2 - 2021

BIOM

Revue scientifique pour la biodiversité
du Massif central

**Restauration de la flore des prés salés continentaux :
expérimentation sur le marais de Saint-Beauzire (Puy-de-Dôme, 63)**

Pouvaret *et al.* / BIOM 2 (2021) : 1-12

Restauration de la flore des prés salés continentaux : expérimentation sur le marais de Saint-Beauzire (Puy-de-Dôme, 63)

Pouvaret Sylvain¹, Cordonnier Stéphane¹, Bazin Adrien², Beauger Aude³ & Carrère Pascal⁴

¹ Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, F-63200 RIOM ; sylvain.pouvaret@cen-auvergne.fr ; stephane.cordonnier@cen-auvergne.fr

² CNPF Auvergne-Rhône-Alpes, F-63370 LEMPDES ; adrien.bazin@cnpf.fr

³ Université Clermont Auvergne, CNRS, GEOLAB, F-63000 Clermont-Ferrand ; aude.beauger@uca.fr

⁴ Université Clermont Auvergne, INRAE, VetAgro Sup, UMR Ecosystème Prairial, F-63000 Clermont-Ferrand ; pascal.carrere@inrae.fr

Soumis le 22 septembre 2020

Accepté le 9 mars 2021

Publié le 1 juin 2021

Mots-clés

Artificialisation
Restauration écologique
Pré salé continental
Flore

Keywords

Artificialization
Ecological restoration
Continental salt meadow
Flora

Résumé

Cet article présente une étude de cas de recolonisation par la végétation de type pré salé continental après des travaux de suppression d'un remblai sur un marais salé continental dans la plaine de la Limagne (Puy-de-Dôme, France). Les plantes indicatrices des prés salés ont été suivies en présence/absence dans un réseau de 104 mailles de 10 m². Nous avons pu montrer la colonisation rapide et durable de *Puccinellia distans* et *Juncus gerardi*, mais aussi l'installation plus lente et variable de *Spergula media* et de *Plantago maritima*. Nous avons cartographié les évolutions spatiales et temporelles de cette colonisation pour 6 espèces différentes. Parmi les espèces halotolérantes, on notera l'augmentation de la population d'espèces menacées comme celle d'*Inula britannica*. Les résultats permettent de conclure sur l'intérêt de ce type d'opération de suppression de remblais pour restaurer les paramètres abiotiques et de la capacité de la flore de se réinstaller même après vingt-cinq ans pour reconstituer une communauté végétale caractéristique des « prés salés continentaux ».

Abstract

This article presents a case study of recolonization by flora constituting a continental salt meadow type vegetation after the removal of an embankment on a continental salt marsh in the Limagne plain (Puy-de-Dôme, France). Salt marshes indicator plants was monitored in presence/absence in a network of 104 meshes of 10 m². We were able to show the rapid and lasting colonization of *Puccinellia distans* and *Juncus gerardi*, but also the slower and variable installation of *Spergula media* and *Plantago maritima*. We mapped spatial and temporal evolutions of this colonization for 6 different species. Among the halotolerant species, one should note the increase in the population of endangered species such as *Inula britannica*. The monitoring protocol allows us to conclude on the interest of this type of embankment removal operation to restore the abiotic parameters and the flora of the «continental salt meadow» vegetation.

Introduction

L'artificialisation des sols est un facteur important de perte de biodiversité en Europe. En 2015, cela affectait 9,3 % du territoire de la France métropolitaine (Gouvernement 2016). Cette artificialisation progresse de manière régulière au rythme moyen de 20 m² par seconde (9 m² par an et par habitant), ce qui correspond à l'équivalent de 60 000 hectares par an (Planetscope 2020). Face à cette concurrence féroce pour l'usage des terres, la question de la restauration des sols artificialisés par le passé se pose. Ainsi, la restauration du site présenté en support de cette publication permettrait de compenser l'équivalent de 9 minutes de destruction nationale des sols (un peu plus de 1 hectare). Mais est-il réellement possible de revenir en arrière et de restaurer à la fois les sols et la flore de prés salés qui préexistaient dans cet écosystème avant l'artificialisation ? C'est pour apporter des éléments de référence sur la dynamique et la faisabilité technique de cette restauration qu'une expérimentation a été conduite sur le site d'un ancien marais salé en partie remblayé dans la plaine de Limagne (Massif central, France).

Les marais salés continentaux sont des milieux naturels fortement menacés en Europe. À ce titre, ils ont été identifiés comme des habitats dont la conservation est prioritaire (Conseil des communautés européennes 1992) et inclus dans des périmètres de protection (type Natura 2000). L'enjeu de conservation est donc fort à l'échelle du Massif central où ce type de végétation n'occupe plus qu'une douzaine d'hectares (Cen Auvergne, non publié) répartie sur une vingtaine de sites (Cordonnier 2012). Cet habitat a fortement régressé de l'ordre de 85% en Limagne (Cordonnier 2012), bassin sédimentaire favorable à l'occupation humaine grâce à ses terres fertiles et ses axes de communication. En effet, ces terres salées de Limagne (appelées selins) ont notamment régressé depuis leur valorisation

agronomique (Servant et al. 1976) par apport de gypse (Dejoux 1979, 1985). À l'échelle locale, on note également une forte diminution des terres marécageuses, salées et non salées. D'après les archives nationales (Duthuret 1722), le marais étudié faisait partie d'un plus grand complexe marécageux, nommé Marais de cœur, qui couvrait 120 ha au début du dix-huitième siècle (Fig. 1). Il s'agissait vraisemblablement du pré salé continental le plus important en superficie du Massif central, mais la répartition entre zone de marais d'eau douce et zone de marais salé n'est pas connue.

Pour de nombreux sites, l'état de dégradation nécessite des mesures spécifiques de restauration. C'est le cas de celui du marais de Saint-Beauzire sur lequel les travaux de renaturation ont été conduits. Un secteur d'environ 1 hectare de marais a été artificialisé il y a 25 ans par le dépôt d'un remblai, suite à des travaux d'infrastructure autoroutière.

