

Les enjeux de conservation
d'*Eryngium viviparum* J.Gay,
synthèse des connaissances
et nouveaux apports scientifiques

Rasclé P., Gallet S., Bioret F.,
Glemarec E., Guillevic Y. & Magnanon S.

DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : Bruno David,
Président du Muséum national d'Histoire naturelle

RÉDACTEUR EN CHEF / *EDITOR-IN-CHIEF*: Jean-Philippe Siblet

ASSISTANTE DE RÉDACTION / *ASSISTANT EDITOR*: Sarah Figuet (naturae@mnhn.fr)

MISE EN PAGE / *PAGE LAYOUT*: Sarah Figuet

COMITÉ SCIENTIFIQUE / *SCIENTIFIC BOARD*:

Luc Abbadie (UPMC, Paris)
Luc Barbier (Parc naturel régional des caps et marais d'Opale, Colembert)
Aurélien Besnard (CEFE, Montpellier)
Vincent Boulet (Expert indépendant flore/végétation, Frugières-le-Pin)
Hervé Brustel (École d'ingénieurs de Purpan, Toulouse)
Audrey Coreau (AgroParis Tech, Paris)
Bernard Deceuninck (LPO, Rochefort)
Thierry Dutoit (UMR CNRS IMBE, Avignon)
Éric Feunteun (MNHN, Dinard)
Grégoire Gautier (Parc national des Cévennes, Florac)
Olivier Gilg (Réserves naturelles de France, Dijon)
Frédéric Gosselin (Irstea, Nogent sur Vernisson)
Frédéric Hendoux (MNHN, Paris)
Xavier Houard (OPIE, Guyancourt)
Isabelle Leviol (MNHN, Paris)
Francis Meunier (Conservatoire d'espaces naturels – Picardie, Amiens)
Serge Muller (MNHN, Paris)
Francis Olivereau (DREAL Centre, Orléans)
Laurent Poncet (MNHN, Paris)
Nicolas Poulet (ONEMA, Toulouse)
Jean-Philippe Siblet (MNHN, Paris)
Laurent Tillon (ONF, Paris)
Julien Tourout (MNHN, Paris)

Naturae est une revue publiée par les Publications scientifiques du Muséum, Paris
Naturae is a journal published by the Museum Science Press, Paris

Naturae est distribuée en Open Access sur le site web des Publications scientifiques du Muséum:
<http://www.revue-naturae.fr>

Les Publications scientifiques du Muséum publient aussi:
The Museum Science Press also publish:

European Journal of Taxonomy
Revue électronique / *Electronic journal* – <http://www.europeanjournaloftaxonomy.eu>

Adansonia
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 71,09 €; Particuliers / *Individuals*: 35,55 €

Anthropozoologica
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 52,13 €; Particuliers / *Individuals*: 26,07 €

Geodiversitas
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 146,91 €; Particuliers / *Individuals*: 73,46 €

Zoosystema
Abonnement / *Subscription* 2017: Institutions / *Institutions*: 146,91 €; Particuliers / *Individuals*: 73,46 €

Les enjeux de conservation d'*Eryngium viviparum* J.Gay, synthèse des connaissances et nouveaux apports scientifiques

Pauline RASCLE
Sébastien GALLET
Frédéric BIORET

EA Géoarchitecture: Territoires, Urbanisation, Biodiversité, Environnement,
Université de Bretagne occidentale, CS 93837, F-29238 Brest cedex 3 (France)
pauline.rascle@univ-brest.fr
sebastien.gallet@univ-brest.fr
frederic.bioret@univ-brest.fr

Erwan GLEMAREC

Conservatoire botanique national de Brest,
52 allée du Bot, F-29200 Brest (France)
e.glemarec@cbnbrest.com

Yvon GUILLEVIC

ONG Bretagne vivante,
19 route de Gouesnou, boîte postale 62132, F-29221 Brest cedex 2 (France)
yvon.guillevic@wanadoo.fr

Sylvie MAGNANON

Conservatoire botanique national de Brest,
52 allée du Bot, F-29200 Brest (France)
s.magnanon@cbnbrest.com

Publié le 31 mai 2017

Rasclé P., Gallet S., Bioret F., Glemarec E., Guillevic Y. & Magnanon S. 2017. — Les enjeux de conservation d'*Eryngium viviparum* J.Gay, synthèse des connaissances et nouveaux apports scientifiques. *Naturae* 8: 1-9.

RÉSUMÉ

Eryngium viviparum J.Gay (Apiaceae Lindl.) est une espèce pionnière endémique de la région ibéro-armoricaine, qui se développe dans les pelouses oligotrophes inondées temporairement. Cette espèce figure parmi les plantes les plus menacées au niveau national, voire européen, et est classée « en danger » dans de nombreux documents. Suite à la disparition d'une grande partie de ses stations historiques, l'espèce ne subsiste plus, en France, que dans une ultime station, à Belz (Morbihan), où une gestion favorable est réalisée. Par ailleurs, elle est également connue dans quelques localités au nord-ouest de la péninsule Ibérique. En plus d'un grand isolement géographique, la surface d'occupation très réduite (< 1000 m²) du Panicaut vivipare à Belz, renforce la vulnérabilité de l'espèce et rend son état de conservation d'autant plus préoccupant, en dépit des mesures de protection et de gestion de la population mises en place depuis les années 1990. En vue d'améliorer l'état de conservation d'*Eryngium viviparum* en France, un programme de conservation a été mis en place dans le cadre du « plan national d'actions (PNA) en faveur du Panicaut vivipare ». Ce programme nécessite l'apport de travaux scientifiques et la réalisation d'une thèse de doctorat est apparue comme un élément pertinent pour leur mise en œuvre.

MOTS CLÉS
biologie de la
conservation,
programme de
conservation,
plan national d'actions,
Bretagne.

