude, c'est-à-dire la collecte des échantillons et les analyses génétiques.</p> <p>Une seconde phase qui sera l'interprétation des résultats sera à prévoir à partir de 2025 dans le cadre d'un stage dédié à cette problématique (prévoir co-encadrement avec un organisme de recherche).</p> <p>La collaboration avec des chercheurs et spécialistes du genre <i>Isoetes</i> est indispensable dans la perspective d'une publication scientifique.</p>									
Partenaires potentiels	Centre R&D de Végépolys Valley, CBN du Bassin parisien, CBN du Massif central, CBN Sud-Atlantique, CBN de Porquerolles et CBN de Corse, RNN.									
Moyens financiers	<p>Analyses génétiques : 8 500 €</p> <p>Env. 2 500 € pour un stage de Master 2</p> <p>Encadrement stage et inventaires terrain : 15 000 €</p> <p>Total : 26 000 €</p>									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre d'échantillons analysés ; ➤ Disponibilité des résultats des analyses moléculaires (barcoding) ; ➤ Indicateurs de résultats des analyses. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	✓	✓	✓							

Priorité **2**

ACTION D

ETUDIER LA DIVERSITE GENETIQUE DES POPULATIONS D'ISOETES TENUSSIMA

Objectif

➤ **Caractériser les différences et les ressemblances génétiques au sein des populations connues d'Isoète très ténu dans un but conservatoire**

Contexte

La génétique des populations est une thématique devenue quasiment obligatoire dans le cadre de la compréhension de la dynamique évolutive d'une espèce et a fortiori de sa conservation par des méthodes que le conservateur a à sa disposition : le renforcement et/ou l'introduction. Dans la théorie et dans le cadre d'une mesure de ce type, on cherchera toujours à diversifier la population « en déclin » sur le plan génétique par une ou plusieurs autres plus riches et diversifiées. Ce schéma de principe est basé sur le constat que plus une population est petite, plus le phénomène de consanguinité sera important, plus la population sera déficiente d'un point de vue génétique et donc sur le point de disparaître (inbreeding depression). Dans les faits, les populations isolées d'espèces rares peuvent néanmoins être riches sur le plan de la diversité génétique. Cette étude vise à explorer cette éventuelle richesse et diversité génétique.

Cette étude portant sur la génétique devra être menée au cours de la première moitié de la période de déclinaison du PNA.

La polyploïdie est considérée comme un facteur majeur de la plasticité phénotypique et de l'évolution génétique pouvant modifier les capacités adaptatives des espèces végétales. Or, le genre *Isoetes* est particulièrement concerné par la polyploïdie. En effet, 46.7% des *Isoetes* dans le monde sont polyploïdes (Troia et al., 2016) ce qui est une valeur élevée pour un genre. La polyploïdie est la caractéristique des espèces qui ont subi au cours de leur évolution un évènement de duplication du génome associé ou non à une hybridation interspécifique. Cette polyploïdisation augmenterait une adaptation et une tolérance accrue à des conditions écologiques diverses même si ce lien entre la polyploïdie et l'adaptabilité reste très complexe.

Cette étude portant sur la génétique des populations d'*Isoetes tenuissima* pourra s'appuyer sur les résultats précédemment obtenus dans le cadre de l'étude génétique des trois espèces d'Isoète (action C).

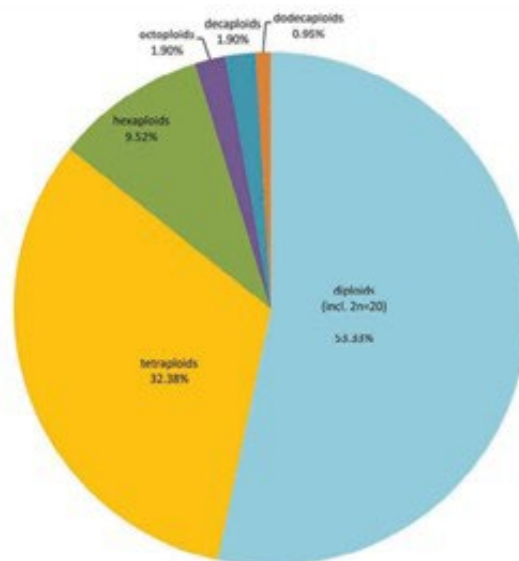


Figure 73 : Répartition des différents niveaux de ploïdie dans le genre *Isoetes* (Troia et al., 2016)

	<p>Il s'agit d'étudier la ploïdie d'<i>Isoetes tenuissima</i> et de caractériser la diversité génétique à l'aide de marqueurs.</p> <p>Les noyaux de populations de l'Isoète très ténue sont dispersés : Sologne, Brenne, sud de la Vienne, nord de la Creuse. En dehors de la Brenne où plusieurs populations existent et dont les continuités écologiques restent à étudier de près, les autres sont géographiquement isolées. La question de la génétique des populations a donc une importance majeure : à la fois pour mieux comprendre les flux de gènes et apprendre sur la diversité et la richesse du patrimoine génétique de ces populations isolées. Cela permet dans le même temps d'identifier les unités de conservation prioritaires « Conservation Unit ».</p>									
Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténue.									
Partenaires potentiels	Centre R&D de Végépolys Valley - Campus Végétal d'Angers (Maine-et-Loire), Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN) – services ISYEB et CESCO, CBN du Bassin parisien, CBN du Massif central et CBN sud-Atlantique, RNN, chercheurs spécialistes du genre <i>Isoetes</i> en Europe.									
Moyens financiers	<p>Env. 5 000 € pour une étude génétique uniquement centrée sur <i>Isoetes tenuissima</i></p> <p>Env. 2 500 € pour un stage de Master 2</p> <p>Encadrement stage et inventaires terrain : 15 000 €</p> <p>Total : 22 500 €</p>									
Echéances & livrables	<p>Phase d'échantillonnage en 2026 (ou 2027 selon les conditions d'expression de l'Isoète très ténue).</p> <p>Livrable la même année ou la suivante selon la période des analyses.</p>									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre d'échantillons (populations) analysés ; ➤ Indicateurs de résultats des analyses. 									
Calendrier Echéance	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
			✓	✓						

Gestion & conservation



Gestion & conservation

Priorité 1	ACTION E	RENFORCER LE DISPOSITIF REGLEMENTAIRE
Objectif	<p>➤ Accroître la prise en compte de l'Isoète très ténu au sein de périmètres de gestion et/ou de protection</p>	
Contexte	<p>La Brenne, la Sologne et le Camp militaire de Montmorillon sont des sites Natura 2000 et l'habitat préférentiel des berges exondées sur substrat oligo-mésotrophe constitue une végétation d'intérêt communautaire (3110). Par cette approche, il est en théorie possible d'intervenir indirectement sur la préservation de l'espèce par l'action de gestion des habitats. L'Isoète est également présent au sein de deux Réserves naturelles nationales (RNN de Chérine dans l'Indre et la RNN de l'Etang des Landes en Creuse). Ces périmètres constituent de véritables réservoirs pour la préservation de cette espèce mais aussi des laboratoires pour l'étude de différents aspects de son écologie.</p> <p>Par son caractère endémique et étant donné les premiers constats de l'importante régression de l'espèce depuis les dernières décennies, il paraît urgent d'envisager de favoriser et de consolider le dispositif réglementaire, l'acquisition foncière et la protection de sites où se trouve l'Isoète très ténu.</p> <p>L'acquisition foncière et la gestion à vocation conservatoire sont les deux outils qui s'avèrent être les plus efficaces pour la préservation d'une espèce et de son habitat sur le long terme.</p>	
Description	<ul style="list-style-type: none"> ➤ En parallèle du travail d'inventaire et de bilan stationnel menés au cours de la première phase du PNA, un point sur le foncier devra être mené afin d'étudier les possibilités d'acquisition de sites à enjeu fort pour la conservation de l'Isoète très ténu ; ➤ Etudier la possibilité de contractualiser (type contrat de gestion / bail emphytéotique) avec des propriétaires privés ; ➤ Etudier la possibilité de mettre en place des obligations réelles environnementales (ORE). Il s'agit d'un dispositif foncier de protection de l'environnement qui présente la particularité d'être contractuel et mobilisable par chaque propriétaire foncier, s'il souhaite se saisir des problématiques environnementales ; ➤ Etudier la possibilité de mettre en place des zones de préemption dans le cadre d'une politique d'acquisition au titre des Espaces Naturels Sensibles (ENS) ; ➤ Etudier la possibilité de déployer des arrêtés préfectoraux de protection de biotope (APPB) ; ➤ Etudier la possibilité de déployer des arrêtés de protection des habitats naturels (APHN) ; ➤ Favoriser la contractualisation dans le cadre de la politique Natura 2000 (contrats et charte Natura 2000) permettant de mener des actions de gestion de l'habitat de l'Isoète très ténu. 	

Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu.									
Partenaires potentiels	RNN, PNR, associations, Conservatoires d'espaces naturels, Conseils départementaux, Conseil régional, OFB									
Moyens financiers	2 000 € / an pendant 8 ans Total : 16 000 €									
Echéances & livrables	Pour les stations connues à l'heure de la rédaction du PNA, une première proposition de meilleure prise en compte de l'espèce peut être proposée. A l'issue du bilan stationnel et à mesure de sa mise à jour, des propositions de renforcement du dispositif réglementaire seront formulées auprès des acteurs concernés.									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de propriétaires identifiés ; ➤ Nombre de sites ayant bénéficiés d'une meilleure prise en compte de l'Isoète très ténu (création d'un nouveau zonage) ; ➤ Classement et hiérarchisation des stations potentiellement concernées par l'action ; ➤ Pourcentage de stations sécurisées par le foncier, la contractualisation, etc. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Gestion & conservation

Priorité 1	ACTION F	CONSTITUER UNE BANQUE DE RESSOURCE GENETIQUE NATIONALE ET EVALUER LA VIABILITE
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Préserver le patrimoine génétique de l'Isoète très ténu à travers la conservation de spores 	
Contexte	<p>Cette action est directement en lien avec l'action D portant sur la génétique des populations de l'espèce. En effet, la préservation d'une ressource et d'un capital génétique d'une espèce nécessite de prendre en considération deux approches distinctes :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ La préservation du patrimoine génétique des populations isolées et/ou ayant des caractéristiques et différenciations particulières sur le plan génétique ; ➤ La préservation du patrimoine génétique des différentes entités géographiques où l'espèce est présente (Brenne, Sologne, Vienne, Creuse). <p>L'étude portant sur la diversité génétique permettra de hiérarchiser les priorités de conservation.</p> <p>Cette action est également en lien direct avec une des actions des CBN dans le cadre de leur agrément avec le Ministère en charge de l'Environnement, à savoir la conservation des espèces rares et menacées. Dans ce cadre, le pôle conservation du CBN du Bassin parisien mène depuis plusieurs années une politique de collecte de graines des espèces patrimoniales. Ces collectes sont réalisées dans le souci de la préservation du patrimoine génétique et de pouvoir y faire appel dans le cas de mesures de conservation (renforcement, introduction) si l'espèce en question venait à disparaître.</p> <p>En parallèle à cette opération de conservation <i>ex situ</i> des spores, une étude portant sur leur viabilité en milieu naturel devra être impérativement menée. Cette étude palynologique du sol devra permettre d'estimer la quantité de spores contenus à différents horizons du sol et d'évaluer la viabilité. Cette étude devrait permettre d'en apprendre davantage sur la reproduction de cette espèce, d'estimer la quantité de spores produite par une population donnée et d'estimer la viabilité des spores dans le temps et selon les usages (exondation, assec). Les résultats de cette étude devront être mis en lien avec ceux de l'action portant l'état de conservation des populations (action B).</p>	
Description	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Etudier les conditions de réalisation de prélèvement et de collecte de spores chez l'Isoète très ténu (stade évolutif et de maturation) ; ➤ Etudier les conditions de stockage des spores (microspores et macrospores) d'Isoète : chambre froide, dessiccateur, etc ; ➤ Etablir une hiérarchisation des priorités et un calendrier des collectes (sur la base des résultats de l'action D) ; ➤ Evaluer la quantité de spores à collecter par population/station ; ➤ Etudier la durabilité de la viabilité des spores stockées afin d'anticiper un calendrier de récolte de remplacement ; ➤ Collaborer avec le CBN Sud-Atlantique, dont l'un des objectifs est de conserver les spores d'Isoetes boryana, afin de mutualiser les expériences 	

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Etudier et mettre en place un protocole de carottage et d'échantillonnage des vases à différentes profondeurs ➤ Définir un protocole de comptage des spores des échantillons de vase ; ➤ Protocoler une méthode d'évaluation ou d'estimation de la viabilité des spores et notamment des macrospores. 									
Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu.									
Partenaires potentiels	CBN du Bassin parisien – Dans le cadre de son agrément, le CBN du Bassin parisien dispose des autorisations nécessaires à la collecte de graines (spores) d'espèces protégées.									
Moyens financiers	8 000 € / an Total : 32 000 €									
Echéances & livrables	Synthèse descriptive des conditions de récolte, de stockage et des tests de viabilité (protocole et résultats).									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de stations échantillonnées (collectes de spores et carottages) ; ➤ Nombre d'individus ayant fait l'objet d'un échantillonnage ; ➤ Nombre de lycophylles avec mégasporophylles et microsporophylles ; ➤ Bilan et évolution des récoltes de spores ; ➤ Retour d'expérience et analyse des carottages. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
					✓	✓	✓			

Gestion & conservation

Priorité 1	ACTION G	MIEUX COMPRENDRE LES PRATIQUES ET LES USAGES POUR ORIENTER ET METTRE EN PLACE DES PRECONISATIONS DE GESTION
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Etudier les paramètres écologiques (biotiques et abiotiques) favorables à l'Isoète très ténu ➤ Evaluer la gestion ainsi que les usages des étangs où est présent (et anciennement mentionné) l'Isoète très ténu ➤ Mener une gestion conservatoire et restauratrice des populations et/ou des habitats 	
Contexte	<p>Bien qu'étant bien loin de l'exhaustivité, les inventaires récents indiquent une régression de l'espèce et une méconnaissance générale des conditions écologiques. Cette action vise dans un premier temps à essayer de comprendre et de mettre en avant des pratiques vertueuses ou au contraire défavorables au développement et au maintien de l'Isoète très ténu sur ses stations. En effet, les activités humaines ont un impact et une influence sur les milieux et par conséquent sur la flore associée dont l'Isoète très ténu. L'étude des pratiques et des usages peut permettre d'apporter des éléments de compréhension. Il ne s'agit pas de stigmatiser des activités mais bien essayer de cerner de façon plus précise les pratiques compatibles et celles qui au contraire portent préjudices à l'Isoète très ténu. Pour cela, une rencontre avec les propriétaires et usagers sera indispensable. Certaines stations d'Isoète très ténu sont connues depuis plus d'une centaine d'années alors que d'autres ne sont pas revues depuis une trentaine d'années. Cette action vise donc à apporter des éléments de compréhension.</p> <p>Cette action est en lien avec plusieurs actions de ce PNA et notamment l'action J. Cette phase pourra être complétée avec des relevés de terrain permettant de mieux connaître les caractéristiques physico-chimiques de l'eau. La collaboration avec un partenaire spécialiste de l'étude de la qualité des eaux sera indispensable.</p> <p>La suite logique de cette action est de pouvoir mettre en application ces recommandations de gestion tout en prenant en compte les contraintes des usages mais aussi parfois les contraintes économiques de certaines activités. Il s'agit dans le cas présent d'actions au cas par cas. Dans certaines situations, un simple changement de pratique (période d'exondation par exemple) peut être positif à l'espèce. Parfois, les contraintes seront telles qu'il sera probablement difficile de conjuguer les pratiques et les usages avec la préservation à long terme de l'espèce. Cette action est en lien avec l'action E.</p> <p>Certaines stations d'Isoètes très ténu ont fait l'objet de mesures de restauration écologique du milieu (Etang de Bellebouche, RNN de l'Etang des Landes). Il paraît important d'évaluer chaque opération de ce type, de suivre l'évolution du milieu et la population d'Isoète et d'étudier les possibilités de réitérer ce type d'opération dans d'autres lieux.</p>	
Description	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Caractériser les conditions écologiques favorables, l'écologie de l'espèce ; ➤ Etudier les usages favorables ou non à l'espèce ; ➤ Rencontrer les propriétaires et usagers des étangs où est présent l'Isoète très ténu pour comprendre les usages et la gestion des sites ; 	

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Définir un itinéraire technique de gestion des bonnes pratiques favorables à l'espèce ; ➤ Prendre en compte les changements de pratique liés à l'augmentation des températures pouvant avoir une influence sur les niveaux d'eau ; ➤ Procéder aux choix des paramètres à étudier ; ➤ Etudier les préférences biochimiques de l'Isoète très ténu ; ➤ Collaborer avec un laboratoire pour l'échantillonnage et la caractérisation des conditions biochimiques de stations d'Isoète très ténu ; ➤ Hiérarchiser les stations selon leur degré de difficulté à mener une gestion conservatoire ; ➤ Etudier les possibilités et les opportunités de sites pour mener des travaux de restauration. 									
Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu.									
Partenaires potentiels	PNR, RNN, Syndicat des pêcheurs et Fédération de pêche, OFB, URCIAP, Fédération de chasse, associations de protection de la nature, animateurs Natura 2000, DDT.									
Moyens financiers	Env. 3 500 € / an Devis à réaliser auprès de laboratoires spécialisés dans l'analyse physico-chimique de l'eau Total : 14 000 € + coût des analyses (sur devis)									
Echéances & livrables	Rencontres avec les propriétaires et usagers des étangs entre 2027 et 2030. Synthèse de l'enquête à l'issue de ces rencontres. Concertation avec les gestionnaires pour les conseils de gestion.									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de propriétaires/usagers contactés et rencontrés ; ➤ Paramètres étudiés et nombre d'échantillonnages ; ➤ Indicateurs de résultats des analyses physico-chimiques ; ➤ Hiérarchisation et priorisation des sites pour des préconisations de gestion ; ➤ Nombre de sites faisant l'objet d'une gestion favorable à l'Isoète très ténu. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
				✓	✓	✓	✓			

Gestion & conservation		
Priorité 2	ACTION H	EXPERIMENTER LA CONSERVATION IN SITU ET EX SITU
Objectif	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Maîtriser l'itinéraire technique de culture et de reproduction de l'Isoète très tenu (<i>ex situ</i>) ➤ Introduire (translocation) l'Isoète très tenu sur un site favorable (<i>in situ</i>) 	
Contexte	<p>Les premiers constats montrent une réduction notable du nombre de stations d'Isoète très tenu à l'échelle de son aire de répartition. De plus, les populations encore existantes présentent souvent de faibles effectifs et leur avenir est incertain</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> Vulnérabilité de l'espèce sur un site ou une aire géographique (Action A) Vulnérabilité de l'état de conservation (Action B) Vulnérabilité génétique (Action D) </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%;"> <ul style="list-style-type: none"> Compréhension des mécanismes de reproduction (Action H) Maîtrise du processus de reproduction <i>ex situ</i> de l'espèce (Action H) </div> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; width: 45%; margin: 10px auto;"> <ul style="list-style-type: none"> Opportunité écologique (Actions A, B & D) Opportunité de gestion (Actions A & G) Opportunité foncière (Actions A & E) Opportunité financière </div>	
<p>Figure 74 : Schéma des conditions et des paramètres à étudier dans le cadre d'actions de conservation <i>ex situ</i></p>		

Les premiers constats montrent une réduction notable du nombre de stations d'Isoète très ténu à l'échelle de son aire de répartition. De plus, les populations encore existantes présentent souvent de faibles effectifs et leur avenir est incertain.

