



Avancées des connaissances sur *Daucus carota* L. subsp. *gadecaei* (Rouy & E.G.Camus) Heywood, plante littorale endémique du territoire français



Jean-Pierre REDURON
VIA APIA
10, rue de l'Arsenal
68100 Mulhouse

Audrey CHAPUT-BARDY
Sébastien HUET
Emmanuel GEOFFRIAU

IRHS, Agrocampus-Ouest,
INRA, Université d'Angers,
SFR 4207 QuaSaV,
49071 Beaucouzé

Référence bibliographique de l'article : REDURON J.-P., CHAPUT-BARDY A., HUET S., GEOFFRIAU E., 2016 - Avancées des connaissances sur *Daucus carota* L. subsp. *gadecaei* (Rouy & E.G.Camus) Heywood, plante littorale endémique du territoire français. *E.R.I.C.A.*, **30** : 26-36.

Résumé : il est fait le point de l'avancée des connaissances sur *Daucus carota* subsp. *gadecaei* suite aux observations de terrain, et aux analyses morphologiques et génétiques. Les données morphologiques au stade adulte séparent nettement la subsp. *gadecaei* des taxons var. *gummifer* et var. *carota*, mais la distinction avec var. *gummifer* est plus incertaine au stade plantule. Les données génétiques confirment la distinction de la subsp. *gadecaei* et permettent de différencier les 2 populations, bretonne et basque, peu différentes sur le plan morphologique. La morphologie particulière de la subsp. *gadecaei* se maintient très bien en culture. Les résultats vont dans le sens d'un écotype bien fixé par la sélection adaptative du milieu mais demeurant interfertile avec les autres taxons présents, ce qui peut représenter une menace pour sa pérennité. Les risques de régression *in situ* et l'intérêt de ce taxon pour l'amélioration de la carotte justifient les efforts de conservation de la subsp. *gadecaei*.

Mots clés : carotte sauvage ; var. *gummifer* ; var. *carota* ; morphologie ; diversité génétique.

Keywords : wild carrot ; var. *gummifer* ; var. *carota* ; morphology ; genetic diversity.

Introduction

Petite plante endémique du littoral atlantique français, la Carotte de Gadeceau (*Daucus carota* subsp. *gadecaei*) a été décrite par G. Rouy et E.-G. Camus (1901) sur la base d'une récolte de Rouy faite à Belle-Île, dans les pelouses rases des falaises situées au-dessus de la grotte de l'Apothicaierie. Le type nomenclatural a été désigné par Reduron (Reduron & Muckensturm, 2007). La Carotte de Gadeceau est protégée au niveau national, cela est motivé par le faible nombre de populations comme par la surfréquentation côtière et l'aménagement du littoral. On oublie souvent qu'il s'agit aussi d'une ressource génétique en tant que plante parente d'une espèce végétale cultivée, la carotte, légume en plein développement et diversification. L'évolution variétale exige une base génétique élargie au compartiment sauvage, source potentielle de résistances naturelles aux pathogènes.

Ce qui précède a conduit un spécialiste taxonomique des Apiacées (J.-P. Reduron) et un agronome spécialisé sur le genre *Daucus* (E. Geoffriau) à s'associer pour faire progresser la connaissance et la conservation de la Carotte de Gadeceau au travers de différentes disciplines, principalement la morphologie et la génétique. Pour cela ont été nécessaires des prospections de terrain (notamment celle de 2010 sur toute la façade atlantique) et des mises en culture (Agrocampus Ouest Angers, Unité conservatoire du Service des Espaces verts de la Ville de Mulhouse, Jardin botanique de l'Université de Strasbourg).

Définition de *Daucus carota* subsp. *gadecaei*

Daucus carota subsp. *gadecaei* est taxonomiquement défini par l'association des caractères morphologiques suivants (fig. 1) :

- plante naine, de hauteur : 2-5 cm (rarement 10-15 cm), toujours à port prostré, rameaux plagiotropes, appliqués sur le sol et souvent longuement nus sous l'ombelle ;
- ombelles très petites, diamètre (1) 2-4 (5) cm au stade floral, ± arquées en nid à maturité : involucre à bractées réduites, entières ou en partie triséquées (rarement pennatiséquées), alors formées de plusieurs divisions linéaires ; fleurs de la circonférence à pétales extérieurs non ou faiblement rayonnants (égaux aux centraux ou à peine plus grands) ; fruit court, 2-3 mm de long, le plus souvent pourvu d'aiguillons courts, arqués vers le haut (parfois réduits : var. *breviaculeatus* Rouy & E.G. Camus), rarement droits et allongés (plantes peu typiques probablement avec influence de la var. *carota*, la Carotte sauvage commune).