La finalité de cette étude était de tester si la suppression du remblai permettrait le retour d'une flore constitutive d'une végétation de type pré salé continental, et d'évaluer la dynamique de ce retour. Pour cela, nous avons mesuré après élimination du remblai les paramètres abiotiques (hauteur de la nappe et minéralisation de l'eau) à même d'influencer la présence d'une flore typique de pré salé continental, et relevé la dynamique temporelle et spatiale d'installation et de colonisation des taxons indicateurs sur une dizaine d'années (entre 2011 et 2019). Bensettiti et al. (2005) suggèrent que la présence d'espèces halophytes et halotolérantes constitue un bioindicateur performant de la typicité de la végétation des « prés salés continentaux » aux conditions pédologiques (présence de sols sodiques) et hydrologiques (saturation temporaire, remontées capillaires...) spécifiques. La répartition halophytes/halotolérantes témoigne également de la variation de salinité du sol (Ellenberg et al. 1992). Afin d'évaluer l'efficacité de l'opération

Figure 1 – Localisation du marais salé actuel (en orange) au sein de l'ancien marais de Cœur (en bleu). En encart, le rectangle bleu positionne le site d'étude à l'échelle de l'ancienne région Auvergne et les étoiles rouges les autres sites avec des halophytes – fond Carto CRAIG Topo GEodis 2013.

de suppression du remblai, le CEN Auvergne a suivi dès 2011 des taxons halophytes et halotolérants dans les zones de travaux.

Matériel et méthode

Présentation du site d'études

Le marais salé de Saint-Beauzire est situé au cœur de la Grande Limagne clermontoise à une altitude de 318 m (Fig. 1). Il fait partie du réseau européen Natura 2000, au titre de la présence de l'habitat naturel d'intérêt communautaire prioritaire « Prés salés continentaux » (code 1340*) (CEPA 2009), recouvrant une surface d'environ 4 ha. Il représente environ 40% de la superficie des prés salés continentaux d'Auvergne, ce qui en fait un des sites d'intérêt majeur pour cet habitat. Il est reconnu pour abriter plusieurs espèces halophiles très rares dans la région comme *Plantago maritima*, *Spergula media*, *Juncus gerardi* (Fig. 2).

Ce site Natura 2000 de 13 hectares a fait l'objet d'un dépôt de remblais sur plus de 10 % de sa superficie, entre 1984 et 1987, lors de la construction de l'autoroute A71 qui le traverse. Ce remblai épais d'1 m à 1,5 m (CEPA 2015), d'un volume d'environ 20 000 m³, était constitué de matériaux sédimentaires inertes (marne, limon, sable ; APRR 2013). La végétation développée sur ce remblai était constituée d'une flore rudérale banale (CEPA 2009) qui ne correspondait pas à la flore attendue d'un marais salé (Bensettiti et al. 2005).

L'étude d'impact de l'autoroute avait été réalisée en 1982, bien avant la loi sur les plantes protégées en Auvergne (Légifrance 1990) et celle sur l'eau (Légifrance 1992). L'intérêt écologique du site n'avait donc pas été identifié à l'époque. Le Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne a progressivement maîtrisé la gestion du site grâce à de l'acquisition (7,98 hectares) ou du conventionnement (0,75 hectare d'une parcelle communale). Une des actions principales identifiées dans le document d'objectifs était la suppression du remblai sur le marais salé (CEPA 2009). Un contrat dans le cadre de Natura 2000 et des travaux complémentaires avec la société autoroutière APRR ont permis de financer la restauration d'une partie du marais salé d'origine. Les travaux ont été menés en plusieurs phases successives de 2010 à 2014 sur quatre zones (Fig. 3 et 4) et ont permis de restaurer

au total 1,13 hectares de terrains historiquement marécageux. Le remblai a été enlevé pour retrouver le niveau du terrain naturel assez facilement reconnaissable (Fig. 2), sans surcreusement (à l'exception d'une petite mare en bordure du site). L'objectif était de mettre à jour la banque de graines conservée dans le sol d'origine. Suite à ces travaux de restauration, la seule gestion pratiquée sur le site consiste en une surveillance de la progression d'espèces potentiellement envahissantes. Par exemple un entretien régulier est réalisé en arrachant les plants de Seneçon du Cap sur la zone étrepée. Cette espèce se développant du fait de la proximité de la zone avec l'autoroute A71, dans le prolongement de l'A75 qui constitue un vecteur très dynamique de cette espèce. La flore a été suivie dès l'année 2011 sur les premières zones de travaux et jusqu'en 2019. Cette flore se répartit dans plusieurs types de végétation (Thébaud et al. 2014). Une typologie de ce type de végétation a été récemment actualisée (Choisnet et al. 2020). Trois grands groupes peuvent se distinguer sur le site :

- Des végétations de prairie salée basse avec *Plantago maritima* subsp. *maritima* L., 1753, *Spergula media* (L.) Bartl. & H.L.Wendl., 1825, *Puccinellia distans* (Jacq.) Parl., 1848 subsp. *fontana* Portal, 2014.
- Des végétations de prairie haute subhalophile, dominées par *Schedonorus arundinaceus* (Schreb.) Dumort., 1824 et avec *Juncus gerardi* Loisel., 1809, *Lotus glaber* Mill., *Carex otrubae* Podp., 1922, *Inula britannica* L., 1753
- Un groupement pionnier de sols nus humides à base de *Myosurus minimus* L., 1753 et de *Ranunculus sardous* Crantz, 1763 qui reste à étudier.

La végétation n'étant pas stabilisée dans la zone de restauration, nous avons privilégié un suivi des espèces indicatrices de ces milieux à un suivi de la végétation par relevé phytosociologique.

Pour répondre aux objectifs de l'étude, différents jeux de données ont été employés :

- Les données hydrologiques issues d'études spécifiques à cette zone Natura 2000 (Burgeap 2000, 2001 ; AnteaGroup 2016, 2017) ainsi que les données piézométriques (dans zone de travaux) reprises des études pré-citées et de la pose d'une sonde de mesure automatique de marque OTT orpheus permettant des mesures horaires depuis le 23/03/18. Cette sonde est située dans un piézomètre profond (cote sol 318,24 mNGF, profondeur

Figure 2 – A) Vue d'une végétation de prairie salée basse à Puccinellie distante du marais de Saint-Beauzire ; B) Plantain maritime ; C) Spergulaire marginée ; D) Juncus de Gérard.