Dans le cadre d'un PNA où les questions de conservation ont toute leur importance, il paraît urgent et indispensable de mettre en place des actions de conservation expérimentales et novatrices afin d'anticiper une régression encore plus importante des populations de l'isoète très ténu et peut être même localement une disparition.

Dans le cas présent, cette introduction à titre expérimental, sur un site présentant tous les paramètres adéquats (écologie, gestion), a pour but d'étudier la faisabilité à petite échelle d'une introduction d'une nouvelle population d'Isoète très ténu. Cette expérimentation a pour but d'éprouver chaque étape d'une introduction dans l'objectif de se projeter et d'avoir l'expérience nécessaire et suffisante dans le cadre de renforcements ou d'introductions à plus large échelle à moyen ou long terme.

Cette opération est en lien direct avec l'action visant à maîtriser la culture *ex situ* et le cycle de développement de l'Isoète. Ainsi, si les premiers résultats de l'introduction de cette espèce sont positifs et viables dans le temps, l'action de maîtrise du cycle de développement se verra renforcée. En effet, les individus issus de la culture *ex situ* pourront par la suite devenir des individus sources dans le cadre d'une politique de conservation d'introduction et/ou de renforcement.

La maîtrise de l'itinéraire technique et de reproduction de l'Isoète très ténu est une action de conservation également en lien avec l'action F portant sur la bancarisation des spores et l'action D relative à la génétique des populations.

Description

- Recueillir au préalable les avis et les recommandations du CNPN et du CSRPN ;
- Etudier les cas d'introduction d'autres espèces endémiques du genre *Isoetes* (Amérique du nord, Chine, Amérique du sud) ;
- Rechercher un site pouvant accueillir cette introduction (habitat de substitution), de préférence de petite surface (mare), sous maîtrise foncière et/ou sous contrôle de gestion, présentant toutes les caractéristiques écologiques suffisantes (période d'exondation, végétation des rives exondées oligo-mésotrophes de type Elodo-Sparganion, absence d'usages défavorables et de menaces directes et indirectes à l'espèce et à son habitat, qualité d'eau favorable, absence d'espèces exotiques envahissantes notamment les écrevisses « américaines », etc) ;
- Maintenir ou favoriser les continuités écologiques lors du choix des sites d'introduction ;
- Identifier la(les) population(s) souche(s) et collecter des individus ;
- Evaluer un nombre suffisant d'individus pour obtenir une population viable ;
- Etudier la période la plus favorable pour la collecte et l'introduction des individus dans le nouveau site ;
- Définir un protocole strict de suivi de l'évolution dans le temps et l'espace de cette nouvelle station et le mettre en application plusieurs années ;

	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Etudier et s'inspirer des exemples de culture ex situ et de multiplication des isoètes ; ➤ Etudier des conditions abiotiques de culture des isoètes (température, pH, conductivité, etc) ; ➤ Mettre en place des partenariats pour mener la culture ex situ de l'Isoète très ténu : jardins botaniques, CDHRC, MNHN. 									
Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu.									
Partenaires potentiels	CBN du Bassin parisien, CBN Sud-Atlantique, CBN Massif central, Jardins botaniques de France, Comité de développement horticole de la région Centre-Val-de-Loire (CDHRC), Muséum national d'Histoire naturelle (MNHN).									
Moyens financiers	5 000 € / an + matériel de culture (aquariums, lampes UV, etc) Total : 35 000 € + coût du matériel									
Echéances & livrables	Dossier de demande de dérogation au titre du déplacement et de l'introduction d'une espèce protégée auprès de la DDT et du CNPN ; Synthèse technique et descriptive de l'itinéraire technique de culture de l'Isoète très ténu.									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de sites favorables pour une expérimentation d'introduction de l'Isoète très ténu ; ➤ Taux de germination ; ➤ Nombre d'individus en culture ; ➤ Nombre d'individus faisant l'objet d'une translocation. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Animation & communication



Animation & communication

Priorité 1	ACTION I	ANIMATION, SUIVI ET EVALUATION DU PNA
Objectif	➤ Mettre en œuvre et animer le PNA à l'échelle nationale	
Contexte	Un PNA demande une coordination des actions et un pilotage pour une cohérence d'ensemble à l'échelle nationale. La DREAL Centre-Val de Loire est désignée pour porter et coordonner le PNA en faveur de l'Isoète très ténu pour le Ministère en charge de l'écologie. La délégation Centre-Val de Loire du CBN du Bassin parisien a été retenue comme structure animatrice, sous l'autorité de la DREAL Centre-Val de Loire en charge du pilotage, pour mettre en place les actions et veiller au bon déroulement du PNA, sur les plans techniques et financiers.	
Description	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Constituer, en lien avec la DREAL Centre-Val de Loire, un Comité de pilotage (choix des membres, préparation des réunions, comptes-rendus) ; ➤ Réunir le Comité de pilotage pour faire état des actions déclinées et des résultats et définir collectivement les orientations à envisager pour mener à bien les actions du PNA ; ➤ Assurer le secrétariat du comité de pilotage, rédiger et diffuser les comptes-rendus ; ➤ Coordonner les actions proposées par le PNA déclinées par les partenaires techniques et veiller à leur bon déroulement ; ➤ Informer les partenaires, y compris l'État, de l'avancement du plan et de ses actions ; ➤ Valoriser les résultats des actions et des études ; ➤ Assurer un appui scientifique, technique et administratif pour tous les partenaires du PNA dans leur démarche de mise en œuvre des actions retenues ; ➤ Réaliser le suivi et l'évaluation annuels de la mise en œuvre du PNA et rédiger un rapport annuel synthétique d'activités pour la DREAL Centre-Val de Loire ; ➤ Assurer une veille bibliographique sur l'Isoète très ténu (ou espèces du genre) et veiller à communiquer les informations aux partenaires ; ➤ Réaliser le bilan à mi-parcours et l'évaluation du plan à son terme. ➤ Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu. ➤ Synthèse des actions réalisées et en cours de déclinaison à mi-parcours du PNA. ➤ Evaluation finale des actions du PNA et de l'efficacité de ces dernières. 	
Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu.	
Echéances & livrables	Synthèse des actions réalisées et en cours de déclinaison à mi-parcours du PNA. Evaluation finale des actions du PNA et de l'efficacité de ces dernières.	

Partenaires potentiels	DREAL Centre-Val de Loire Comité de pilotage RNN, PNR, associations, Conservatoires d'espaces naturels, Conseils départementaux, Conseil régional, OFB									
Moyens financiers	5 000 € / an Total : 50 000 €									
Echéances & livrables	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Comptes-rendus de CoPil ; ➤ Synthèse annuelle et descriptive des actions menées au cours de chaque année de déclinaison du PNA ; ➤ Synthèse finale et évaluation du PNA. 									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Nombre de rencontres du comité de pilotage ; ➤ Nombre d'actions déclinées chaque année ; ➤ Nombre d'acteurs participants aux comités de pilotage ; ➤ Nombre de partenaires participants activement à la déclinaison du PNA en faveur de l'Isoète très tenu chaque année ; ➤ Coût annuel de la déclinaison du PNA en faveur de l'Isoète très tenu. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Animation & communication