Cette morphologie se conserve bien par la culture (Angers, Mulhouse) lorsqu'il s'agit de populations source homogènes, formées uniquement de la subsp. *gadecaei*.



Figure 1. *Daucus carota* subsp. *gadecaei* • J.-P. Reduron :

- a) Saint-Gildas-de-Rhuys-falaise du Grand Mont. La plante qui s'imisce dans la pelouse courte et drue est parfois à peine visible.
 b) Unité conservatoire du Service des Espaces verts de la Ville de Mulhouse - origine Belle-Île (*locus classicus*) : le port et la morphologie de la plante se maintiennent en culture. Port prostré, allongement horizontal des pédoncules non feuillés des ombelles de taille réduite.

Cela posé, la subsp. *gadecaei* n'est pas le seul morphotype nain existant au sein de la très vaste variabilité de *Daucus carota*, ce qui fait que des difficultés de détermination peuvent survenir (fig. 2) :

- var. *gummifer* naine : de la var. *gummifer* normale, elle conserve en réduction le port trapu, les tiges non prostrées, sans longs pédoncules non feuillés et les rayons relativement épais donnant des ombelles rigides souvent bombées en fleurs, pourvues de bractées divisées en segments généralement lancéolés, un feuillage plutôt épais et charnu, découpé en lobes ± largement ovales. En revanche, la subsp. *gadecaei* présente un port relativement svelte, élancé, des rayons minces donnant des ombelles moins rigides, non bombées en général, pourvues bractées plus étroites, un feuillage seulement à peine charnu, divisés en lobes lancéolés.
- var. *carota* naine : elle se distingue par ses fruits toujours pourvus d'aiguillons droits et radiants (non courbes et arqués vers le haut) ; les bractées sont généralement non réduites, pennatiséquées ; les fleurs de la circonférence à pétales rayonnants (plus grands que les centraux) ; le fruit est normalement plus long, pouvant atteindre 3,5-4 mm. Elle ne présente que très rarement le port typiquement prostré de la subsp. *gadecaei*.

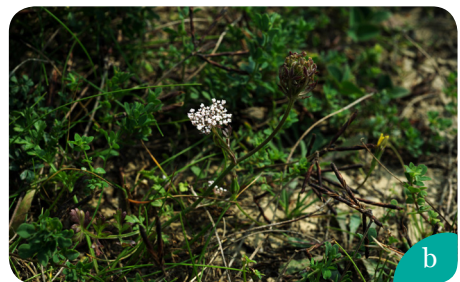


Figure 2. Variations naines du complexe *Daucus carota* potentielles sources de confusion • J.-P. Reduron :

- a) *Daucus carota* var. *gummifer* nain, Hendaye (64) ; port trapu, le feuillage charnu et peu découpé.
 b) *Daucus* nain à caractères des var. *carota* et var. *gummifer*, Hendaye, simulant la subsp. *gadecaei* ; pas de port prostré.

Il arrive parfois que le caractère des rameaux plagiotropes allongés, typiques de la subsp. *gadecaei*, ne se concrétise vraiment qu'en fin de saison, au stade fruit, car les rameaux ne sont pas encore suffisamment développés à la floraison.

Enfin, il faut demeurer bien conscient de l'existence de plantes de taille plus grande, provenant d'hybridation soit avec la var. *gummifer* ou la var. *carota* et présentant des ports et morphologies intermédiaires. Elles se situent généralement en secteur de contact entre ces taxons.

En fonction de ces discriminants, il est possible de confirmer la présence de la subsp. *gadecaei* et d'apporter quelques commentaires basés sur les sites visités suivants (fig. 3) :

- Loire-Atlantique : Assérac : pointe de Pen Bé. Prospection 2010. Effectif très faible ~10. Site envahi par la var. *carota* qu'il faudrait y éradiquer si l'on veut y maintenir la subsp. *gadecaei* !)
- Loire-Atlantique : Piriac-sur-Mer. Minisession Apiacées de la Société botanique du Centre-Ouest 2012. Effectif moyen ~150. Présence d'intermédiaires avec la var. *carota*.
- Pyrénées-Atlantiques : Saint-Gildas-de-Rhuys : falaise du Grand Mont. Prospection 2010. Effectif moyen ~ 50. Absence de var. *gummifer* proches ; présence localisée (chemins) de la var. *carota*.
- Morbihan : Saint-Pierre-Quiberon : entre Porz Guen et la pointe du Percho. Prospection 2010. Effectif important ~ 1500 dû aux protections mises en place ; bonne homogénéité.
- Pyrénées-Atlantiques : Bidart, plage du Centre. Effectif important ~ 500. Présence autour de la population de la var. *gummifer* et de la notho-subsp. *intermedius*.