ABSTRACT

Conservation issues for Eryngium viviparum J. Gay, synthesis of knowledge and new scientific contributions. *Eryngium viviparum* J. Gay (Apiaceae Lindl.) is an endemic pioneer plant from the Atlantic region of Europe, growing in seasonally flooded open grasslands. Although it is one of the most threatened plants and “endangered” at national and European level. After the loss of a large part of its historic stations, *Eryngium viviparum* survives only in a few localities in the NW of the Iberian Peninsula and in one single known subpopulation in France (In Belz, Morbihan, Brittany). The strong geographical isolation and the very small size (<1000 m²) of the French station increase the vulnerability of the species and make its conservation status concern. In order to improve the conservation status of *Eryngium viviparum* in France, a conservation program including a Ph D. thesis is implemented as part of a National Action Plan. Through a multidisciplinary approach, the thesis aims to improve the biological and ecological knowledge of the species, including demography, modalities of reproduction and dispersal, as well as the characterization of the French and Iberian populations genetic structure. The aim of this thesis is to understand the functioning of *Eryngium viviparum* populations, in order to establish a sustainable conservation management of the species in France. The data collected during this study will also allow to test measures to strengthen the current French population and, eventually, restoration and reintroduction on extinct sites.

KEY WORDS

conservation biology,
wetland,
conservation program,
Brittany.

INTRODUCTION

Alors que nous traversons actuellement une importante crise d’extinction d’espèces (Teyssède 2004), provoquée en majeure partie par la disparition des habitats naturels suite aux pressions d’origine anthropique, plusieurs outils juridiques et scientifiques ont progressivement été mis en place afin d’enrayer la perte de biodiversité. C’est le cas notamment des plans nationaux d’actions mis en œuvre, en France, depuis 1996. Ces documents visent à définir les actions nécessaires sur cinq ans, pour maintenir et/ou rétablir un état de conservation favorable aux espèces menacées (MEDDE 2012). De nombreux plans d’actions ont ainsi été rédigés en faveur d’espèces « modèles » au statut de conservation très préoccupant, comme c’est le cas pour *Eryngium viviparum* J. Gay. Le « plan national d’actions en faveur du Panicaut vivipare » (Magnanon *et al.* 2013) a été proposé et validé en 2012 par le ministère de l’écologie et le Conseil national de protection de la nature (Glemarec 2014). Il propose différentes actions, déclinées sous forme de « fiches actions », dont la finalité est de sensibiliser, d’améliorer les connaissances sur l’espèce, et de la faire bénéficier d’une conservation durable sur le long terme (Magnanon *et al.* 2013).

Eryngium viviparum est une espèce végétale pionnière et subendémique ibéro-armoricaine (Fig. 1). Ce petit hémicryptophyte (voir Annexe 1) vivace (Fig. 2) se développe au niveau de pelouses et prairies oligotrophes inondées temporairement (Jovet 1939). Il est actuellement réparti de manière disjointe et fragmentée dans le nord-ouest de la péninsule Ibérique et le nord-ouest de la France (Romero *et al.* 2004; Rivière 2007). Il n’existe d’ailleurs plus qu’une seule localité où l’espèce se maintient, en France, dans le Morbihan (Magnanon *et al.* 2013).

Il y a une cinquantaine d’années encore, *Eryngium viviparum* pouvait être observé sur une trentaine de sites dans le Morbihan (Rivière 2007). La rapide et importante régression de l’espèce

en France et son éloignement vis-à-vis des autres populations européennes (Magnanon *et al.* 2013) sont autant de menaces qui positionnent l’espèce comme « en danger » aux niveaux national et européen (Bilz *et al.* 2011; UICN FRANCE *et al.* 2012). Ces éléments font d’*Eryngium viviparum* une véritable curiosité, étant d’ailleurs devenu le sujet de nombreux articles en revues spécialisées (La Garance voyageuse, Glemarec *et al.* 2015) et presse locale (Le Télégramme, Ouest-France). L’espèce a également fait l’objet de reportages lors d’émissions de radios locales (RCF) et de journaux télévisés locaux (France 3), voire nationaux (France 5). La mise en place d’un plan national d’actions (PNA), coordonné techniquement par le Conservatoire botanique national de Brest (CBNB), constitue un atout essentiel pour améliorer l’état de conservation de cette espèce emblématique bretonne. Ce document est le résultat de nombreux efforts réalisés durant plus de vingt ans pour la sauvegarde de l’espèce et qui ont abouti à un important travail collaboratif et concerté entre acteurs locaux, régionaux et partenaires scientifiques. Dès 1970, la forte diminution des populations d’*Eryngium viviparum* inquiète les botanistes amateurs (Rivière 2007). Suite à ce constat, plusieurs actions ont été mises en place. Parmi elles, citons la création d’une collection *ex situ* au CBNB (Fig. 3), ainsi que l’établissement d’une protection légale (Arrêté préfectoral de protection biotope en 1988) et d’une gestion, réalisée depuis 1991 sous l’impulsion de l’association Bretagne Vivante, sur le site abritant la dernière population (Rebibo 1998; Magnanon *et al.* 2013). Des étrépages (voir Annexe 1) manuels réalisés par bandes, chaque année entre 1999 et 2010, ont tout d’abord été opérés dans le cadre de la gestion spécifique à *Eryngium viviparum* conduite par Bretagne Vivante. D’autres travaux, tels que des décapages mécanisés et des tontes avec exportation ont été engagés. Plus récemment une gestion par pâturage a été mise en place (Fig. 4). Sans ces opérations, qui permettent de limiter la concurrence végétale, la population actuelle n’existerait probablement plus (Magnanon *et al.* 2013).