Priorité 1	ACTION J	COMMUNIQUER ET SENSIBILISER SUR L'ISOÈTE TRÈS TENU ET LE PNA
Objectif	➤ Faire connaître l'Isoète très ténu et l'outil PNA auprès des acteurs et usagers de terrain mais aussi du grand public	
Contexte	<p>Du fait de sa discrétion, sa rareté mais aussi de l'absence de programme de connaissance et de conservation existant par le passé, l'Isoète très ténu est une espèce peu ou pas connue des usagers et des personnes proches du terrain en dehors de certains spécialistes. Dans la région de la Brenne par exemple, la Caldésie à feuilles de parnassie (<i>Caldesia parnassifolia</i>), appartenant à la Directive Natura 2000 et l'Orchis de Brenne (<i>Dactylorhiza brennensis</i>), orchidée emblématique et endémique de ce territoire, sont deux espèces assez bien identifiées par les usagers et propriétaires par le travail de connaissance et de sensibilisation mené notamment par le PNR de la Brenne.</p> <p>Cette action de sensibilisation qui vise à faire connaître cette espèce endémique et protégée est étroitement liée à celle portant sur la compréhension des pratiques locales de gestion et d'usage des étangs et à la gestion à vocation conservatoire.</p> <p>Cette action de sensibilisation constitue une phase majeure et capitale dans le processus de préservation de l'Isoète très ténu. Les relais locaux tels que les animateurs Natura 2000 et les associations départementales de protection de la nature sont des relais indispensables dans le cadre d'opération de ce type.</p>	
Description	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Organiser une ou plusieurs visites de terrain sur des stations ; ➤ Réaliser une plaquette synthétique de présentation de l'Isoète très ténu et du PNA à destination à la fois des propriétaires, gestionnaires et usagers et au grand public dans le cadre d'une communication plus large ; ➤ Identifier tous les acteurs ayant un lien de près ou de loin avec l'Isoète très ténu et sa conservation et dont la sensibilisation paraît importante et nécessaire (propriétaires et locataires d'étangs, associations de pêche, associations de chasse, union ou syndicat des pêcheurs professionnels, collectivités locales, etc) ; ➤ Envoyer des porter à connaissance aux propriétaires et locataires d'étangs ; ➤ Organiser des rencontres individuelles ou collectives (présentations en salle et/ou rencontres sur le terrain) ; ➤ Réaliser un volet d'information sur la gestion favorable et conservatoire de l'Isoète très ténu ; ➤ S'appuyer sur le Portail de la biodiversité de l'Agence Régionale de la Biodiversité (ARB) et le site internet du CBN du Bassin parisien afin de diffuser des informations vulgarisées à destination du grand public. 	
Territoire concerné	Toute l'aire de répartition de l'Isoète très ténu.	
Echéances & livrables	<p>Plaquette de présentation de l'Isoète très ténu et du PNA ;</p> <p>Annuaire de l'ensemble des acteurs concernés par chaque station d'Isoète très ténu ;</p> <p>Porter à connaissance.</p>	

Partenaires potentiels	CBN du Bassin parisien, CBN Massif central, CBN Sud-Atlantique, DREAL Centre-Val de Loire, RNN, PNR, associations, Conservatoires d'espaces naturels, animateurs Natura 2000, Conseils départementaux, Conseil régional, OFB									
Moyens financiers	5 000 € / an Total : 45 000 €									
Indicateurs de suivi	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Production du (des) support(s) de communication : plaquettes, page internet dédiée, articles sur les réseaux sociaux ; ➤ Nombre de porters-à-connaissance envoyés ; ➤ Nombre de réunions d'informations et d'interventions ; ➤ Nombre de personnes touchées par les actions de communication. 									
Calendrier	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Figure 75 : Isoète très ténu (*Isoetes tenuissima*) - Forme exondée en Brenne – septembre 2017) © F. Perriat

4. SYNTHÈSE



SYNTHESE DES ACTIONS DU PNA ET DES ENJEUX

L'Isoète très ténu est une espèce extrêmement rare, en déclin et fortement menacée en France. Compte tenu des enjeux liés à cette espèce, le PNA est à forte vocation de conservation. Les actions proposées présentent toutes une finalité en lien avec la préservation directe de l'espèce, sa meilleure connaissance et sa prise en considération sur le terrain.

La durée d'un PNA rend compatible un travail de conservation ambitieux sur un pas de temps suffisamment long pour mettre en place des actions concrètes.

Le calendrier prévisionnel (Tableau 20) prévoit une activité de concertation tout au long du PNA (animation du PNA et sensibilisation des acteurs en lien direct et indirect avec l'espèce), une phase de connaissance principalement lors de la première moitié et des actions de conservation surtout concentrées à mi-parcours.

	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Action A		✓	✓	✓	✓					
Action B			✓	✓	✓	✓				
Action C	✓	✓	✓							
Action D			✓	✓						
Action E			✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Action F					✓	✓	✓			
Action G				✓	✓	✓	✓			
Action H				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Action I	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Action J		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Tableau 20 : Calendrier prévisionnel de la déclinaison des actions du PNA

La déclinaison des actions du PNA nécessite de nouer des contacts avec des acteurs à la fois locaux en lien avec certaines activités économiques et de loisirs mais aussi appartenant au secteur de la recherche notamment dans le domaine de la génétique. Cette thématique constitue un axe important de ce PNA, à la fois dans le cadre de la recherche de l'espèce sur le terrain (ADNe) mais aussi et surtout dans une approche taxonomique et de diversité génétique de l'espèce. L'Isoète très ténu étant en voie de raréfaction généralisée, il convient de manière urgente de disposer d'éléments sur la génétique de l'espèce et d'anticiper autant que possible une extinction généralisée ou du moins locale et une concentration des dernières stations dans une entité géographique restreinte. Plusieurs espèces d'Isoètes ont également fait l'objet de tenta-

tive de culture *ex situ*. Une démarche analogue de prise de contact serait intéressante afin de mieux comprendre les dispositifs mis en place dans ce cadre et disposer du retour d'expérience concrets.

Selon le contexte régional (principalement en Brenne et Sologne), la déclinaison des actions nécessitera d'entreprendre une importante phase de concertation avec les acteurs locaux. Une meilleure compréhension de l'ensemble des activités de loisirs, économiques et traditionnelles constitue une étape importante dans le cadre du message à valoriser et de l'acceptation de l'importance de conservation de l'Isoète très ténu sur le long terme. Dans le cadre d'une action ambitieuse et concrète, cette compréhension doit être mutuelle et l'approbation des acteurs locaux de l'importance de conserver l'Isoète très ténu est indispensable. Le PNA en faveur de l'Isoète très ténu constitue autant un outil d'actions que de dialogue et de communication.