Les stations signalées sur la Presqu'île de Crozon (Finistère) dans les années 1990 n'ont pas été retrouvées lors des recherches engagées au début des années 2000 (Magnanon, 2001 in Guitton et Lacroix, 2008). Mais il faut ici rappeler que cette étude n'a pas eu l'ambition de répertorier toutes les populations de la subsp. *gadecaei*, car les prospections se sont adressées à l'ensemble des variations infraspécifiques de *D. carota* présentes sur le territoire français, Corse comprise, et non uniquement à la subsp. *gadecaei*, tout comme les recherches documentaires. Une cartographie complète, exhaustive de la subsp. *gadecaei* reste à réaliser.

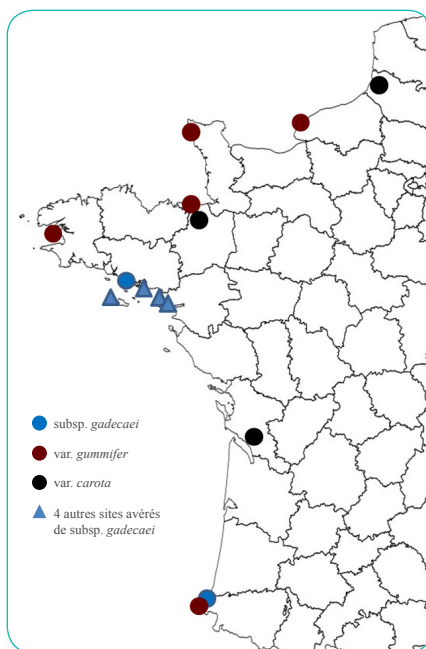


Figure 3. Localisation sur la façade atlantique des populations étudiées au stade adulte et par marqueurs microsatellites

Écologie

Les biotopes de la subsp. *gadecaei* sont principalement des pelouses denses et rases aérohalines sur la partie sommitale des falaises maritimes ; cela correspond à des végétations du *Sileno maritimae* – *Festucion pruinosa* Géhu. Au Pays basque, on la rencontre aussi dans des pelouses lâches, écorchées sur des pentes marneuses.

Étude morphologique au stade adulte

Les éléments morphologiques distinctifs donnés dans la partie « Définition » sont fondés sur une série d'observations cumulées et ont valeur de « dire d'experts ». Dans le but d'étayer l'emploi de la morphologie adulte pour la définition de la subsp. *gadecaei*, il a été pratiqué une analyse

en composantes principales (ACP) impliquant 21 caractères mesurés sur environ 15 plantes par population :

- aspect général : hauteur - port (prostré, ascendant, dressé) - ramification
- feuilles inférieures : longueur du segment terminal - rapport L/l du segment terminal - rapport L/l du lobe médian du segment terminal - luisance - épaisseur (minces à charnues)
- feuilles supérieures : rapport L/l du segment terminal - rapport L/l du lobe médian du segment terminal
- ombelle principale en fleur : diamètre - bractées : rapport L/l de la bractée ou de son segment terminal - pétales : longueur du pétale extérieur des fleurs de la circonférence - pétales : rapport des longueurs des pétales circonférentiels/centraux
- ombelle en fruit : rapport diamètre/hauteur - position du plus grand diamètre (de la base au sommet : une mesure quantitative liée à la forme)
- fruit : longueur (= hauteur) - courbure des aiguillons médians - longueur de la partie libre (non soudée) des aiguillons médians - rapport partie libre/portion soudée des aiguillons - angle des aiguillons médians / axe du fruit (mesure du redressement des aiguillons vers le sommet du fruit).