Figure 3 – A) Enlèvement du remblai recouvrant le marais. B) sol de marais restauré. ©CEN Auvergne, SC

Figure 4 – Localisation des mailles et des zones restaurées : zone 1 restaurée en 2010 ; zone 2 restaurée en 2011 ; zone 3 restaurée en 2012 ; zone 4 restaurée en 2014.

crépine – 4 m) installé dans la zone située au nord-est de la zone d'étude (zone 2), le 19/03/15.

- Des données pédologiques propres aux analyses de sols (hors zone travaux) réalisées par le CEN Auvergne et le laboratoire d'analyse des sols de l'INRA (1996, non publié) dans la zone Natura 2000.
- Des données topographiques obtenues par les levées de géomètres (Burgeap 2001 ; AnteaGroup 2016).
- Des séries météorologiques de la période 2011-2019 (Infoclimat, station de Clermont-Ferrand-Aulnat)

Définitions des indicateurs

Les indicateurs d'état floristiques sont présentés dans le tableau 1 et sont issus du document d'objectifs du site Natura 2000 (CEPA 2009). Initialement mesurés pour chaque portion de zones restaurées, il est aussi possible de les regrouper pour faciliter une vision globale.

Nous avons également considéré la surface de remblai

enlevée (indicateur de réponse), et le niveau piézométrique dans l'interprétation des observations floristiques.

Les halophytes strictes et les halotolérantes se distinguent sur la base de leurs valences écologiques (Julve 1998 ; Ellenberg et al. 1992). Au final, nous avons identifié un ensemble de 24 plantes indicatrices (Tab. 2), considérées comme caractéristiques régionales de l'habitat « prés salés continentaux », susceptibles de coloniser la zone restaurée dans ce territoire biogéographique (Bensettiti et al. 2005 ; Cordonnier 2012). Nous avons sélectionné notamment ces espèces en fonction de deux critères : le fait qu'elles soient particulièrement inféodées aux secteurs de prés salés selon l'atlas de la flore d'Auvergne (Antonetti et al. 2006) et leur répartition restreinte en Auvergne. La référence taxonomique utilisée est issue de *Flora Gallica* (Tison & Foucault 2014).

Le niveau de potentialité d'observation sur la zone restaurée a été défini en fonction de la présence actuelle de l'espèce sur le site ou à proximité.

Tableau 1 – Liste des indicateurs retenus en vue d'évaluer la restauration du pré salé.

Jeu d'indicateurs prioritaires et type P (pression), E (Etat), R(réponse)	Hypothèse de trajectoire (par rapport à l'état initial défini)	Unité/origine	Etat initial (date+valeur)	Seuils objectifs de la valeur de l'indicateur
Nombre de taxons d'halophytes dans chacune des 4 zones étrepées (E)	Dynamique de population	Nombre	0 en 2009	Positif si >3
	Apparition progressive des halophytes présentes à proximité	Docob 2009	docob	
Nombre de taxons d'halotolérants dans chacune des 4 zones étrepées (E)	Dynamique de population	Nombre	0 en 2009	Positif si >3
	Extension du nombre d'espèces total du site à long terme,	Docob 2009	docob	
Pourcentage de mailles colonisées pour chaque taxon halophyte et halotolérante dans l'ensemble de la zone (104 mailles de 10*10 m, soit 1,04 hectare)	Extension des sous-sites de présences à court terme.			
	Dynamique de population	Nombre	0 en 2009	Positif si extension
	Extension du nombre d'individus.	Docob 2009	docob	Objectif>50%

Espèces potentielles en Auvergne sur les prés salés	Valence écologique Salinité Baseflor (Julve 1998 / Ellenberg 1992)	Présence sur le site en 2019	Potentialité d'observation sur la zone restaurée
Liste de référence régionale			
Halophytes strictes			
Spergulaire marginée (<i>Spergula media</i> (L.) Bartl. & H.L.Wendl., 1825)	8	X	forte
Spergule marine (<i>Spergula marina</i> (L.) Bartl. & H.L.Wendl)	8	Donnée historique : Caumel, <1917	faible
Pissenlit de Bessarabie (<i>Taraxacum bessarabicum</i> (Hornem.) Hand.-Mazz., 1907)	7	Donnée historique : d'Alleizette, 1931	faible
Puccinellie distante (<i>Puccinellia distans</i> subsp. <i>fontana</i> Portal, 2014)	7	X	forte
Puccinellie fausse-fétuque (<i>Puccinellia festuciformis</i> (Host) Parl., 1850)	7		faible
Jonc de Gérard (<i>Juncus gerardi</i> Loisel., 1809)	6	X	forte
Plantain maritime (<i>Plantago maritima</i> subsp. <i>maritima</i> L., 1753)	6	X	forte
Troscart maritime (<i>Triglochin maritima</i> L., 1753)	6		faible
Glaux maritime (<i>Lysimachia maritima</i> (L.) Galasso, Banfi & Soldano, 2005)	5	Donnée historique : Anonyme, <1957	faible
Halotolérantes			
Laïche à épis distants (<i>Carex distans</i> L., 1759)	5		faible
Hutchinsie couchée (<i>Hornungia procumbens</i> (L.) Hayek, 1925)	4		faible
Samole de Valerand (<i>Samolus valerandi</i> L., 1753)	4	Donnée historique : Hérivaud, 1898	faible
Orge faux-seigle (<i>Hordeum secalinum</i> Schreb., 1771)	0 - 4	X	forte
Scirpe maritime (<i>Bolboschoenus maritimus</i> (L.) Palla, 1905)	3	X	forte
Scirpe glauque (<i>Schoenoplectus tabernaemontani</i> (C.C.Gmel.) Palla, 1888)	3		faible
Troscart des marais (<i>Triglochin palustris</i> L., 1753)	3		faible
Inule d'Angleterre (<i>Inula britannica</i> L., 1753)	0 - 2	X	forte
Melilot de l'Inde (<i>Melilotus indicus</i> (L.) All., 1785)	0 - 2		faible
Trèfle maritime (<i>Trifolium squamosum</i> L., 1759)	1		faible
Scirpe comprimé (<i>Blysmus compressus</i> (L.) Panz. ex Link, 1827)	1		faible
Scirpe à fleurs peu nombreuses (<i>Eleocharis quinqueflora</i> (Hartmann) O.Schwarz, 1949)	1		faible
Buplèvre fluet (<i>Bupleurum tenuissimum</i> L., 1753)	ND		forte
Laïche divisé (<i>Carex divisa</i> Huds., 1762)	ND		faible
Lotier à feuilles ténues (<i>Lotus glaber</i> Mill., 1768)	ND		forte