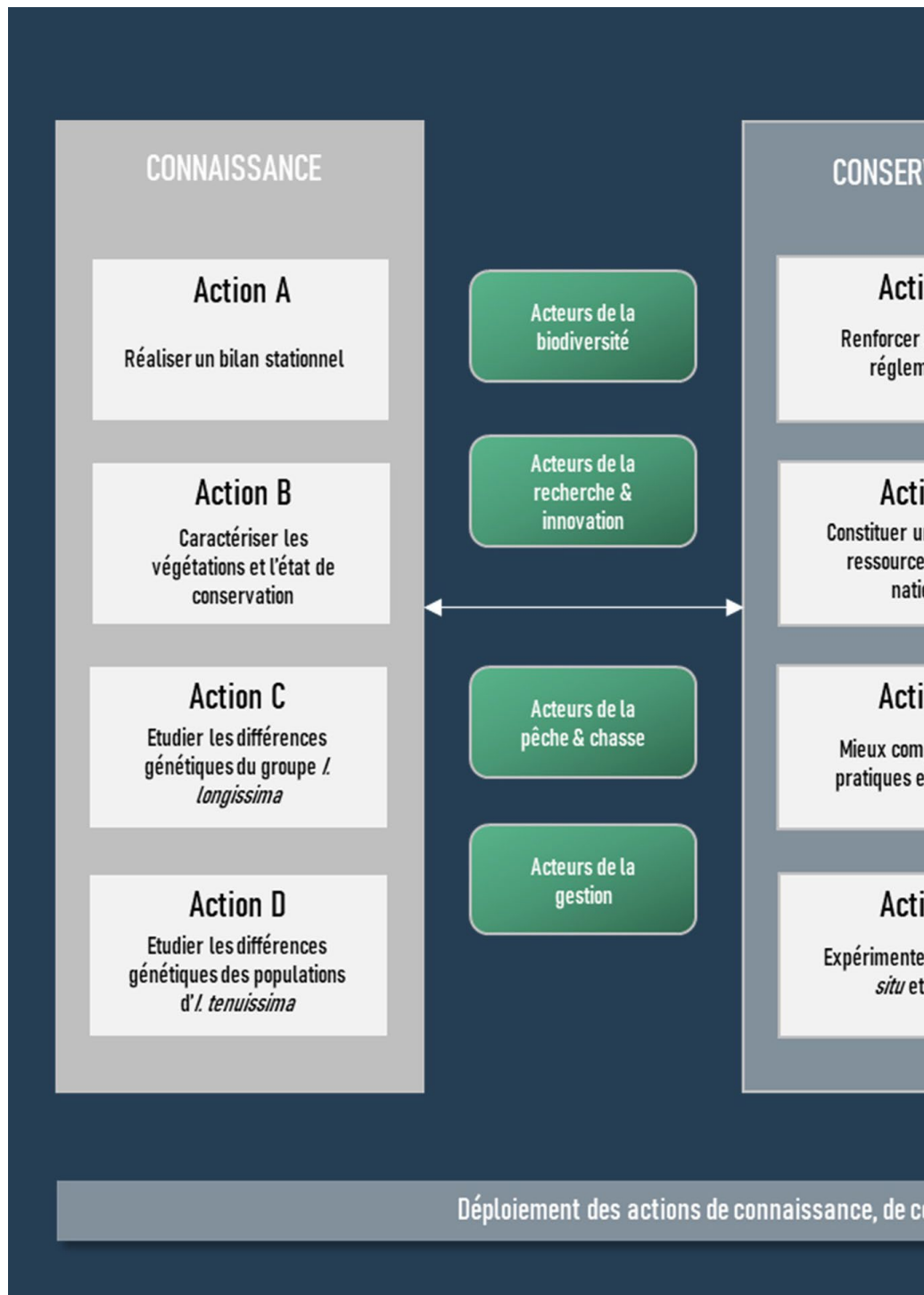
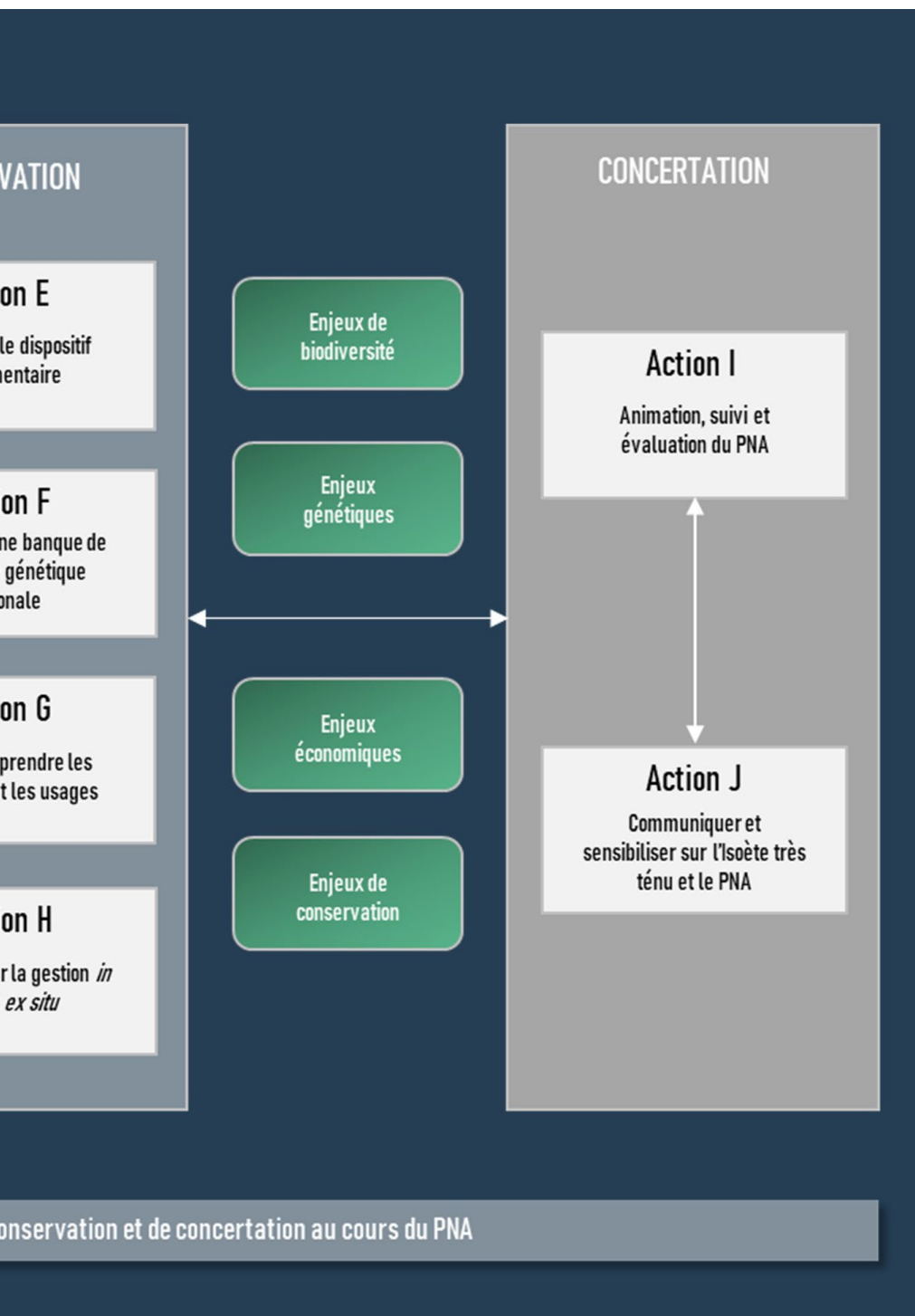


Figure 76 : Synthèse des actions du PNA en faveur de l'Isoète très ténu



PNA, des acteurs et des enjeux associés

Liste des figures

Figure 1 : Les principales missions du CBN du Bassin parisien	10
Figure 2 : Territoire d'agrément du CBN du Bassin parisien	10
Figure 3 : Secteur géographique concerné par le PNA	11
Figure 4 : Répartition des trois espèces du groupe <i>Isoetes longissima</i>	13
Figure 5 : Chronologie des noms attribués aux isoètes de Rischauveron (87)	16
Figure 6 : Chronologie des noms attribués aux isoètes de Brenne	16
Figure 7 : Chronologie des noms attribués aux isoètes de Sologne	17
Figure 8 : Extrait de la flore du Loir-et-Cher – A. Franchet – 1885	18
Figure 9 : Extrait de la flore du Loir-et-Cher – A. Franchet – 1885	19
Figure 10 : Extrait du catalogue des plantes vasculaires des environs de Romorantin – E. Martin - 1894	20
Figure 11 : Extrait de la Flore analytique du Berry – A. Le Grand - 1887	20
Figure 12 : Extrait de la Flore analytique du Berry – A. Le Grand – 1894	21
Figure 13 : Echantillons d' <i>Isoetes velata</i> de l'étang de la Harpe à Loreux (41) – Juillet 1883 – Note explicative des variétés (Source : Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (France) Collection : Plantes vasculaires (P) Spécimen P01266628)	22
Figure 14 : Echantillons provenant de l'étang de Saint-Léomer (86) – Récolteur : Abbé F. Hy – Août 1893 (Source : Recolnat)	23
Figure 15 : Echantillons d' <i>Isoetes tenuissima</i> de l'étang de Saint-Léomer (86) – Récolteur : A. Le Grand – Août 1894 (Source : Recolnat)	24
Figure 16 : Echantillons d' <i>Isoetes tenuissima</i> de l'étang Barrière à Ciron (36) – Récolteur : A. Le Grand – Août 1894 (Source : Recolnat)	25
Figure 17 : Echantillons d' <i>Isoetes viollaei</i> du Grand Étang du Rischauveron (87) – Récolteur : A. Le Grand – Août 1894 (Source : Recolnat)	26
Figure 18 : Morphologie générale d'un Isoète (Source : Danton & Baffray, 1995)	27
Figure 19 : Vue rapprochée de la base des lycophylles d'Isoète très ténu (Jordane Cordier MNHN/CBNBP)	27
Figure 20 : Isoète très ténu (<i>Isoetes tenuissima</i>) en forme exondée – Julien Mondion (MNHN/CBNBP) – Brenne - 2019	28
Figure 21 : Cycle de reproduction des isoètes (Source : in Stern, 1985)	29
Figure 22 : Exemple d'ornementation de mégaspore : <i>Isoetes longissima</i> d'Algérie (source : MNHN)	31
Figure 23 : Synthèse des statuts Listes rouges	33
Figure 24 : Méthodologie de hiérarchisation des espèces à priorité de conservation (Savouré-Soubellet & Meyer, 2018)	34
Figure 25 : Répartition des priorités de conservation de la flore en Centre-Val de Loire	34
Figure 26 : Répartition (mailles 5km*5km) des espèces « à fort enjeu de conservation » en Centre-Val de Loire (Mondion, 2022)	35
Figure 27 : Berge exondée d'une mare à Isoète très ténu (Julien Mondion MNHN/CBNBP - RNN de Chérine – mai 2019)	38
Figure 28 : Mare temporaire exondée à Isoète très ténu à la queue de l'Étang de Bellebouche (36) (Thierry Fernez MNHN/CBNBP– Relevé 15 - mai 2022)	40
Figure 29 : Aperçu de la mare à Isoète très ténu à la queue de l'Étang de Bellebouche (36) en phase inondée – station identique de la Figure 28 (Thierry Fernez MNHN/CBNBP – mai 2024)	41