Pour la présente ACP, ont été comparées les populations suivantes [Code numérique officiel du Centre de Ressources Biologiques à Angers] :

- 2 pour la subsp. *gadecaei* : Quiberon (Morbihan) [715] - Pays basque : Bidart (Pyrénées-Atlantiques) [761]
- 4 pour la var. *gummifer* : Crozon (Finistère) [720] - Cancale (Ille-et-Vilaine) [732] - nez de Jobourg (Manche) [735] - Le Tilleul : valleuse d'Antifer (Seine-Maritime) [740]
- 1 pour la var. *gummifer* en population hétérogène : Hendaye (Pyrénées-Atlantiques) [710]
- 3 pour la var. *carota* : Bussac-Forêt (Charente-Maritime) [707] - La Gouesnière (Ille-et-Vilaine) [733] - Saint-Valéry-sur-Somme (Somme) [743]
- 1 pour la subsp. *drepanensis* (équivalent méditerranéen nain de la subsp. *gadecaei*) : golfe de Ventilegne (Corse sud) [780].

Cette étude a donné les résultats suivants.

La séparation en 3 groupes est très nette (fig. 4) :

- la var. *carota*, non liée au littoral, prairiale et rudérale à droite de l'axe vertical ;
- la var. *gummifer* qui forme un cluster dans l'angle haut à gauche, regroupant les populations bretonnes (720, 732, 735) et basque (710), alors que la population de Seine-Maritime (740) s'éloigne de ce cluster en direction de la var. *carota* ;
- les populations à plantes naines, toutes situées à gauche de l'axe vertical où sont situées la majorité des var. *gummifer*.

En ce qui concerne la subsp. *gadecaei*, il apparaît que les critères morphologiques cités plus haut sont validés si l'on se limite à la façade atlantique, c'est-à-dire en excluant la subsp. *drepanensis*. Seul le caractère « hauteur des plantes » n'apparaît pas comme le plus discriminant dans cette analyse multivariable.

Toutefois, si l'on analyse les données portant uniquement sur la subsp. *gadecaei* et la var. *gummifer* dans le but de tester les rapports uniquement entre ces deux taxons, les différences morphologiques se révèlent nettement (fig. 5), avec des caractères de hauteur de plante, d'aspect et de découpe foliaire ainsi que de diamètre d'ombelle. La variabilité au sein de la var. *gummifer* est importante, avec la population de Seine-Maritime (740) maintenant sa distinction.

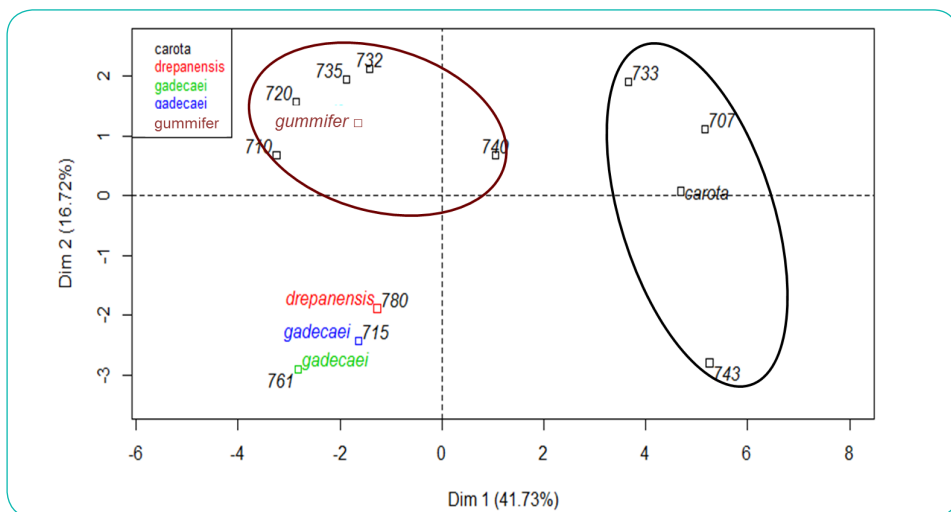


Figure 4. Distribution ACP de la diversité de 11 populations issues de 4 taxons sur la base de données morphologiques au stade adulte (le barycentre d'un taxon donné est indiqué par le nom)