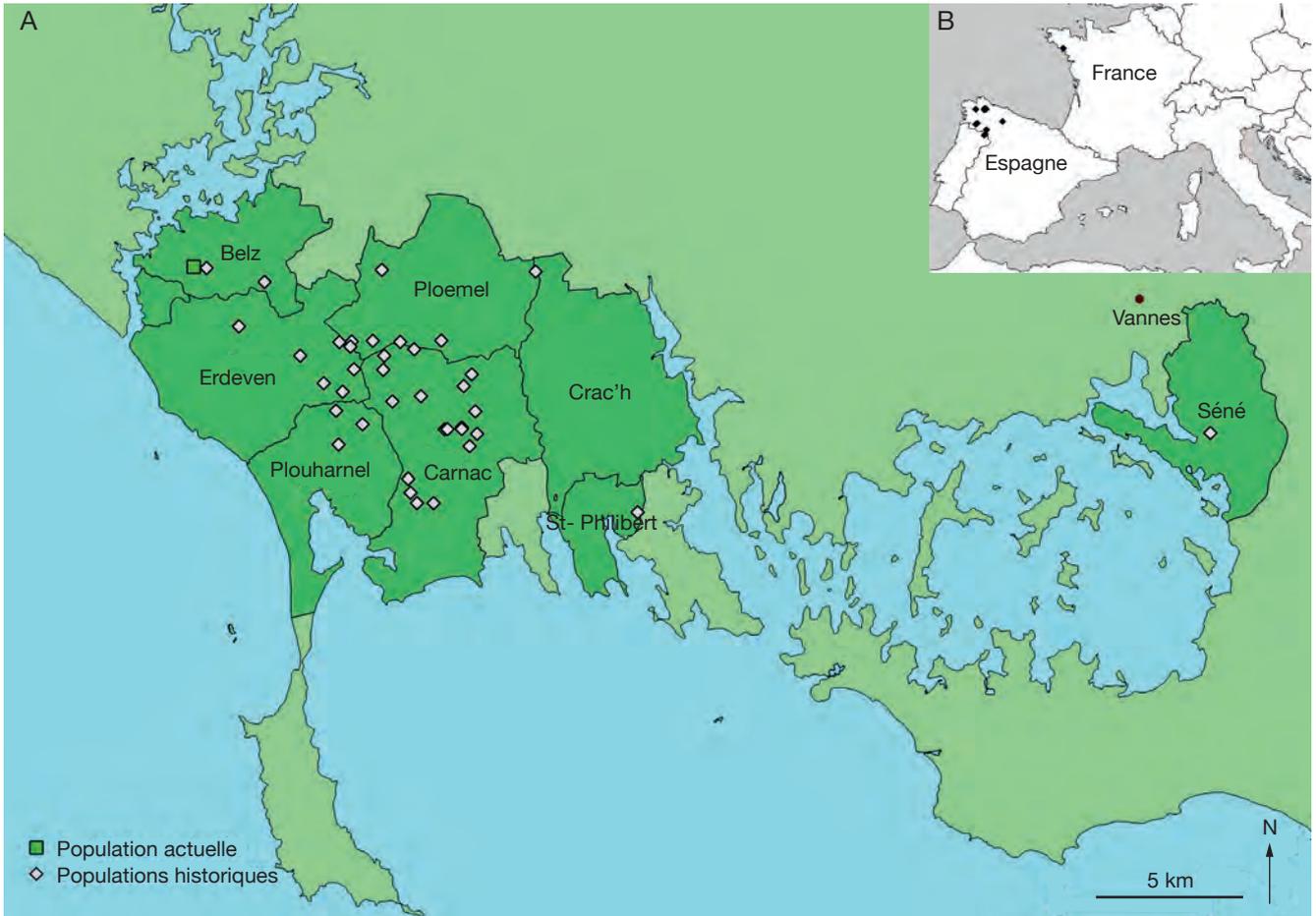


FIG. 1. — A, localisation de la dernière population et des populations historiques d'*Eryngium viviparum* en France, dans le Morbihan (Magnanon *et al.* 2013); B, carte de distribution mondiale actuelle d'*Eryngium viviparum* J.Gay (Romero *et al.* 2004; Rivière 2007).



FIG. 2. — *Eryngium viviparum* J.Gay. Crédit photo : Pauline Rascle.



FIG. 3. — Conservation *ex situ* d'individus d'*Eryngium viviparum* J.Gay. originaires de Belz (56-Morbihan). Crédit photo : Pauline Rascle.

Afin de mettre en œuvre plusieurs des actions décrites dans le PNA, celui-ci prévoit de les associer à un travail de thèse, dont les orientations s'inscrivent dans le domaine scientifique de la biologie de la conservation. Cette discipline développée dans les années 1980, nécessite une approche multidisciplinaire (Primack *et al.* 2012). Combinant les dimensions théo-

rique et appliquée, cette thèse propose une amélioration des connaissances sur les mécanismes écologiques et biologiques ainsi que sur le patrimoine génétique d'*Eryngium viviparum*.

Parmi les actions d'amélioration des connaissances proposées dans le PNA, plusieurs thématiques complémentaires sont abordées au cours de ce travail de recherche : caractérisation



FIG. 4. — Gestion par pâturage de la Réserve naturelle des quatre chemins à Belz (56-Morbihan), mise en place depuis 2012 par Bretagne Vivante et le syndicat mixte de la Ria d'Étel, opérateur Natura 2000. Crédit photo : Erwan Glemarec, CBNB.

écologique, dynamique des populations ainsi que détermination de la structure génétique de la population française et des populations ibériques. L'objectif est de mieux appréhender le fonctionnement des populations dans la perspective de mettre en place une gestion conservatoire pérenne de l'espèce en France. La réimplantation d'individus d'*Eryngium viviparum* est également envisagée dans le PNA et la thèse expérimente plusieurs méthodes et techniques de réintroduction.

Ces grands axes s'appuient sur certaines des « fiches actions » du plan national d'actions. Ils seront présentés ici, accompagnés du questionnement ainsi que de la méthode envisagée pour y répondre.

DONNÉES ÉCOLOGIQUES

Le statut de conservation préoccupant d'*Eryngium viviparum* a conduit à un important recueil de données écologiques, afin d'identifier au mieux les raisons de la régression drastique des populations (Magnanon *et al.* 2013). Ainsi, l'habitat de la seule population subsistant en France a pu être caractérisé sur le plan géologique et pédologique (Perrin & Magnanon 2007) : l'espèce se développe sur un sol de type fluvisol brunifié (voir Annexe 1) peu profond, et sur roche mère granitique. Le régime d'inondation, l'histoire des usages, ainsi que la végétation du site ont également été décrits, cette dernière ayant été étudiée à plusieurs reprises (Clément & Touffet 1983 ; Perrin & Magnanon 2007 ; Géhu & Magnanon 2008). *Eryngium viviparum* est observé au niveau de pelouses ouvertes hygrophiles oligotrophiques euratlantiques à inondation temporaire, généralement au contact de landes. Ces milieux sont rattachés à l'association phytosociologique de l'*Elodo palustris-Sparganion* (Braun-Blanquet & Tüxen 1943 ex Oberd. 1975) (Clément & Touffet 1983 ; Bañares *et al.* 2004).