Tableau 2 – Liste des plantes halophytes strictes et halotolérantes considérées comme caractéristiques régionales de l'habitat « prés salés continentaux ». La typologie de la salinité utilisée (surtout Chlorures, également sodium), modifiée d'après Scherfose (1990) et Ellenberg et al. (1992), correspond à l'échelle suivante : 0 : ne supportant pas le sel ; 1 : hyperoligohalines, [0-0,1% Cl⁻] ; 2 : peroligohalines, [0,05-0,3% Cl⁻] ; 3 : oligohalines, [0,3-0,5% Cl⁻] ; 4 : mesooligohalines [0,5-0,7% Cl⁻] ; 5 : mesohalines, [0,7-0,9% Cl⁻] ; 6 : mesoeuhalines, [0,9-1,2% Cl⁻] ; 7 : euhalines, [1,2-1,6% Cl⁻] ; 8 : polyhalines, [1,6-2,3% Cl⁻] ; 9 : hyperhalines, [>2,3% Cl⁻] ; ND : non déterminé.

Plan d'échantillonnage et traitement des données

La colonisation des zones étreppées par les espèces halophytes et halotolérantes a été suivie par un maillage de 10 m x 10 m (Fig. 4). Dans chaque maille, la notation de la présence-absence de chacune des espèces indicatrices présentes parmi les 24 espèces potentielles (Tab. 2) a été effectuée en juillet. Le suivi a été réalisé en 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2017 et 2019.

La pression d'observation a été fixée à 5 minutes d'observation par maille. Les mailles à cheval entre la zone de travaux et une zone de végétation halophile hors travaux ont été retirées de l'échantillonnage (ex : Fig. 4 B4, C4, D4 et E4 et de F1 à L1). Les mailles B10 et B11 qui sont en contact avec des fourrés non halophiles, ont été conservées dans les mailles suivies en 2010. La synthèse des suivis est donnée dans le tableau 3.

Tableau 3 – Synthèse du plan de suivi. La maille correspond à un carré de 10 m x 10 m.

	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Total
Description de la zone	Humidité variable avec remontée d'eau minérale	Forte humidité	Partie sud sèche sans remontée minérale	Humidité variable avec remontée d'eau minérale	
Surface restaurée (hectares)	0.5	0.34	0.16	0.14	1.13
Nombre de mailles suivies	49	26	15	14	104

Les vérifications statistiques ont été faites par le test Q de Cochran, directement sur le jeu de données présence/absence (dichotomique) pairé (Cochran 1950). Les comparaisons multiples par paires suivent la procédure de McNemar (Bonferroni). Ce test permet d'évaluer, pour chaque espèce ainsi que pour toutes les espèces prises ensemble, l'ensemble des variations significatives en hausse ou en baisse entre l'année de référence (2011) et les autres années de mesures.

Résultats

Effet des travaux de restructuration sur les paramètres abiotiques de l'habitat

Compte tenu des modifications subies par le site lors des travaux en 1984, il était primordial de pouvoir évaluer si les travaux de restauration entrepris allaient permettre de restaurer les paramètres abiotiques nécessaires à l'installation d'une communauté végétale composée d'espèces halophiles ou halotolérantes. Pour ce faire, nous avons mobilisé différentes études qui ont permis d'appréhender le fonctionnement hydrologique actuel du marais (Burgeap 2000, 2001 ; AnteaGroup 2016). L'alimentation principale en eau est liée à une vaste nappe d'eau douce répertoriée par le BRGM comme suit : Masse d'eau souterraine n°4051, code Sandre GG051 « Sables, argiles et calcaires du Tertiaire de la Plaine de la Limagne ». Au droit de la zone de travaux suivis, cette nappe permet d'avoir un niveau

piézométrique mesuré d'environ -1 m [-0,6m à -1,67m] sous le terrain naturel (TN). L'humidité remonte par capillarité dans les argiles pour alimenter les plantes en surface. Cette remontée n'était pas possible au niveau du dépôt de remblai avant travaux, elle était bloquée par sa forte hauteur (+1,2 m en moyenne au-dessus du TN) et la nature filtrante des matériaux. Au lieu d'une végétation de marais, le remblai était donc recouvert par une friche rudérale thermophile (Alliance phytosociologique de l'*Onopordion acanthii* Br.-Bl. in Br.-Bl., Gajewski, Wraber & Walas 1936).

La spécificité de ce site vient du fait qu'en plus de la nappe d'eau douce globale superficielle, il y a ponctuellement des arrivées d'eau minérale salée d'origine profonde, provenant des failles du socle cristallin dont le toit se situe à -1598 m à St-Beauzire (Recherche Autonome du pétrole 1982 in Cordonnier 2012). Ces eaux remontent ensuite à travers les roches sédimentaires de Limagne. Au droit de la zone de suivi, elles ont pu être mises en évidence à leur arrivée en surface vers -4 m et vers -7 m grâce à leur forte conductivité, respectivement 4000 µs/cm et 7000 µs/cm (AnteaGroup 2016). Elles se diluent avec la nappe d'eau douce située au-dessus (conductivité de l'eau de mélange à 2700 µs/cm) (AnteaGroup 2016). Ce mélange reste suffisant pour être à l'origine d'un sol halomorphe bicarbonaté sodique à structure dégradée (sodisol). Moins riche en chlorure de sodium que les sols littoraux, l'abondance de l'ion sodium est suffisante pour entraîner une forte contrainte sur la végétation et une sélection de plantes halophiles ou halotolérantes (maximum mesuré au niveau du TN hors zone travaux de 2,98 g de sodium par kg de sol) (INRA 1996, non publié). Les remontées d'eau minérale d'origine profonde ne sont pas homogènes sur le site, ce qui explique les délimitations nettes des différentes végétations.

Une troisième origine de l'eau existe, c'est celle liée aux précipitations directes. Faibles dans ce secteur (< 600 mm/an) (Infloclimat 2019), elles entraînent surtout la formation d'une nappe perchée temporaire dont l'écoulement est ralenti par ces sols très argileux. Elles amplifient l'alcalinisation des sols (maximum mesuré au niveau du TN hors zone travaux pH = 10,2) (INRA 1996, non publié) et la dispersion des argiles.