Figure 30 : Classification phytosociologique des végétations avérées et potentielles de l'Isoète très ténu	42
Figure 31 : Répartition de l'habitat UE 3110 selon le rapportage 2019 - Source des données : INPN/SINP, 2019 © PatriNat (OFB-MNHN)	43
Figure 32 : Répartition du Scirpe à tiges nombreuses (<i>Eleocharis multicaulis</i>) en France métropolitaine (données des CBN après 2000) - Source OpenObs INPN	44
Figure 33 : Répartition de la Baldellie rampante (<i>Baldellia repens</i>) en France métropolitaine (données des CBN après 2000) - Source OpenObs INPN	44
Figure 34 : Nombre d'observations par période de l'année en Centre-Val de Loire (source : © Lobelia)	45
Figure 35 : J.M. Géhu et N. Frileux à la recherche des Isoetes dans l'étang du Petit Riau pendant la session (très chaude) d'août 1969. Photo de J.R. Wattez	46
Figure 36 : Forme terrestre de l'Isoète très ténu sur une berge exondée (Julien Mondion MNHN/CBNBP - RNN de Chérine – juin 2019)	46
Figure 37 : Individu d'Isoète très ténu sur une berge en cours d'exondation (Julien Mondion MNHN/CBNBP – juin 2025)	47
Figure 38 : Individu d'Isoète très ténu sur une berge récemment exondée (Julien Mondion MNHN/CBNBP – juin 2025)	47
Figure 39 : Impact de la lumière sur la production de biomasse et de spores chez <i>Isoetes delilei</i> (Rhazi in Grillas et al., 2004)	48
Figure 40 : Répartition du genre <i>Isoetes</i> dans le monde (source : GBIF)	50
Figure 41 : Diversité du genre <i>Isoetes</i> dans le monde (source : Troia et al., 2016)	50
Figure 42 : Répartition du genre <i>Isoetes</i> en France métropolitaine (source : OpenObs / INPN)	51
Figure 43 : Répartition générale par maille 5km*5km de l'Isoète très ténu (source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024)	52
Figure 44 : Communes de présence ancienne et actuelle de l'Isoète très ténu dans le Loir-et-Cher (41) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	53
Figure 45 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) en Loir-et-Cher (41) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	53
Figure 46 : Etang de la Chaise à Marcilly-en-Gault (41) – Source IGN/Géoportail	56
Figure 47 : Extrait de la base de données © Lobelia à Marcilly-en-Gault (41) – En jaune : polygones d'inventaire	56
Figure 48 : Planche d'herbier d'Isoète très ténu à l'Etang de la Chaise à Marcilly-en-Gault (41) – Herbier E. Drake (Source : Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (France) Collection : Plantes vasculaires (P) Spécimen P00214813)	57
Figure 49 : Communes de présence ancienne et actuelle de l'Isoète très ténu dans l'Indre (36) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	58
Figure 50 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans l'Indre (36) - source : © Lobelia, SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	59
Figure 51 : Exemple de berge sableuse à Littorelle favorable à l'Isoète très ténu en Brenne - (Julien Mondion MNHN/CBNBP - novembre 2021)	64
Figure 52 : Exemple de berge exondée favorable à l'Isoète très ténu en Brenne - (Julien Mondion MNHN/CBNBP - novembre 2021)	64

Figure 53 : Communes de présence ancienne et actuelle de l'Isoète très ténu dans la Vienne (86) - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	65
Figure 54 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans la Vienne (86) - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	66
Figure 55 : Individu immergé d'Isoètes très ténu - © Yann SELLIER (Vienne, mai 2012)	68
Figure 56 : Communes de présence ancienne et contemporaine de l'Isoète très ténu dans la Haute-Vienne (87) - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	69
Figure 57 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans la Haute-Vienne (87) - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	69
Figure 58 : Communes de présence ancienne et actuelle de l'Isoète très ténu dans la Creuse (23) - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	72
Figure 59 : Evolution de la connaissance (nombre de citations) dans la Creuse (23) - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	73
Figure 60 : Individu d'Isoète très ténu sur une grève exondée de l'étang des Landes (Lussat, Creuse) - © K. Guerbaa, 19 mai 2014	76
Figure 61 : Mégaspores d'Isoète très ténu de l'étang des Landes (Lussat, Creuse) - © M. Mady, 2015	76
Figure 62 : Individu d'Isoète très ténu au sein d'un gazon amphibie vivace atlantique à l'étang des Landes (Lussat, Creuse) - © M. Mady, 10 juillet 2015	77
Figure 63 : Individu d'Isoète très ténu immergé à l'étang Pinaud (Creuse) - © M. Mady, 31 août 2016	77
Figure 64 : Modernité des citations d' <i>Isoetes tenuissima</i> par département & tendance évolutive - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	78
Figure 65 : <i>Isoetes boryana</i> en espace de culture (sous néon) au CBNSA (© CBNSA A. Deveaud)	81
Figure 66 : Développement d'une plantule d' <i>Isoetes boryana</i> après fécondation en boîte de pétri (© CBNSA S. Lorient)	81
Figure 67 : Aperçu de la station avant décapage sur la RNN de l'Etang des Landes (K. Guerbaa – novembre 2021)	83
Figure 68 : Aperçu de la station après décapage sur la RNN de l'Etang des Landes (K. Guerbaa – novembre 2021)	83
Figure 69 : Périmètres des zonages dans le Loir-et-Cher (Sologne)	87
Figure 70 : Périmètres des zonages dans l'Indre (Brenne)	88
Figure 71 : Périmètres des zonages dans la Vienne	89
Figure 72 : Périmètres des zonages dans la Creuse	90
Figure 73 : Répartition des différents niveaux de ploïdie dans le genre <i>Isoetes</i> (Troia <i>et al.</i> , 2016)	103
Figure 74 : Schéma des conditions et des paramètres à étudier dans le cadre d'actions de conservation <i>ex situ</i>	113
Figure 75 : Isoète très ténu (<i>Isoetes tenuissima</i>) - Forme exondée en Brenne – septembre 2017) © F. Perriat	120
Figure 76 : Synthèse des actions du PNA, des acteurs et des enjeux associés	124

Liste des tableaux

Tableau 1 : Auteurs de relevés phytosociologiques	36
Tableau 2 : Classement des relevés phytosociologiques modernes à Isoète très ténu	39
Tableau 3 : Rattachements des végétations probables de l'Isoète très ténu	43
Tableau 4 : Détail des citations d'Isoète très ténu dans le Loir-et-Cher (41) hors parts d'herbier - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	54
Tableau 5 : Synthèse des citations d'Isoète très ténu à l'échelle des communes dans le Loir-et-Cher (41) hors parts d'herbier - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	58
Tableau 6 : Détail des citations d'Isoète très ténu dans l'Indre (36) hors parts d'herbier - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	59
Tableau 7 : Synthèse des citations d'Isoète très ténu à l'échelle des communes dans l'Indre (36) hors parts d'herbier - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	65
Tableau 8 : Détail des citations d'Isoète très ténu dans la Vienne (86) hors parts d'herbier - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	66
Tableau 9 : Synthèse des citations d'Isoète très ténu à l'échelle des communes dans la Vienne (86) hors parts d'herbier - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	68
Tableau 10 : Détail des citations d'Isoète très ténu en Haute-Vienne (87) hors parts d'herbier - sources : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024 et Boudrie et al., 2016	70
Tableau 11 : Synthèse des citations d'Isoète très ténu à l'échelle des communes dans la Haute-Vienne (87) hors parts d'herbier - sources : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024 et Boudrie et al., 2016	72
Tableau 12 : Détail des citations d'Isoète très ténu dans la Creuse (23) hors parts d'herbier - sources : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024 et Boudrie et al., 2016	73
Tableau 13 : Synthèses des citations d'Isoète très ténu à l'échelle des communes dans la Creuse (23) hors parts d'herbier - source : © <i>Lobelia</i> , SI des CBNBP, CBNMC, CBNPMP, CBNSA – 2024	75
Tableau 14 : Sites Natura 2000 avec des stations d'Isoète très ténu	84
Tableau 15 : Réserves naturelles nationales avec des stations d'Isoète très ténu	84
Tableau 16 : ZNIEFF avec des stations d'Isoète très ténu	85
Tableau 17 : Sites gérés avec des stations d'Isoète très ténu	85
Tableau 18 : Sites en Espaces naturels sensibles (ENS)	86
Tableau 19 : Récapitulatif des actions du PNA par thématique	93
Tableau 20 : Calendrier prévisionnel de la déclinaison des actions du PNA	123