Même si les conditions dans lesquelles se développe actuellement *Eryngium viviparum* semblent relativement bien connues, certaines données demandent à être complétées. Avec une

seule station en France et le peu de données existantes sur les stations historiques, il est difficile de connaître les conditions optimales pour le développement de l'espèce. C'est pourquoi, parmi les objectifs du plan d'actions, une caractérisation plus fine de l'optimum écologique d'*Eryngium viviparum* est visée.

À ce titre, le PNA dresse la liste des éléments écologiques encore méconnus. C'est le cas de l'hydrologie du site, dont le cycle d'inondation est globalement bien compris mais pour lequel la provenance ainsi que la qualité physico-chimique de l'eau de submersion hivernale doivent être examinées. De même aucune étude concernant les propriétés physico-chimiques du sol n'a encore été menée. La localisation de la population entre un parc d'activité et une résidence suppose une surveillance de ces paramètres afin de détecter une éventuelle pollution d'origine anthropique (Magnanon *et al.* 2013).

Une étude comparative des informations recueillies à Belz avec les données obtenues sur les stations des populations historiques permettra d'étendre les connaissances sur les paramètres écologiques nécessaires au développement de l'espèce. Une comparaison avec les autres populations européennes est également envisagée puisque celles-ci font l'objet d'une recherche par des équipes locales (Université de Santiago de Compostela, IBADER), l'espèce étant incluse dans un projet LIFE (LIFE Tremedal). Des similarités dans l'écologie des populations espagnoles et françaises ont déjà pu être identifiées par le passé, notamment par l'observation d'associations végétales proches (Elouard *et al.* 2004 ; Glemarec 2014).

Enfin, la mise en culture de l'espèce en conditions contrôlées est un autre moyen d'acquérir des informations sur l'écologie de l'espèce grâce à l'observation de son comportement face à plusieurs modalités de culture (Dubova *et al.* 2010). Suite au constat de la diminution drastique des populations en France, une conservation *ex situ* d'*Eryngium viviparum* a été mise en place sous l'éventualité d'une réintroduction. L'espèce est ainsi cultivée et multipliée au CBNB depuis 1987, à partir d'individus originaires de Belz. Des lots de graines récoltées annuellement sont également conservés par congélation après déshydratation. En supplément des individus issus de cette collection *ex situ*, la mise en culture *in vitro* à partir de graines d'*Eryngium viviparum* a été mise en place (Fig. 5). Elle permet d'obtenir le matériel végétal nécessaire aux expérimentations sans destruction de la population naturelle ou de la collection *ex situ*, ainsi que de développer une technique supplémentaire de préservation de l'espèce (Fay 1992). Cette méthode de culture *in vitro* a en effet été utilisée à plusieurs reprises à des fins de préservation ou de multiplication d'espèces rares (Fay 1992).

DONNÉES GÉNÉTIQUES

Les recherches génétiques menées sur *Eryngium viviparum* sont actuellement peu nombreuses. En 1999, une première étude s'est intéressée à la cytogénétique (voir Annexe 1) de l'espèce afin d'évaluer la composition chromosomique de la plante pour des spécimens espagnols et français (Buord *et al.* 1999). Plus récemment, une étude comparative de la diversité génétique des populations d'*Eryngium viviparum* au niveau européen a été

menée par une équipe de l'Université de Santiago de Compostela (Rodríguez-Gacio *et al.* 2009). Cinq populations ibériques et la dernière population française ont pu être comparées.

À l'issue de cette étude, le génotype français a présenté le taux de polymorphisme le plus élevé et la spécificité la plus forte, laissant supposer un phénomène de variation génétique au sein de la population française (Rodríguez-Gacio *et al.* 2009). De telles études se révèlent indispensables pour la conservation de l'espèce. Il est primordial de s'assurer d'un bon niveau de diversité, favorable à l'adaptation des populations aux contraintes environnementales, notamment en prévision d'une éventuelle réintroduction (IUCN/SSC 2013).

L'examen de la situation actuelle d'*Eryngium viviparum* en France conduit à de nombreuses questions. Premièrement, l'unique population française s'étend sur une surface restreinte (moins de 1000 m²) et se retrouve totalement isolée du fait d'une répartition géographique disjointe. De plus, la reproduction de l'espèce est caractérisée par une importante multiplication végétative (Magnanon & Guillevic 2013). Dans une population, ces critères aboutissent communément à l'augmentation du taux de consanguinité, à l'origine d'une potentielle diminution de la viabilité (Allendorf *et al.* 2009). Dans le cas de la population de Belz, où l'existence d'une spécificité génétique de la population est également probable, la suspicion d'une perte de la viabilité existe et renforce d'autant plus l'enjeu de conservation pour l'espèce en Bretagne (Magnanon *et al.* 2013).

Il est donc essentiel de s'interroger davantage sur les relations génétiques existant entre les populations européennes, ainsi que sur l'état de santé de l'unique population française. Dans cette optique, les fiches n°10 et n°12 du PNA proposent respectivement une caractérisation de la structure génétique de la population d'*Eryngium viviparum* à Belz, et une comparaison de celle-ci avec les populations ibériques. L'utilisation, dans le cadre de la thèse de marqueurs de type microsatellites optimisés par l'Institut des sciences de l'évolution de Montpellier (Imbert & Flaven 2013, 2014), dès le lancement du PNA, semble tout indiquée pour répondre à ces objectifs. Cette technique d'analyse génétique a en effet su faire ses preuves lors d'études du polymorphisme sur diverses espèces végétales, dans un objectif de conservation, telles qu'*Eryngium alpinum* (Gaudeul & Till-Bottraud 2008) ou encore *Centaurea corymbosa* (Fréville *et al.* 2001). C'est pourquoi cet outil a été choisi afin d'identifier les relations génétiques entre les différentes populations actuelles d'*Eryngium viviparum* et de vérifier l'état de santé de la dernière population française.