Il apparaît donc au regard de ces éléments que la suppression du remblai a permis de restaurer les paramètres abiotiques (remontée d'eau minéralisée en surface) permettant de recréer un habitat propice à l'installation d'une flore caractéristique des communautés de prés salés.

Observations des taxons halophiles du site

Quatre espèces d'halophytes strictes et six halotolérantes ont été observées dans la zone restaurée (en vert) ou en dehors sur le reste du site (en noir) selon le tableau 4. Il est hautement probable que ce soit directement la banque de graines du sol d'origine qui se soit exprimée et qui ait permis la régénération de ces espèces au cœur même de la zone restaurée (Fig. 5). En effet, afin de limiter les biais d'observations liés à la recolonisation par les végétations environnantes, les mailles de suivi se sont concentrées sur le cœur de la zone.

Tableau 4 – Bilan des observations récentes des taxons halophiles.

Espèce	Dernier observateur	Dernière année d'observation
Halophytes strictes		
<i>Juncus gerardi</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Plantago maritima</i> subsp. <i>maritima</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Puccinellia distans</i> subsp. <i>fontana</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Spergula media</i> subsp. <i>media</i>	Pouvaret S.	2015
Halotolérantes		
<i>Hordeum secalinum</i>	Bioret & Choynet 2017	2017
<i>Bolboschoenus maritimus</i>	Cordonnier S.	2019
<i>Inula britannica</i>	Pouvaret S.	2019
<i>Bupleurum tenuissimum</i>	Cordonnier S.	2018
<i>Lotus glaber</i>	Pouvaret S.	2019

Figure 5 – Repousse du Jonc de Gérard en mars 2015 au cœur de la zone restaurée, à partir des résidus de végétation ou de la banque de graines restés 28 ans sous le remblai (zone 4, travaux réalisés en aout 2014),
©CEN Auvergne, SC

La valeur de l'indicateur « Nombre de taxons d'halophytes dans chacune des 4 zones étreppées » a donc dépassé le seuil objectif de 3 taxons, défini dans le tableau 1.

La valeur de l'indicateur « Nombre de taxons d'halotolérantes dans chacune des 4 zones étreppées » est de 2 et n'a donc pas dépassé le seuil objectif de 3 taxons, défini dans le tableau 1.

Ce cortège se complète par deux bryophytes halophytes ou halotolérantes : *Tortella flavovirens* (Bruch) Broth., 1902 (Hugonnot 2016), *Tortula acaulon* var. *pilifera* (Hedw.) R.H.Zander (Hugonnot 2016).

Des études récentes ont également montré l'originalité des génotypes auvergnats de *Plantago maritima* subsp. *maritima* par rapport aux populations littorales françaises (CEN Auvergne et al. 2018).

Dynamique temporelle d'implantation et de colonisation des taxons.

En 2019, 9 ans après les travaux, 85 % (erreur standard de $\pm 3,5$ %) des mailles sont occupées par au moins une halophyte

stricte et 89 % (erreur standard de ± 3 %) par au moins une halotolérante (Tab. 5), avec une variabilité très forte suivant les espèces considérées. La valeur de l'indicateur « Pourcentage de mailles colonisées pour chaque taxon halophyte et halotolérante dans l'ensemble de la zone » a donc largement dépassé le seuil objectif de 50%, défini dans le tableau 1.

Tableau 5 – Taux de présence des espèces halophytes et halotolérantes dans les mailles de suivi (en % de présence dans les 104 mailles) en 2019.

Année 2019	
	% du total des mailles (sur 104)
Halophytes strictes	85%
<i>Juncus gerardi</i>	63%
<i>Puccinellia distans</i>	64%
<i>Plantago maritima</i>	18%
<i>Spergula media</i>	0%
Halotolérantes	89%
<i>Lotus glaber</i>	78%
<i>Inula britannica</i>	88%

Par exemple, si *Juncus gerardi* et *Puccinellia distans* sont présentes respectivement dans 63 % et 64 % des mailles, certaines espèces parmi notre sélection d'espèces indicatrices n'ont eu qu'une présence temporaire (ie *Spergula media* pour les halophytes strictes).

Figure 6 – Végétalisation progressive de la zone restaurée en 2010, ©CEN Auvergne, SP et SC

Figure 7 – Pourcentage de mailles de présence par année et par espèce sur la zone étrepée en 2010 (les barres graphiques correspondent à l'erreur standard).

Globalement, nous avons observé une colonisation très rapide et stable de la zone restaurée dès la première année (2012) après travaux puisque 95 % (erreur standard de ± 3 %) des mailles abritent au moins une halophyte stricte (Fig. 6). Cependant l'analyse par espèce montre des patrons dynamiques différents (Fig. 7) : espèce à colonisation rapide puis décroissante (*Puccinellia distans*), espèce à colonisation rapide puis stable (*Lotus glaber*), espèce à colonisation progressive (*Juncus gerardi*), espèce à colonisation croissante puis décroissante (*Plantago maritima*). La colonisation des espèces halotolérantes se fait moins rapidement mais de manière soutenue et durable également.

La synthèse des dynamiques d'installation et de colonisation des 6 espèces indicatrices rencontrées entre 2012 et 2019 est détaillée ci-dessous :

- *Juncus gerardi* : installation dans 38 % (± 8 %) des mailles en N+1 après travaux (2012). Les mesures mettent en évidence un retour significatif de l'espèce sur le site entre 2012 et 2019. Le signal d'augmentation de l'espèce se fait en 2015 pour devenir stable dans les années qui suivent.

- *Puccinellia distans* : installation rapide et forte de cette espèce pionnière (86 % des mailles ± 5 %) en N+1 après travaux. A partir de N+8, on constate un signal de diminution lié probablement à la concurrence avec les autres plantes comme *Agrostis stolonifera* L., 1753.

- *Plantago maritima* : installation faible et fluctuante de cette espèce qui a atteint un pic d'abondance en N+4 après travaux. On observe une diminution de son taux de présence entre 2014 et 2019, passant d'une présence dans 52 % (± 8 %) des mailles à 10 % (± 5 %). L'espèce a disparu en 2019 du centre de la zone très salée dans lequel elle était encore présente en 2015. La sécheresse associée au broutage régulier des lapins a peut-être joué un rôle sur le faible nombre d'individus présents.