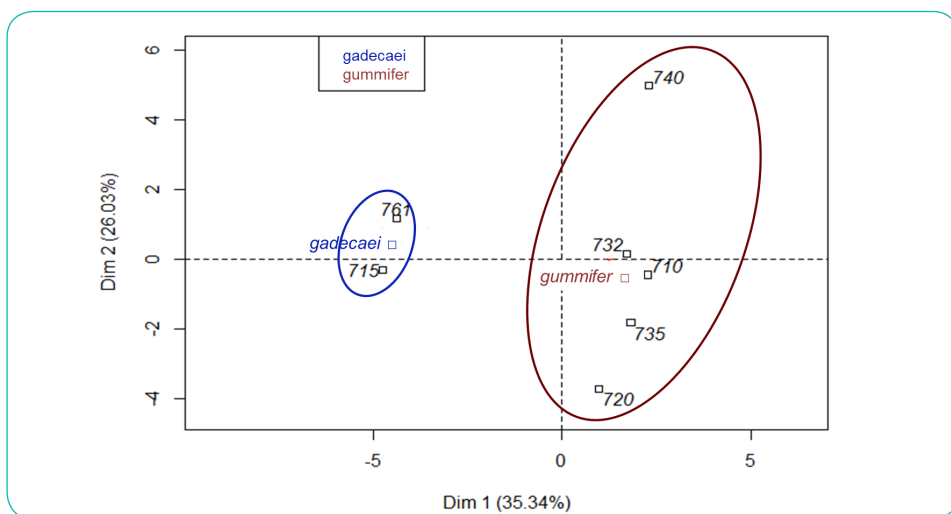


Figure 5. Distribution des populations de taxons *gadecaei* et *gummifer* par analyse ACP sur données morphologiques au stade adulte

Suite à l'analyse morphologique adulte, il est clair que la subsp. *gadecaei* se distingue nettement des var. *carota* et var. *gummifer*. Cette analyse montre une plus forte proximité morphologique de la subsp. *gadecaei* avec le groupe « *gummifer* » (exclusivement littoral), comme indiqué par une étude précédente impliquant une grande partie des taxons du complexe *D. carota* présents sur le territoire français (Geoffriau *et al.*, *Acta Hort.* sous presse). La faible variabilité morphologique pour la subsp. *gadecaei* notée ici sur deux populations est à confirmer sur un échantillon plus large.

Étude morphologique au stade plantule

Les populations de la subsp. *gadecaei* prises en compte pour le stade plantule ont été les suivantes :

- Morbihan : Belle-Île : Apothicairerie, *locus classicus* ; Saint-Pierre-Quiberon : entre Porz Guen et la pointe du Percho ; Saint-Gildas-de-Rhuys : falaise du Grand Mont,
- Loire-Atlantique : Piriac-sur-Mer, anse de Pors er Ster,
- Pyrénées-Atlantiques : Bidart, plage du Centre.

Le stade plantule peut permettre d'observer des caractères indépendamment d'effets environnementaux auxquels cette espèce est connue pour être sensible. Nous avons comparé la plantule type du *locus classicus* ainsi que celles des autres populations de la subsp. *gadecaei* avec celles des autres unités du groupe, plus particulièrement les var. *gummifer* puis var. *carota*, soit un total de 48 populations comparées (à raison d'au moins 30 individus/population). Nous présentons ici les principales observations.

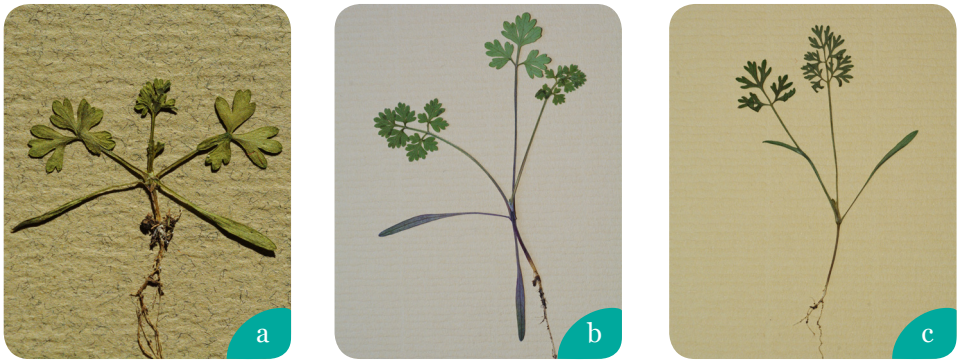


Figure 6. Jeune plantule • J.-P. Reduron :

- a) subsp. *gadecaei* du *locus classicus* montrant (à droite) la 1^{ère} feuille vraie avec son segment terminal particulier (trilobé à lobes larges et atténué-cunéiforme à la base),
 b) var. *gummifer* (Dinard Saint-Énogat – Ille-et-Vilaine),
 c) var. *carota* (Schweighouse – Haut-Rhin).