DYNAMIQUE ET REPRODUCTION

Face à la diminution importante du nombre d'individus dans le Morbihan, la biologie d'*Eryngium viviparum* a fait l'objet de nombreux questionnements dans l'objectif de mieux comprendre comment fonctionnent ses populations. Des suivis réalisés *in situ* depuis 1999 sur la station de Belz par Yvon Guillevic (Bretagne Vivante), gestionnaire bénévole, complétés par des observations *ex situ* au CBNB (Perrin & Magnanon 2007), ont permis de dégager les premiers éléments de réponse sur la phénologie, le mode de reproduction et le mode de dispersion



Fig. 5. — Plans d'*Eryngium viviparum* J.Gay développés en culture *in vitro* à partir de graines. Crédit photo : Pauline Rasclé.

de l'espèce. La floraison débute rapidement après l'exondation de la pelouse, et s'étale généralement entre juin et septembre, avec une pollinisation facilitée par l'entomofaune. Les germinations apparaissent principalement à l'automne, mais peuvent parfois émerger au printemps, après l'exondation. *Eryngium viviparum* présente également une importante capacité à se reproduire de manière végétative. Ces observations, pour la plupart encore non publiées, nécessitent cependant d'être complétées à travers une étude plus fine, principalement concernant la reproduction sexuée et le devenir des graines *in situ* qui sont peu maîtrisés.

Avant d'envisager toute opération de réintroduction il est notamment essentiel d'étudier la capacité de l'espèce à se maintenir dans son environnement (IUCN/SSC 2013). C'est pourquoi le PNA propose, à travers sa fiche action n°11, une étude des modalités de reproduction et de dispersion d'*Eryngium viviparum*, intégrée dans l'un des grands axes de la thèse.

La mise en place de suivis démographiques réguliers, complémentaires de ceux réalisés par le gestionnaire depuis 1999 (Fig. 6), à l'aide de quadrats permanents disposés aléatoirement au sein de la population (Fig. 7) est une méthode simple et efficace, communément utilisée (Fréville *et al.* 2004; Decruyenaere & Holt 2005). Elle permet de mieux appréhender le fonctionnement de la population en recueillant les informations liées à la phénologie (taux de floraison), la démographie (taux de survie par classe d'âge) et la capacité de recrutement (taux de multiplication) de l'espèce. Ces données peuvent également être complétées par des observations *ex situ*. L'évolution prédictive de la population, selon plusieurs scénarii écologiques peut ainsi être évaluée à partir des informations obtenues suivant un modèle matriciel (Fréville *et al.* 2004).

Des données supplémentaires concernant la reproduction sexuée seront obtenues à l'aide d'observations *in situ* des agents pollinisateurs, mais également grâce à l'utilisation de plusieurs traitements expérimentaux de pollinisation *ex situ*. Il s'agit de tester la capacité d'autofécondation et/ou d'allofécondation d'*Eryngium viviparum* à l'aide de pollinisations autogame et allogame manuelles (Affre *et al.* 2003). Les différents processus liés à la production et dispersion des graines, à la germination, et à la survie des graines *in situ* sont également étudiés.



FIG. 6. — Suivi annuel des individus d'*Eryngium viviparum* J.Gay de la population de Belz, mené par le gestionnaire bénévole de la réserve (Bretagne Vivante) sur les anciennes bandes d'étrépage. Crédit photo : Erwan Glemarec, CBNB.



FIG. 7. — Suivi démographique expérimental de la population de Belz à l'aide de quadrats permanents. Crédit photo : Pauline Rasclé.

EXPÉRIMENTATIONS DE RÉINTRODUCTION

Un rapide déclin des populations d'*Eryngium viviparum* a pu être constaté entre 1970 et 1980 suite à un état des lieux des stations encore existantes (Magnanon *et al.* 2013). Cette disparition drastique des autres populations est principalement liée à l'évolution des pratiques agricoles et aux changements d'affectation des terres. Certains sites d'accueil de l'espèce se sont vu dénaturés, drainés, voire même totalement détruits à des fins agricoles ou en vue d'urbanisation (Ralys 1998 ; Glemarec sous presse). D'autres sites ont subi un abandon, entraînant une fermeture du couvert végétal. Aujourd'hui, une seule population subsiste en France. Sa persistance est essentiellement due à la poursuite de pratiques agricoles traditionnelles, favorables à *Eryngium viviparum*, par le propriétaire de la parcelle jusqu'en 1990 (Magnanon *et al.* 2013). Depuis, une gestion spécifique, dont l'objectif principal est la conservation d'*Eryngium viviparum*, a été mise en œuvre par l'association Bretagne Vivante, actuellement propriétaire de la réserve (Rebibo 1998).

Le fait qu'il ne reste plus qu'une seule station aujourd'hui est un constat alarmant pour l'espèce. Il a été observé, pour des cas similaires, qu'une perturbation majeure peut affecter négativement le devenir d'une population, jusqu'à risquer son extinction (Andrello *et al.* 2012). L'isolement d'une population peut conduire, à terme, à une dépression de consanguinité (Allendorf *et al.* 2009).

C'est pourquoi le PNA prévoit dans un premier temps une recherche de sites « refuges », inter-connectés, ayant conservé des caractéristiques écologiques favorables à l'espèce (fiche n°5). Une réimplantation pouvant ainsi être envisagée après restauration. à l'heure actuelle, plusieurs sites ont pu être identifiés comme propices, restaurés et/ou acquis foncièrement par le Département du Morbihan (Glemarec sous presse). Ces sites rendus favorables permettent d'envisager la re-création de populations d'*Eryngium viviparum*, également suggérée dans les objectifs du PNA comme mesure d'urgence (fiche n°8). Il est tout d'abord nécessaire de tester différents paramètres susceptibles d'influer sur l'introduction. Le stade de développement, la période, les

modalités techniques d'introduction ainsi que divers facteurs écologiques peuvent effectivement agir sur le succès de réimplantation (Monks *et al.* 2012). Le patrimoine génétique des individus réintroduits est susceptible d'influencer leur survie (Monks *et al.* 2012) ce qui justifie les analyses de variation génétique menées sur la population d'origine, à Belz.