- *Spergula media* : les effectifs trop faibles ne permettent pas d'analyser la dynamique de cette espèce. Les faibles conditions d'humidité édaphique semblent restreindre sa présence.

- *Lotus glaber* : la hausse rapide du taux de présence s'est effectuée en deux ans seulement, pour se stabiliser en 2014 autour de 90 % (± 5 %) des mailles. La baisse observée en 2015 est vraisemblablement liée aux cumuls de fortes températures des mois de mai, juin et juillet de cette année (Infoclimat 2015). Le taux de présence a ensuite retrouvé son niveau haut et le Lotier a quasiment colonisé toute la zone en 2017-2019.

- *Inula britannica* : bien que la colonisation par cette espèce ait été plus lente au départ que le Lotier, elle a progressé régulièrement pour atteindre un taux de présence élevé similaire à celui du Lotier depuis 2014. En 2019, 95 % des mailles (± 3 %) sont occupées.

Tableau 6 – Niveau de signification des dynamiques de colonisation (Ns non significatif au seuil 0,05, (*) significatif au seuil 0,05 ; (**) significatif au seuil 0,01). Le niveau de signification des dynamiques de colonisation (p-values), estimée à partir de n+1 (2011).

Espèce cible	2012	2013	2014	2015	2017	2019
<i>Juncus gerardi</i>	Ns	Ns	Ns	* (0,014)	* (0,021)	** (0,007)
<i>Puccinellia distans</i>	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	** (0,006)
<i>Plantago maritima</i>	* (0,023)	** (0,001)	** (<0,0001)	** (0,004)	Ns	Ns
<i>Spergula media</i>	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns	Ns
<i>Lotus glaber</i>	** (0,001)	** (0,001)	** (0,001)	Ns	** (<0,001)	** (<0,001)
<i>Inula britannica</i>	** (0,003)	** (<0,001)	** (<0,001)	** (<0,001)	** (<0,001)	** (<0,001)

Une différence significative de présence peut être mise en évidence entre 2011 et 2019 au moins pour certaines espèces (Tab. 6). La dynamique de colonisation des espèces cibles depuis 2011 (Tab. 6) suit des patrons différents : *Inula britannica* (ou, dans une moindre mesure *Lotus glaber*) est significativement plus présente dès 2012 et continue à l'être jusqu'en 2019 ; *Plantago maritima* apparaît dès 2012 mais ne se maintient pas sur le long terme. A l'inverse *Juncus gerardi* n'est significativement plus présent après 4 ans d'expérimentation. A noter que pour *Spergula media*, nous n'avons pas mis en évidence d'évolution de sa dynamique depuis 2011.

Dynamique spatiale des taxons halophytes strictes et halotolérants sur la zone restaurée

Le suivi de l'occupation spatiale du site par les taxons halophytes

(Fig. 8) et halotolérants (Fig. 9) montre une forte composante d'espèces dépendantes dans la capacité des taxons indicateurs à s'installer puis à coloniser le site. Une espèce pionnière comme *Puccinellia distans* s'est installée très rapidement puisque dès 2012 elle est rencontrée dans 86 % des mailles ($\pm 5\%$), mais a du mal à se maintenir après quelques années du fait de la concurrence d'autres espèces traçantes comme *Agrostis stolonifera*. *Juncus gerardi* s'installe plus progressivement (présent dans 38 % ($\pm 8\%$) des mailles en 2012) puisqu'il faut attendre 2015 pour enregistrer une augmentation significative de sa présence au niveau du site (Tab. 6 et Fig. 8). Des taxons présentent une dynamique plus stochastique, ainsi *Spergula media* (Fig. 8) est présente certaines années mais a des difficultés à se maintenir dans les mailles dans lesquelles elle avait précédemment été observée mais également des difficultés à coloniser de nouvelles mailles.

Figure 8 – Répartition spatiale des halophytes entre 2011 et 2019.

Lotier à feuilles ténues
(*Lotus glaber*)

Inule d'Angleterre
(*Inula britannica*)

0 20 40 m
Fond : Ortho Craig, Topo GEODIS 2009
Réalisation : CEN Auvergne 09-03-2021

Légende :

- Repères fixes
- Zone étrepée en 2010
- Zone étrepée en 2011
- Zone étrepée en 2012
- Zone étrepée en 2014

- Maille de suivi
- Présence de la plante
- 2011
- 2012
- 2013
- 2014
- 2015
- 2017
- 2019

Figure 9 – Répartition spatiale des halotolérantes entre 2011 et 2019.

Discussion

Dans l'évocation des résultats propres aux paramètres abiotiques de l'habitat, bien qu'il soit mentionné que les remontées d'eau minérale d'origine profonde ne sont pas homogènes sur le site, ce qui explique les délimitations nettes des différentes végétations, des mesures des teneurs en éléments (sodium, potassium, chlorure) auraient pu être réalisées au sein de la zone de travaux, complémentairement au suivi de la flore. En effet, nous n'avons à notre disposition que les taux de sodium mesurés hors zone de travaux (INRA 1996, non publié).

L'un des objectifs de cette étude était d'évaluer si la suppression du remblai permettrait le retour d'une flore constitutive d'une végétation de type pré salé continental. Parmi les 24 espèces cibles (Tab. 2), six ont été observées (soit un quart de la liste) au moins une fois dans la zone restaurée entre 2001 et 2019. Ces résultats sont positifs car parmi les 24 plantes théoriques, 9 pouvaient être potentiellement observées par rapport aux données bibliographiques. La zone restaurée a accueilli quelques pieds de *Spergula media*, qui est une espèce très halophile (valence 8), mais cette espèce a eu du mal à se maintenir lors des années sèches. Cependant, les travaux n'ont pas permis de restaurer les stations historiques des espèces considérées disparues telles que *Lysimachia maritima* ou *Taraxacum bessarabicum*.

Trois espèces potentiellement observables sur le site n'ont pas été recensées : *Bupleurum tenuissimum* a pu échapper aux observations car son optimum de floraison se situe en août-septembre, soit après la période d'inventaire réalisée en juillet. Des prospections complémentaires en août n'ont toutefois pas permis de l'observer non plus. *Hordeum secalinum* est une espèce naturellement peu fréquente sur le site. Enfin, pour *Bolboschoenus maritimus*, sa station actuelle dans un ancien fossé asséché est déjà peu vigoureuse, la zone restaurée semble trop sèche pour accueillir cette espèce.