Bibliographie

- ✍ Allorge P. & Gaume R. 1931 Esquisse phytogéographique de la Sologne. *Bull. Soc. Bot. Fr.*, CR session extr., 72 (1925) : 5-59.
- ✍ Bardat J., Bioret F., Botineau M., Boulet V., Delpech R., Géhu J.-M., Haury J., Lacoste A., Rameau J.-C., Royer J.-M., Roux G. & Touffet J., 2004. *Prodrome des végétations de France*. Coll. Patrimoines naturels, 61. Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 171 p.
- ✍ Barneix M. et Gigot G., 2013. Listes rouges des espèces menacées et enjeux de conservation: Etude prospective pour la valorisation des Listes rouges régionales – Propositions méthodologiques. SPN-MNHN, Paris. 63 p.
- ✍ Basílio Zandonadi Daniel., Rodrigo Lemes Martins, Luis Alfredo dos Santos Prado, Heitor Monteiro Duarte, Mirella Pupo Santos, Emiliano Calderon, Ana Carolina Almeida Fernandes, Quézia Souza Santos, Filipe Junior Gonçalves Nunes, Luis Carlos Felisberto Ribeiro, Taís Nogueira Fernandes, Alexandre Castilho, and Francisco de Assis Esteves., *Ex situ cultivation of Isoetes cangae and Isoetes serracarajensis (Isoetaceae) two endemic species from Brazilian Amazon*. <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/861351v1>
- ✍ Boudrie M. Mady M. et Chabrol L., 2016 – Etat des lieux des espèces du genre *Isoètes* en Limousin (*Isoëtaceae, Lycophyta*) – *Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest* 46, 62-70
- ✍ Boudrie M. & Mady M., 2021a - Contributions à la flore ptéridologique - année 2020, Département de la Creuse (23). *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest*, n.s., 52 : 51.
- ✍ Boudrie M. & Mady M., 2021b - Contributions à la flore ptéridologique - année 2020, Département de la Haute-Vienne (87). *Bull. Soc. bot. Centre-Ouest*, n.s., 52 : 56.
- ✍ Boudrie M., Rouhan G., Malécot V. & Troia A., 2024 - On the typification of three *Isoetes* names (*Isoetaceae, Lycopodiopsida*) described from France. *Phytotaxa* 641 (4) : 286-294.
- ✍ Brunton D.F. & Troia A., 2018 - Global review of recent taxonomic research into *Isoetes* (*Isoetaceae*), with implications for biogeography and conservation. *Fern Gaz.* 20 (8) : 309-335.
- ✍ Chabrol L. et Mady M., 2012 – État des lieux des *Isoetes* en Limousin. Chavaniac-Lafayette : Conservatoire botanique national du Massif central, Limoges : DREAL Limousin, 58 p.
- ✍ 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*, n.s., 44 : 353-354.
- ✍ Coghlan.S.-A, 2018. Using eDNA metabarcoding to assess biodiversity of aquatic plant communities - A Thesis Submitted to the Committee on Graduate Studies in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science in the Faculty of Arts and Science. Peterborough, Ontario, Canada. 132 p.
- ✍ Collectif, 1896 - *Nouvelle classification des Isoètes amphibies*. Mémoire de la Société historique, littéraire et scientifique du Cher, 4e série, 11e volume, 312 p.
- ✍ Cordier J., Dupré R., Bellenfant S. et Gautier S. – 2021. *Atlas de la flore du Centre-Val de Loire*. Editions Biotope, Mèze, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris (collection Inventaires & biodiversité), 784 p.
- ✍ Coste H. (Abbé), 1937 – *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes*. 2nde édition. Paris : Librairie des Sciences et des Arts., 3 tomes.
- ✍ Čvrtlíková M., Znachor P., & Vrba J. (2014) : *The effect of temperature on the phenology of germination of Isoetes lacustris*. - *Preslia* 86 : 141-153.
- ✍ Čvrtlíková M., Znachor P., Nedoma J. & Vrba J. (2012) : *Effects of temperature on the phenology of germination of Isoetes echinospora*. – *Preslia* 84 : 279-292.
- ✍ Danton P - Baffray M., 1995, *Inventaire des plantes protégées en France*, Nathan, 292 p.
- ✍ Fernez T., Bellenfant S., Causse G., Ferreira L. & Mollereau A., 2023. *Session de la Société française de phytosociologie en Brenne du 20 au 23 mai 2022 - 50 ans après, sur les traces de la pre-*

mière session de l'Amicale internationale de phytosociologie. CBN du Bassin parisien – Muséum national d'Histoire naturelle, Société française de phytosociologie, 43 p. + annexes.

✍ 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.

✍ Foucault B. (de)., 2013 - *Contribution au prodrome des végétations de France : les Isoëtetea velatae de Foucault 1988 et les Juncetea bufonii de Foucault 1988 (« Isoëto – Nanojuncetea bufonii »)* (Partie 1). J. Bot. Soc. Bot. France 62 : 35-70.

✍ Foucault B. (de)., 2013 - *Contribution au prodrome des végétations de France : les Isoëtetea velatae de Foucault 1988 et les Juncetea bufonii de Foucault 1988 (« Isoëto – Nanojuncetea bufonii »)* (Partie 2). J. Bot. Soc. Bot. France 63 : 63-109.

✍ Franchet A. 1884. – Séance du 14 novembre 1884. *Observations sur quelques plantes de France*. Bulletin de la Société Botanique de France 31 : 346-353.

✍ Franchet A. 1885. - *Flore de Loir-et-Cher comprenant la description, les tableaux synoptiques et la distribution géographique des plantes vasculaires qui croissent spontanément ou qui sont généralement cultivées dans Le Perche, La Beauce et La Sologne, avec un vocabulaire des termes de botanique*. E. Contant, Libraire-Éditeur, Blois. 792 p.

✍ Gaudillat V., Olivier Argagnon, Romain Bissot, Christophe Blondel, Gaël Causse, et al. "Cahiers d'habitats" Natura 2000. *Actualisation des interprétations des habitats d'intérêt communautaire*. Fascicule 3 - Habitats des eaux douces. Fiches génériques version 2 (UE 3110 à UE 3290). PatriNat (OFB-MNHN), réseau des Conservatoires botaniques nationaux, ministère de la Transition écologique et de la Cohésion des territoires. 3, pp.180, 2023.

✍ Géhu J.M., 2006 - *Dictionnaire de sociologie et synécologie végétales* ; Fédération Internationale de Phytosociologie ; Association amicale francophone de phytosociologie

✍ Nouviou-en-Ponthieu : Inter-Phyto ; Berlin : J. Cramer ; 899 p.

✍ Géhu J.M. & Foucault B. (de) (avec la coll. de Duvigneaud J., Julve P., Provost M. & Wattez J.R.) 1988 - *La végétation aquatique et amphibie des étangs de la Brenne. Originalité, problèmes de gestion et de conservation*. Coll. Phyto. "Phytosociologie et conservation de la nature", XV : 635-666.

✍ Grillas P., P. Gauthier, N. Yavercovski & C. Perennou., 2004 - *Les mares temporaires méditerranéennes*. Station biologique de la Tour du Valat. Vol 1. 122p.

✍ Hoot, Sara B., et al. *Phylogeny and Biogeography of Isoëtes (Isoëtaceae) Based on Nuclear and Chloroplast DNA Sequence Data*. Systematic Botany, vol. 31, no. 3, 2006, pp. 449–60.

✍ Hy, F. (Abbé), 1894 - *Sur les Isoetes amphibies de la France Centrale*. Journal de Botanique, tome 8, pp. 92-97.

✍ Lacoëuilhe A., Hérard K., Poncet L., Touroult J. *Intérêts et enjeux de l'utilisation de l'ADN environnemental pour l'inventaire, le suivi et la surveillance de la biodiversité des milieux dulci-coles, marins et terrestres*. PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD). 2024, 52 p.

✍ Lafon P., Argagnon O., Belaud A., Catteau E., Causse G., Corriol G., Culat A., Delassus L., Dumoulin J., Gaudillat V., Goret M., Mangeat M., Millet J., Noble V., Paulin D. & Soucanye de Landevoisin C-A. *Catalogue de la végétation de France métropolitaine (CatVeg)*. Harmonisation jusqu'au rang de la sous-alliance et répartition départementale. Bull. Soc. Bot. N. Fr. n° spécial, 2024, 372 p.

✍ Larsén Eva., *Phylogeny and macroevolution in Isoetes (Isoetales)*., Academic dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy in Plant Systematics at Stockholm University to be publicly defended on Friday 2 February 2024 at 09.30 in Vivi Täckholmsalen (Q-salen), Doctoral Thesis in Plant Systematics at Stockholm University, Department of Ecology, Environment and Plant Sciences Sweden 2024., 46p.

✍ Le Grand A. 1887. - *Flore analytique du Berry : contenant toutes les plantes vasculaires spontanées ou cultivées en grand dans les départements de l'Indre & du Cher*. Soumard-Berneau, Bourges. 346 p.

- ✍ Le Grand A. 1894. - *Flore analytique du Berry contenant toutes les plantes vasculaires des départements de l'Indre et du Cher*. 2e éd. Léon RENAUD, Bourges. 430 p.
- ✍ Le Grand A. 1896. - *Notes sur les isoètes du centre de la France, la classification de la section des amphibies et sur les herborisations de 1895 en Berry*. Mémoires de la Société historique, littéraire artistique et scientifique du Cher. 4e Série, 11 : 303-319.
- ✍ Lorient S., 2021 – *Plan National d'Actions en faveur des végétations de bords d'étangs arrière-littoraux des Landes et Gironde (2021-2030)*. Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement Nouvelle-Aquitaine, Conservatoire Botanique National Sud-Atlantique. 168 pages + annexes.
- ✍ Mady M., 2021 - *Quelques découvertes ou redécouvertes floristiques et phytosociologiques remarquables pour le département de la Creuse depuis 2016* - Mémoires de la Société des sciences naturelles, archéologiques et historiques de la Creuse, t. 66, 2020/2021
- ✍ Martin E. 1875 – *Catalogue des plantes vasculaires et spontanées des environs de Romorantin*. Joubert, Romorantin. 374 p.
- ✍ Martin E., 1894. – *Catalogue des plantes vasculaires et spontanées des environs de Romorantin*. 2^{ème} édition. Staudachar et Cie, Romorantin. 533 p.
- ✍ Ministère de l'Environnement. Arrêté ministériel du 20 janvier 1982 (J.O. du 13 mai 1982), modifié par l'arrêté du 31 août 1995 (J.O. du 15 octobre 1995) et par l'arrêté du 23 mai 2013 (J.O. du 7 juin 2013), fixant la liste des espèces végétales protégées sur l'ensemble du territoire national.
- ✍ Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer. Note du 9 mai 2017 relative à la mise en oeuvre des plans nationaux d'actions prévus à l'article L.411-3 du code de l'environnement. NOR : DEVL1710847N, BO n°9 du 25 mai 2017, 22 p.
- ✍ Mistarz M. & Latour M., 2019. *État de conservation des habitats des eaux dormantes d'intérêt communautaire. Méthodes d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000*. Cahiers d'évaluation. UMS PatriNat – AFB/CNRS/MNHN. 252p.
- ✍ Mondion J., 2022, *Stratégie de conservation de la flore du Centre-Val de Loire : hiérarchisation des espèces à priorité de conservation*, Conservatoire botanique national du Bassin parisien/ Muséum national d'Histoire naturelle, 51p.
- ✍ Myung Jin Oh, Changkyun Kim, Hye Ryun Na, Hyunchur Shin, Jang R. Liu, Hong-Keun Choi, Suk Weon Kim., *High Frequency Sporophytes Regeneration from the Spore Culture of the Endangered Aquatic Fern Isoetes coreana*. American Journal of Plant Sciences, 2013, 4, 14-20.
- ✍ Nature Centre, Conservatoire botanique national du Bassin parisien, 2014. *Livre rouge des habitats naturels et des espèces menacées de la région Centre*. Nature Centre Ed. Orléans. 504 p.
- ✍ Otto-Bruc C., 2001, *Végétation aquatique et amphibie des étangs de la Brenne (Indre). Influence des pratiques piscicoles à l'échelle des communautés végétales et d'une espèce : Caldesia parnassifolia (L.) Parl.*, Thèse Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, 432 p.
- ✍ Pinet, F., 2005, *Guide photographique de la flore remarquable du Parc naturel régional de la Brenne*, 399 p.
- ✍ Plat P., 1987 – *Contributions à l'inventaire de la flore. Département de la Haute-Vienne*. Bull. Soc. Bot. Centre-Ouest, NS, 18 : 115-116.
- ✍ Poitou-Charentes Nature ; Terrisse, J (coord. Ed) (2012) – *Guide des habitats naturels du Poitou-Charentes*. Poitou-Charentes Nature, Fontaine-le-Comte. 476 p.
- ✍ Prelli R., 2001 – *Les fougères et plantes alliées de France et d'Europe occidentale*. Paris : Belin, 432 p.
- ✍ Prelli R. & Boudrie M., 2021 - *Les fougères et plantes alliées d'Europe*. Editions Biotope, Mèze, 528 p.
- ✍ Pujol D., Bellenfant S., Beslin O, Paradis A.-H., Causse G. & Olivereau F., 2023 - *Guide des vé-*