Des implantations expérimentales sont mises en place dans le cadre de la thèse et ont pour objectif d'évaluer la faisabilité d'une réintroduction sur plusieurs des sites restaurés en 2007. Pour cela, deux parcelles d'expérimentation ont préalablement été sélectionnées parmi les sites historiques ayant déjà fait l'objet de travaux de restauration dans le cadre d'un Contrat Nature en faveur d'*Eryngium viviparum* (Perrin & Magnanon 2007). Ces sites ont été choisis pour leur potentiel écologique, proche de ce qui peut être observé à Belz (sol, végétation, système d'inondation temporaire), leur facilité d'accès, et leur statut foncier. Les sites en question, Lann Cosquer (Plouharnel) et Toul Chignan (Carnac), ont l'avantage de faire l'objet d'une gestion et d'une surveillance régulière.

Lann Cosquer, est un espace naturel sensible (ENS) du Département du Morbihan, acquis dans un objectif de conservation à long terme d'*Eryngium viviparum*. L'espèce y a été observée pour la dernière fois en 1985. Depuis, le site s'était progressivement enfriché jusqu'à des travaux d'abattage de ligneux, fauche, et décapage, menés en 2007 et permettant sa réouverture (Hardegen & Glemarec 2013). Le site de Toul Chignan, appartient lui, au célèbre site mégalithique des alignements de Carnac et est donc une propriété de l'État. Une population d'*Eryngium viviparum* a pu y être observée jusqu'en 1946, disparue également en raison de l'enfrichement. Les travaux menés en 2007 ont permis la réouverture du site par décapage de la végétation et une gestion par pâturage ovin a été mise en place par l'équipe du site historique (Hardegen & Glemarec 2013).

Sur ces deux sites, aucun individu d'*Eryngium viviparum* n'était réapparu suite aux opérations de restauration. Une recherche de graines dans le sol n'avait, de même, pas permis d'identifier de semences d'*Eryngium viviparum* (Perrin & Magnanon 2007). La réintroduction est donc apparue dans ce contexte comme alternative pour la restauration des populations.

Les premières expérimentations de réintroduction, menées dans le cadre de la thèse, ont été mises en place dès octobre 2015. Dans un premier temps, deux types de source à réintroduire sont testées : propagules issues de la reproduction végétative et fruits issus de la reproduction sexuée. Les individus utilisés proviennent tous de la culture *ex situ* réalisée au CBNB. Ils sont originaires d'individus prélevés à Belz, source génétique supposée la plus proche des populations historiques, afin de prévenir tout risque de pollution génétique. La période d'introduction sera également un paramètre pris en compte, avec de premières implantations en automne, avant la remontée des eaux de submersion, puis au printemps lors de l'assec.

Ces expérimentations constituent un autre axe majeur de la thèse, pour lesquelles les résultats obtenus permettront d'établir un protocole fonctionnel lors de futures opérations de réintroduction. La mise en place d'une méthode de suivi sur le long terme sera également proposée.

DISCUSSION

Les résultats obtenus à travers ces différents axes d'étude permettront d'apporter des informations nécessaires en vue de répondre à certains des objectifs du plan national d'actions. Ils pourront être utilisés comme soutiens pour l'établissement et le maintien de mesures de conservation en faveur d'*Eryngium viviparum*. Les données liées à l'écologie, aux modalités de reproduction et de dispersion et à la structure génétique de l'espèce seront mieux connues et apporteront des connaissances précieuses pour anticiper le devenir de la population française actuelle. Les résultats obtenus lors des expérimentations de réintroduction, identifiant les facteurs qui en influencent le succès, constitueront une piste pour des opérations de réintroduction de l'espèce à plus large échelle. L'objectif est de rétablir, via un réseau de sites refuges, un ensemble de populations, voire une métapopulation, autonome et viable sur le long terme.

Un important travail de recueil de données a été réalisé dès les premiers constats d'une diminution inquiétante des populations. Cette thèse constitue donc un véritable travail de synthèse fondé sur ces données existantes, et enrichi grâce à une approche expérimentale. Les informations réunies fourniront un support qui pourra être utilisé par différents acteurs de la sauvegarde d'*Eryngium viviparum* lors de la poursuite des actions de protection de l'espèce. Ce travail se révèle donc être un outil aux opérations techniques du PNA, essentiel à la réalisation de plusieurs des actions scientifiques telles que : « l'étude des modalités de reproduction et de dispersion d'*Eryngium viviparum* à Belz » (fiche n° 11), « la caractérisation de la structure génétique de la population d'*Eryngium viviparum* de Belz » (fiche n° 10), « la comparaison de la population d'*Eryngium viviparum* de Belz avec les autres populations européennes de l'espèce » (fiche n° 12), et « la réintroduction et le renforcement de la population d'*Eryngium viviparum* » (fiche n° 7). Ce projet n'aurait pu être mis en place sans l'ensemble des acteurs du plan d'actions.

L'assemblage de ces informations multidisciplinaires contribue également à la cohésion entre les différents acteurs du plan d'actions, ayant chacun leurs objectifs propres. Les composantes

sociale, juridique, économique et scientifique se retrouvent ainsi étroitement imbriquées. Cette mise en relation cohérente de chacune des missions des partenaires met en valeur la nécessité d'un important jeu d'acteurs impliqués dans la sauvegarde d'*Eryngium viviparum* afin de répondre aux objectifs du plan d'actions.

Une forte volonté de concertation s'est avérée essentielle à la bonne articulation des actions. La tenue, une fois par an, d'un comité de pilotage du plan national d'actions en faveur du Panicaut vivipare contribue à renforcer cette coopération. Cette instance regroupe l'ensemble des acteurs concernés et permet de construire un échange concernant les avancements et projets en cours dans le but de coordonner les différentes actions et de s'arrêter sur des décisions communes. Il est important de préciser que cette collaboration entre les différents partenaires n'est pas issue du plan national d'actions mais est avant tout originaire de nombreux travaux menés en amont. En effet, le travail d'amélioration des connaissances apporté par les objectifs du PNA est précédé par plus de 25 ans d'études sur *Eryngium viviparum*, ainsi que d'expériences en pratique de gestion *in situ* pour préserver la population de Belz.