Une approche complémentaire par l'analyse de la végétation aurait permis de rendre mieux compte de l'efficacité des travaux de restauration.

De plus, le suivi cartographique révèle également l'existence de deux secteurs peu ou pas colonisés (Fig. 10 et 11). Les enregistrements pédologiques et hydrologiques ont permis de caractériser ces zones qui correspondent d'une part au nord-est du site à une zone d'accumulation d'eau de pluie une grande partie de l'année et qui est de fait peu végétalisée et d'autre part à une zone au sud-est du site dans laquelle le sol n'est pas un sodisol (Fig. 10 et 11). Enfin, la météorologie a été très perturbée ces dernières années, avec globalement de fortes périodes de sécheresse et des températures estivales élevées comme en 2019 où la barre des 40 °C a été franchie (Infoclimat 2019) et où la sécheresse superficielle des sols de Limagne a atteint des

records en septembre. Cela peut entraîner des périodes de concentration des sels dans le sol favorable aux halophytes mais aussi une moindre disponibilité en eau pour les plantes halophiles les plus hygrophiles comme *Spergula media* qui régresse sur tout le site.

Figure 10 – Partie Nord-est du site peu végétalisée et où s'accumule l'eau de pluie, ©CEN Auvergne, SC, SP.

Figure 11 – Aperçu de la zone 3 après travaux, montrant déjà deux types de sols sous le remblai, ©CEN Auvergne.

Sur le plan méthodologique, la méthode de suivi par mailles permet d'avoir des informations précises de la dynamique d'installation de la flore. Toutefois, des points d'amélioration seraient possibles. Premièrement, le protocole mobilisé dans cette étude n'a pas permis une approche quantitative, ce qui ne nous permet pas de différencier entre un taxon qui recouvre toute la surface de la maille d'un taxon présent sous forme de pieds isolés, comme c'est souvent le cas pour *Spergula media*, *Plantago maritima* subsp. *maritima*. En second lieu, il aurait été

utile de pouvoir évaluer l'impact de la compétition spatiale entre espèces. Pour cela il aurait été nécessaire de relever en parallèle des plantes indicatrices cibles, la présence de plantes plus communes mais fortement concurrentielles comme *Agrostis stolonifera*, *Festuca* cf. *valesiaca* Schleich. ex Gaudin, ou *Senecio inaequidens* DC., qui est apparu en 2011 sur le site et ne cesse de s'étendre. Enfin, pour évaluer les potentiels d'installation des espèces, il aurait été intéressant d'estimer la banque de graines du sol. La mise à disposition de modèles fins de microtopographie (Lidar) permettrait aussi peut-être d'expliquer la répartition de certaines espèces, même si là encore, la mesure par mailles de 10m x 10m ne serait probablement pas assez précise en parallèle.

Ce type d'opération de suppression de remblais sur marais salés, qui a déjà été mené à trois reprises dans trois sites différents par le CEN Auvergne, montre clairement son efficacité. En effet, notamment sur le site du Sail (commune de Mirefleurs, 63), un suivi cartographique de la végétation a montré entre 2008 et 2018 une augmentation de la surface d'habitat de prés salés d'environ 0,2 ha (Cordonnier 2018), grâce aux travaux de suppression de remblai. Sur le site du marais salé de Beaumont, un suivi par mailles similaire à celui présenté dans cet article a également mis en avant l'efficacité d'occupation du site par les espèces halophiles, avec un retour de plusieurs espèces sur la majorité des mailles (*Puccinellia distans*, *Spergula media*), 5 ans après enlèvement d'un dépôt sauvage (CEN Auvergne 2016).

Il semble donc que ce type de suivi annuel puisse permettre de démontrer la restauration progressive de la flore de prés salés après décapage de remblais bien que le recouvrement n'ait pas été évalué. Cependant, la réactualisation de la cartographie de végétation comme sur le site du Sail peut s'avérer être un outil pertinent, si les moyens humains et financiers ne permettent pas un suivi annuel, pour évaluer la progression de surfaces de végétation sur le moyen terme (10 ans) suite aux travaux.

Conclusion et perspectives

Les paramètres issus des études hydrogéologiques et la plupart des indicateurs de présence/absence des espèces spécifiques permettent de constater que la suppression du remblai a permis de restaurer les paramètres abiotiques (remontée d'eau minéralisée en surface) et le retour d'une flore constitutive d'une végétation de type pré salé continental.

Au final, les résultats obtenus sont suffisamment informatifs pour valider cette méthode de restauration. Nous maintiendrons notre dispositif de suivi des espèces cibles (mesure tous les cinq ans) pour estimer les effets à long terme de la restauration. Nous envisageons en particulier une actualisation de la cartographie de la végétation à une échelle fine afin d'estimer les surfaces de chaque type de végétation (2021) et le rajout dans le suivi des 104 mailles de la présence du Sénéçon du Cap, espèce exotique envahissante, et de la Fétuque du groupe *ovina* (cf. *valesiaca*), espèce probablement structurante des végétations stabilisées. En termes de gestion, la révision du document d'objectifs du site Natura 2000 en 2021 permettra de définir les actions de gestion à mettre en place. A minima, une poursuite de l'arrachage du Sénéçon du Cap dans la zone de travaux est prévue afin de limiter la concurrence vis-à-vis de la végétation des prés salés.

Remerciements

Nous remercions les membres du conseil scientifique des CENs – commission Auvergne- pour leur contribution méthodologique.

Nous remercions les financeurs de cet article : État (ministère de la transition écologique et solidaire) et Union européenne (avec le concours du Fonds européen de développement rural).