- gétations de la région Centre-Val de Loire*. Version 2023. Conservatoire botanique national du Bassin parisien/Muséum national d'Histoire naturelle, 367 p.
- ✍ Savouré-Soubelet A. & Meyer S. 2018. *Liste hiérarchisée d'espèces pour la conservation en France*. Espèces prioritaires pour l'action publique. V2. Mise à jour 2017. UMS 2006 PatriNat. 21 p.
- ✍ Rallet L., 1935 - *Étude phytogéographique de la Brenne*. Thèse, Sc. Nat., Univ. Poitiers. 281 p. + Bull. Soc. sci. nat. Ouest Fr., 5^{ème} Série, 5 : 1-280 + 11 pl. + 2 cartes
- ✍ Rallet L., Rouet J.-M. & Dubois Th., 1969 - Itinéraires et documents floristiques et phytogéographiques. 97^{ème} session extraordinaire de la Société botanique de France en Brenne et Limousin. *Bull. Soc. bot. France* 116 : 109-126.
- ✍ Raven P. H., Johnson G. B., Mason K. A., Losos J. B. & Susan S. S. 2011. – Biologie. De Boeck, Bruxelles, 1406 p.
- ✍ Rhazi M., Grillas P., Charpentier A., Médail F., *Experimental management of Mediterranean temporary pools for conservation of the rare quillwort Isoetes setacea*, *Biological Conservation*, Volume 118, Issue 5, 2004, Pages 675-684.
- ✍ Rouhan, G. & Christenhusz, M. 2017. *Isoetes tenuissima*. The IUCN Red List of Threatened Species 2017 : e.T98140004A98140117.
- ✍ Savouré-Soubelet A. & Meyer S. 2018. *Liste hiérarchisée d'espèces pour la conservation en France*. Espèces prioritaires pour l'action publique. V2. Mise à jour 2017. UMS 2006 PatriNat. 21 p.
- ✍ TAXREF [Eds] 2024. TAXREF v17.0, référentiel taxonomique pour la France. PatriNat (OFBCNRS-MNHN-IRD), Muséum national d'Histoire naturelle, Paris.
- ✍ Tison J.-M. & Foucault (de) B. 2014. - *Flora gallica, Flore de France*. Société botanique de France. Biotope Editions. 1 195 p.
- ✍ Tison J.-M., Jauzein P. & Michaud H. 2014. - Flore de la France méditerranéenne continentale. Conservatoire botanique national méditerranéen de Porquerolles. Naturalia Publications. 2 078 p.
- ✍ Troia A., 2016 - *Dispersal and colonization in heterosporous lycophytes: palynological and biogeographical notes on the genus Isoetes in the Mediterranean region*, *Webbia*, 71:2, 277- 281.
- ✍ Troia A., Pereira J.B., Changkyun K., Taylor W.C., 2016 - The genus *Isoetes* (Isoetaceae) : a provisional checklist of the accepted and unresolved taxa. *Phytotaxa* 277 (2).
- ✍ Troia, A. & Rouhan, G. 2018. *Clarifying the nomenclature of some EuroMediterranean - 132 - quillworts (Isoetes, Isoetaceae) : Indicator species and species of conservation concern*. *Taxon*.
- ✍ UICN France, FCBN, AFB et MNHN, 2018 - La Liste rouge des espèces menacées en France. Flore vasculaire de France métropolitaine. Paris : UICN, 31 p.
- ✍ IUCN. 2017. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2017-2. Available at : www.iucnredlist.org.
- ✍ UMS Patrinat, 2019 - *Résultats synthétiques de l'état de conservation des habitats et des espèces, période 2013-2018*. Rapportage article 17 envoyé à la Commission européenne, avril 2019.
- ✍ Vöge Margrit., The reproductive phenology of *Isoetes lacustris* L. : Results of field studies in Scandinavian lakes., *Limnologica* 36 (2006) 228–233



Isoetes tenuissima Boreau.

1690x, étang de la Harpe.
(voir es chat).

3^e Juillet 1870. A. Vandyck

Édition 2026

Avec le concours et les contributions des membres du comité de relecture du PNA :

Philippe Bardin (CBN du Bassin parisien), Michel Boudrie (spécialiste des ptéridophytes de France, d'Europe et des Guyanes), Émilie Chammard (CBN du Massif central), Frédéric Fy (CBN Sud-Atlantique), Sandrine Lorient (CBN Sud-Atlantique) et Mickaël Mady (OFB Nouvelle-Aquitaine).

Relecture : Sarah Ciré (CBN du Bassin parisien), Jordane Cordier (CBN du Bassin parisien), Ségolène Faust (DREAL Centre-Val de Loire), Thierry Fernez (CBN du Bassin parisien), Damien Pujol (CBN du Bassin parisien) et Nicolas Roboüam (CBN du Bassin parisien).

Remerciements : Sébastien Bur (Réserve Naturelle Nationale de l'Étang des Landes – Conseil départemental de la Creuse), Alain Delage (CBN de Corse), Anaëlle Deveaud (CBN Sud-Atlantique), Patrick Gatignol, Karim Guerbaa (Cen Nouvelle-Aquitaine), Nassima Hernoun (CBN du Bassin parisien), Valérie Lagny (Botaniste indépendante), Valéry Malécot (Institut Agro Rennes-Angers), Henri Michaud (CBN de Porquerolles), Albert Millot (Réserve Naturelle Nationale de Chérine), Francis Olivereau (DREAL Centre-Val de Loire), Fabrice Perriat (CBN des Pyrénées), François Pinet (PNR Brenne), Rémy Poncet (UMS PatriNat), Anne Rodier (Végépolys Innovation), Germinal Rouhan (ISYEB/MNHN), Yann Sellier (Réserve Naturelle Nationale du Pinail), Jean-Marc Tison, Frédéric Vincq (DEB) et toute l'équipe de la délégation Centre-Val de Loire du CBN du Bassin parisien.

Rédaction : Julien Mondion (CBN du Bassin parisien).

Mots-clés : Isoète très ténu, *Isoetes tenuissima*, French Quillwort, protégée, endémique, menace, PNA, Plan national d'actions, gestion, conservation, connaissance, sensibilisation, préservation, taxonomie, génétique.

Date de réalisation : 2024

Crédits photos (si non indiqués en légende) : Julien Mondion MNHN/CBNBP (photo de couverture - Sologne juin 2025), Julien Mondion MNHN/CBNBP (pages 2, 8, 12, 92, 94 & 122) / Michel Boudrie (page 106), Adobe Stock (pictogrammes).

Citation recommandée : Mondion, J. (2024). Plan national d'actions en faveur de l'Isoète très ténu (*Isoetes tenuissima* Boreau, 1850) - 2024-2033. Conservatoire botanique national du Bassin parisien – DREAL Centre-Val de Loire – Ministère de la Transition écologique, de la biodiversité et des négociations internationales sur le climat et la nature : 136 p.

Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature
Direction de l'eau et de la biodiversité
Sous-direction de la protection et de la restauration des écosystèmes terrestres
Tour Séquoia - 92055 La Défense cedex - Tél : 01 40 81 21 22
Conception graphique : Loïc Delag SG/DAF/SET/SETI2.2
Impression : atelier de reprographie SG/DAF/SAS/SETI2.3
www.ecologie.gouv.fr



**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE,
DE LA BIODIVERSITÉ
ET DES NÉGOCIATIONS
INTERNATIONALES
SUR LE CLIMAT ET LA NATURE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*