Cet exemple montre que la mise en place d'une thèse dans le contexte multipartenarial d'un plan national d'actions, permet d'impliquer et de mobiliser à temps plein un doctorant sur trois ans d'études. Cela permet d'approfondir davantage certaines données correspondant aux objectifs concernés et pour des thématiques spécialisées, notamment avec l'aide de l'expérience des partenaires. Il s'agit également d'un atout pour informer sur les actions menées, à travers des outils de valorisation scientifique du travail réalisé tels que des communications scientifiques lors de colloques ou la rédaction d'articles en revues spécialisées. Ce type de programme permet, de plus, aux laboratoires de recherche de se mobiliser sur un projet concret, dont les résultats doivent rapidement être appliqués pour la mise en œuvre d'actions pratiques sur le terrain.

De nombreuses actions ont déjà pu être menées en faveur de l'espèce grâce aux nombreux efforts réalisés jusqu'à présent, mais sa situation reste très préoccupante malgré la poursuite d'une gestion spécifique à Belz. Elle justifie toute l'attention portée par le PNA et ses nombreux acteurs, dans l'objectif final de préserver sur le long terme cette espèce patrimoniale et emblématique de Bretagne.

Remerciements

Les auteurs remercient l'ensemble des partenaires qui contribuent à cette étude : Sophie Bodin (Département du Morbihan), Catherine Gautier (CBNB), Guillaume Gélinaud (Bretagne Vivante), Eric Imbert (INSEM, Montpellier), Charlotte Izard (SMR Étel), Pierrick Le Hen, Nathalie Morvan (DDTM, Morbihan), Serge Muller (CNP), Gilles Paillat (DREAL Bretagne) et Hélène Troumelin (Bretagne Vivante). Nous remercions tout particulièrement la Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Bretagne, l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne et l'Université de Bretagne Occidentale pour leurs soutiens financiers. Nous souhaitons également remercier Vincent Boulet et Frédéric Hendoux pour leur relecture et leurs suggestions d'amélioration.