Références bibliographiques

- AnteaGroup, 2016. Etude hydrogéologique du marais de Cœur. Commune de Saint-Beauzire et Ménérol (63). Rapport n° 83842A, Conservatoire des espaces naturels d'Auvergne, 52 p.
- AnteaGroup, 2017. Instrumentation d'ouvrages de captage des eaux souterraines et exploitations des données. Rapport n° 91271A. Manufacture des pneumatiques Michelin – site de Ladoux, 18 p.
- Antonetti Ph., Brugel E., Kessler F., Barbe J.P. & Tort M., 2006. *Atlas de la Flore d'Auvergne*. Conservatoire botanique national du Massif Central, 984 p.
- APPR, 2013. A71 2x3 voies / Gerzat - A75 -Marais salé de Saint Beauzire - Enlèvement de matériaux mis en dépôt. Egis France, Réf : 05571, 54 p.
- Bensettiti F., Bioret F., Roland J., Lacoste J.P., Gehu J.M., Glemarec M. & Bellan-Santini D., 2005. Cahiers d'habitats Natura 2000 : Habitats agropastoraux. La Documentation Française, Paris, 4, 487 p.
- Burgeap, 2000. Marais salé de St-Beauzire (63) – étude complémentaire du fonctionnement hydrologique. DIREN Auvergne, 9 p.+annexes.
- Burgeap, 2001. Marais salé de St-Beauzire (63) – investigations complémentaires – Phase II. DIREN Auvergne, 8 p.+annexes.
- CEPA, 2009. Document d'objectifs Natura 2000 « Marais salé de Saint-Beauzire » Site Fr 830-1037 Document de synthèse final validé par le comité de pilotage du 23 février 2009. Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, 50 p.
- CEPA, 2015. Mise en œuvre du document d'objectifs du site Natura 2000 FR 830 1037 Marais salé de St-Beauzire. Compte-rendu du contrat Natura 2010-2014. Conservatoire des Espaces et Paysages d'Auvergne, 26 p.
- CEN Auvergne, 2016. Mise en œuvre du document d'objectifs du site Natura 2000 FR 830 1073 Coteaux de Montlaison – la Garenne – Prés salés de Beaumont. Compte-rendu d'exécution Année 2016. Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, 20 p.
- CEN Auvergne (coordination), CBNMC, INRA UR3P Lusignan, 2018. Analyse de la diversité génétique entre les populations auvergnates et les populations littorales du Plantain maritime (*Plantago maritima* subsp. *maritima*). Manufacture des pneumatiques Michelin – site de Ladoux, 24 p.
- Choisnet G., Roux C., Cordonnier S., Hugonnot V. & Bioret F., 2020. La végétation des sources thermominérales salées d'Auvergne. BIOM 1 : 69-96.
- Conseil des Communautés Européennes, 1992. Journal officiel n° L 206 du 22/07/1992 p. 0007 – 0050. Directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/HTML/?uri=CELEX:31992L0043>
- Cochran W. G., 1950. The comparison of percentages in matched samples. *Biometrika*, **37**: 256-266.
- Cordonnier S., 2012. *Sources et prés salés d'Auvergne*. Les guides naturalistes du Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, 160 p.
- Cordonnier S., 2018. *Mise en œuvre du document d'objectifs du site Natura 2000 FR 830 1038 Val d'Allier Alagnon*. Suivi écologique des sources et prés salés. Conservatoire d'espaces naturels d'Auvergne, 35 p.
- Dejou J., 1979. *Les selins de la Limagne de Clermont-Ferrand : Aperçu pédologique et premiers résultats expérimentaux de leur mise en valeur*. I.N.R.A., B.T.I. 336, Clermont-Ferrand, p. 19-32.
- Dejou J., 1985. Les sols de la région de Clermont-Fd. *Revue des Sciences Naturelles d'Auvergne*, Vol. **51** : 25-35.
- Duthuret, 1722. *Plan des haut et bas marais de cœur et de Gerzat communs entre les habitants de Saint-Beauzire, Ménérol et Bourrasol*. Sign. Duthuret, paraphé Gestin, Archives nationales de Paris, N/III/Puy-de-Dôme/17.
- Ellenberg H., Weber H.E., Düll R., Wirth V., Werner W. & Paulissen, D., 1992. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. (2ème édition) *Scripta geobotanica* (Göttingen Goltze), **18** : 1 -260.
- Gouvernement. Les nouveaux indicateurs (06/12/2016). <https://www.gouvernement.fr/indicateur-artificialisation-sols>. (15/05/2020)
- Hugonnot V. 2016. *Les bryophytes des Bas-Marais de Cœur (Saint-Beauzire) et Haut-Marais de Cœur (Ménérol) (Puy-de-Dôme)*. Conservatoire botanique national du Massif central \ Michelin ; FEADER, Direction régionale de l'environnement Auvergne-Rhône-Alpes, 18 p.
- Infoclimat. *Climat de l'année à Clermont-Ferrand*. <https://www.infoclimat.fr/climatologie/annee/2019/clermont-ferrand-aunat/valeurs/07460.html> (15/05/2019)
- Julve Ph., 1998. Flore et végétation de la France et du Monde – CATMINAT. *Baseflor. Index botanique, écologique et chorologique de la flore de France*. <http://philippe.julve.pagesperso-orange.fr/catminat.htm> (15/05/2020)
- Legifrance. JORF n°108 du 10 mai 1990 page 5552. Arrêté du 30 mars 1990 relatif à la liste des espèces végétales protégées en région Auvergne complétant la liste nationale. <https://beta.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000000349624> (15/05/2020)
- Legifrance. JORF n°3 du 4 janvier 1992 page 187. LOI n° 92-3 du 3 janvier 1992 sur l'eau (1) NOR: ENVX9100061L . <https://www.legifrance.gouv.fr/eli/loi/1992/1/3/ENVX9100061L/jo/texte> (15/05/2020)
- Planetoscope. *L'artificialisation des sols en France*. <https://www.planetoscope.com/sols/2024-l-artificialisation-des-sols-en-france.html> (19/05/2020)
- Servant J., Bornand M. & Dejou J., 1976. Sur la présence de sols à alcali dans la Limagne de Clermont-Ferrand. *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris Série D*, **282** : 37-40.
- Scherfose V., 1990. Salz-Zeigerwerte von Gefäßpflanzen der Salzmarschen, Tiederöhrliche und Salzwassertümpel an der deutschen Nord- und Ostseeküste. *Jahresber. Niedersachs. Landesamt Wasser Abfall, Forschungst. Küste* **39** : 31-82.
- Thébaud G., Roux C., Bernard C.-E. & Delcoigne A., 2014. *Guide d'identification des végétations du nord du Massif central. Associations végétales et habitats naturels*. Éd. Presses universitaires Blaise Pascal, 274 p.
- Tison J.-M. & Foucault B. (coords), 2014. *Flora Gallica, Flore de France*. Éd. Biotope, Mèze, 1196 p.