RÉFÉRENCES

- AFFRE L., DUTOIT T., JAGÈR M. & GARRAUD L. 2003. — Écologie de la reproduction et de la dispersion, et structure génétique chez les espèces messicoles : propositions de gestion dans le Parc naturel régional du Luberon. *Les actes du Bureau des Ressources Génétiques* 4: 405-428.
- ALLENDDORF F. W., LUIKART G. H. & AITKEN S. N. 2009. — *Conservation and the genetics of populations, 2nd edition*. Wiley-Blackwell, Malden, 624 p.
- ANDRELO M., BIZOUX J.-P., BARBET-MASSIN M., GAUDEUL M., NICOLÈ F. & TILL-BOTTRAUD I. 2012. — Effects of management regimes and extreme climatic events on plant population viability in *Eryngium alpinum*. *Biological Conservation* 147: 99-106. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.12.012>
- BAÑARES A., BLANCA G., GUEMES J., MORENO J. C. & ORTIZ S. 2004. — *Atlas y libro rojo de la flora vascular amenazada de España*. Madrid, Dirección General de Conservación de la Naturaleza, 1072 p.
- BILZ M., KELL S. P., MAXTED N. & LANSDOWN R. V. 2011. — *European Red List of Vascular Plants*. Publications Office of the European Union, Luxembourg, 142 p. <https://doi.org/10.2779/8515>
- BUORD S., COUDERC M., COUDERC H. & REDURON J. P. 1999. — Incidences conservatoires et systématiques d'une étude morphologique, biologique et cytogénétique de l'*Eryngium viviparum* Guy, taxon au bord de l'extinction. *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest, Nouvelle Série* 19: 197-208.
- CLÉMENT B. & TOUFFET J. 1983. — *Des éléments de la classe des Littorelletea en Bretagne*. Colloques Phytosociologiques, vol. X, « Les végétations aquatiques et amphibies »: 295-317.
- DECRUYENAERE J. G. & HOLT J. S. 2005. — Ramet demography of a clonal invader, *Arundodonax* (Poaceae), in Southern California. *Plant and soil* 277: 41-52. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-0264-5>
- DUBOVA I., ŠMITE D., KĻAVIŅA D. & RILA R. 2010. — First results of ex situ conservation of endangered wild plants of Latvia in the National Botanic Garden. *Environmental and Experimental Biology* 8: 75-80.
- ELOUARD E., GUILLEVIC Y., MAGNANON S. & MONTFORT C. 2004. — *Vers un programme international de conservation du Panicaut Vivipare* (*Eryngium viviparum*). *Compte-rendu de la visite des stations ibériques d'Eryngium viviparum*. Document CBNB, Bretagne Vivante/SEPNEB, SIVU, Brest, 17 p.
- FAY M. F. 1992. — Conservation of rare and endangered plants using in vitro methods. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant* 28: 1-4. <https://doi.org/10.1007/BF02632183>
- FRÉVILLE H., JUSTY F. & OLIVIERI I. 2001. — Comparative allozyme and microsatellite population structure in a narrow endemic plant species, *Centaurea corymbosa* Pourret (Asteraceae). *Molecular Ecology* 10: 879-889. <https://doi.org/10.1046/j.1365-294X.2001.01249.x>
- FRÉVILLE H., COLAS B., RIBA M., CASWELL H., MIGNOT A., IMBERT E. & OLIVIERI I. 2004. — Spatial and temporal demographic variability in the endemic plant species *Centaurea corymbosa* (Asteraceae). *Ecology* 85 (3): 694-703. <https://doi.org/10.1890/03-0119>
- GAUDEUL M. & TILL-BOTTRAUD I. 2008. — Genetic structure of the endangered perennial plant *Eryngium alpinum* (Apiaceae) in an alpine valley. *Biological Journal of the Linnean Society* 93: 667-677. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8312.2008.00958.x>
- GÉHU J.-M. & MAGNANON S. 2008. — Données archéophytosociologiques sur une station morbihannaise d'*Eryngium viviparum*. *E.R.I.C.A.* 21: 31-34.
- GLEMAREC E. 2014. — *Plan national d'action en faveur du Panicaut vivipare* (*Eryngium viviparum*). *Compte-rendu de la mission de prélèvements d'échantillons sur des individus des populations ibériques*. Conservatoire botanique national de Brest, Brest, 31 p.
- GLEMAREC E. (sous presse) — *Plan national d'actions en faveur du Panicaut vivipare* (*Eryngium viviparum*). *Compte-rendu des visites de sites historiques de l'Eryngium viviparum dans le pays d'Auray*. Conservatoire botanique national de Brest, Brest.
- GLEMAREC E., MAGNANON S. & GUILLEVIC Y. 2015. — Le Panicaut vivipare – pour la sauvegarde d'une espèce végétale en voie d'extinction. *La Garance voyageuse* 111: 11-15.
- HARDEGEN M. & GLEMAREC E. 2013. — *Suivi des sites ayant fait l'objet de travaux de restauration dans le cadre du contrat nature « conservation et restauration du Panicaut vivipare dans le Morbihan »*. Bilan des suivis 2013. Département du Morbihan. Conservatoire botanique national de Brest, Brest. 23 p + annexes.
- IMBERT I. & FLAVEN E. 2013. — *Appuis technique et scientifique à la mise en œuvre du Plan National d'Actions pour Eryngium viviparum*. *Rapport d'étape – Bilan des travaux réalisés en 2013*. ISEM, Montpellier, 5 p.
- IMBERT I. & FLAVEN E. 2014. — *Appuis technique et scientifique à la mise en œuvre du Plan National d'Actions pour Eryngium viviparum*. *Rapport d'étape – Bilan des travaux réalisés en 2014*. ISEM, Montpellier, 8 p.
- IUCN/SSC 2013. — *Guidelines for Reintroductions and Other Conservation Translocations. Version 1.0*. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland, 72p. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1751.0003>
- JOVET P. 1939. — Notes sur quelques plantes de Carnac (Morbihan). *Bulletin de la Société française d'échanges de plantes* 1: 6.
- MAGNANON S. & GUILLEVIC Y. 2013. — *Eryngium viviparum* J.Gay en France : bilan et perspectives en terme de préservation. *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest* 44: 3-42.
- MAGNANON S., GUILLEVIC Y. & HARDEGEN M. 2013. — *Plan national d'actions en faveur du Panicaut vivipare*, *Eryngium viviparum* J.Gay. 2012-2017. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Paris, 92 p.
- MEDDE 2012. — *Plans nationaux d'action en faveur des espèces menacées – Objectifs et exemples d'actions*. Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, Paris, 44 p.
- MONKS L., COATES D., BELL T. & BOWLES M. L. 2012. — Determining success criteria for reintroductions of threatened long-lived plants, in MASCHINSKI J., HASKINS K. E. & RAVEN P. H. (éds), *Plant Reintroduction in a Changing Climate: Promises and Perils*. Island Press, Washington: 189-208. https://doi.org/10.5822/978-1-61091-183-2_11
- PERRIN G. & MAGNANON S. 2007. — *Conservation et restauration du Panicaut vivipare* (*Eryngium viviparum*) dans le Morbihan – *Contrat Nature 2007-2010: bilan 2007*. Pays d'Auray/Département du Morbihan/Conseil régional de Bretagne/Commune de Ploëmel/Commune de Carnac/Centre des monuments nationaux. Conservatoire botanique national de Brest, Brest, 55 p.
- PRIMACK R. B., SARRAZIN F. & LECOMTE J. 2012. — *Biologie de la conservation*. Dunod, Paris, 360 p.
- RALYS B. 1998. — *Répertoire et état des sites à Eryngium viviparum dans le Morbihan*. Conservatoire botanique national de Brest, Brest, 20 p.
- RAUNKIAER C. 1934. — *The Life Forms of Plants and Statistical Plant Geography; being the Collected Papers of C. Raunkiaer*. Oxford, Clarendon Press, 632 p.
- REBIBO E. 1998. — *Plan de gestion. Réserve des Quatre Chemins Belz* (56). SEPNEB, Belz, 58 p.
- RIVIÈRE G. 2007. — *Atlas de la flore du Morbihan : flore vasculaire*. Éditions Siloë, Laval, 654 p.
- RODRIGUEZ-GACIO C., DE JESUS J., ROMERO M. I. & HERRERA M. T. 2009. — Genetic diversity among genotypes of *Eryngium viviparum* (Apiaceae): a plant threatened throughout its natural range. *Botanical Journal of the Linnean Society* 159: 237-244. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2008.00931.x>
- ROMERO M. I., RAMIL P. & RUBINOS M. 2004. — Conservation status of *Eryngium viviparum* Gay. *Acta Botanica Gallica* 151 (1): 55-64.

<https://doi.org/10.1080/12538078.2004.10516020>

TEYSSÈDRE A. 2004. — Vers une sixième grande crise d'extinctions ?
in BARBAULT R. & CHEVASSUS B. (éds) *Biodiversité et changements globaux : Enjeux de société et défis pour la recherche*.
Ministère des Affaires étrangères-ADPF, Paris: 24-49.

UICN FRANCE, FCBN & MNHN 2012. — La Liste rouge des espèces menacées en France – Chapitre Flore vasculaire de France métropolitaine : premiers résultats pour 1000 espèces, sous-espèces et variétés. <http://www.uicn.fr/Liste-rouge-France.html>

*Soumis le 24 octobre 2016;
accepté le 7 mars 2017;
publié le 31 mai 2017.*

Annexe 1. — Glossaire.

Cytogénétique : étude de la structure chromosomique d'une espèce.

Étrépage : technique de génie écologique qui consiste à retirer les couches superficielles du sol, de manière à favoriser l'apparition d'espèces pionnières.

Fluvisol brunifié : sol de type hydromorphe caractérisant généralement une dynamique fluviale.

Hémicryptophyte : type biologique selon Raunkiaer (1934), désignant les espèces dont les bourgeons situés au niveau du sol, survivent à la mauvaise saison.