On remarque que la 1^{ère} feuille vraie (fig. 6) de la subsp. *gadecaei* possède un segment terminal lobé, subsessile-cunéiforme alors qu'il est divisé et pétiolulé chez la var. *gummifer* et la var. *carota*, ce qui le détache bien des segments basaux. Par ailleurs, les lobes de la var. *gummifer* sont sensiblement plus larges que ceux de la var. *carota*. Les principaux caractères distinctifs sont donc :

- subsp. *gadecaei* : segment terminal de la 1^{ère} feuille vraie seulement lobé, subsessile-cunéiforme et à lobes larges, ovales-arrondis
- var. *carota* : feuilles mates ; segment terminal de la 1^{ère} feuille vraie divisé (triséqué), pétiolulé et à lobes étroits, lancéolés.
- var. *gummifer* : feuilles luisantes ; segment terminal de la 1^{ère} feuille vraie divisé (triséqué), pétiolulé et à lobes larges, ovales.

Ces distinctions tirent leur forte validité de semis homogènes. Ceci posé, il faut ajouter que ces semis provenaient de populations elles-mêmes dotées d'une très bonne homogénéité et d'une isolation relativement concrète vis-à-vis des autres taxons infraspécifiques de *Daucus carota* (Belle-Île, Quiberon).

Ce n'est pas le cas de toutes les populations étudiées de la subsp. *gadecaei* : celle de Piriac-sur-Mer présentait un taux de typicité des plantules de 76 % (mesuré sur 118 individus) et celle de Bidart de 53 % seulement (mesuré sur 64 individus) ; dans les deux cas, les populations étaient au contact des var. *carota* ou var. *gummifer*.

On a pu aussi constater des plantules de type *gadecaei* dans des semis de la var. *gummifer*. Le cas le plus extrême concerne la population *gummifer* de Crozon pour laquelle 48 % des plantules du semis étaient de type *gadecaei* et 29 % proches (mesuré sur 31 individus). Cela est d'autant plus étonnant que la population *gummifer* était de morphologie typique, bien homogène et distante de

tout autre taxon. Cela peut s'expliquer par une présence actuelle ± éloignée (mais compatible pour la pollinisation et donc l'introgession) de la subsp. *gadecaei* qui n'aurait pas été repérée lors de la prospection, ou bien par une hybridation intervenue dans un passé récent puisqu'elle a été signalée dans le secteur de Crozon par S. Magnanon en 2001 (voir plus haut).

Néanmoins on aurait avantage à revisiter la station et aussi à effectuer un suivi fin du devenir de ces plantules de type *gadecaei* pour connaître leur morphologie adulte.

Globalement, semble se dessiner une plus grande proximité au stade plantule entre la subsp. *gadecaei* et la var. *gummifer* qu'avec la var. *carota*, ce qui s'est également manifestée lors de l'analyse morphologique adulte.

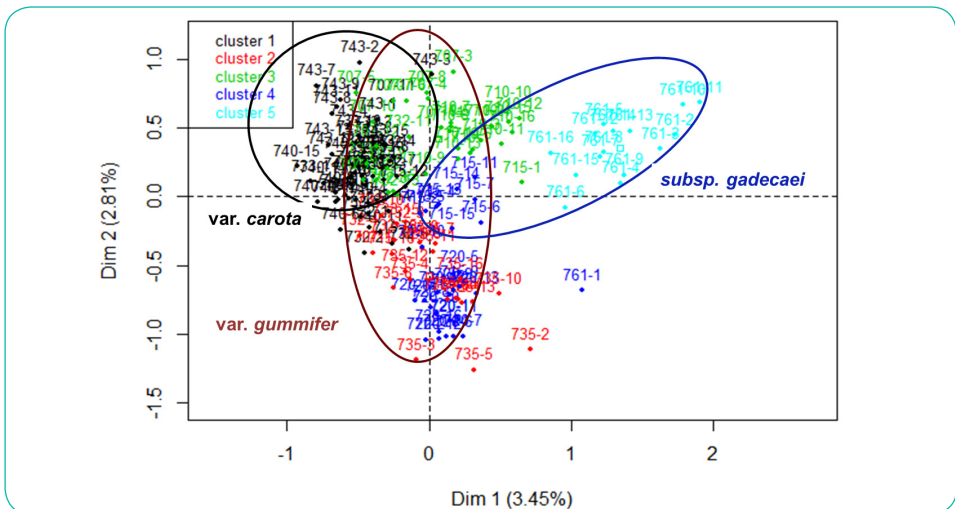
Analyse de diversité par marqueurs génétiques

Les populations prises en compte pour l'analyse moléculaire ont été les mêmes que pour les caractérisations morphologiques au stade adulte, sauf la population de la subsp. *drepanensis* non retenue ici.

Afin de situer sur le plan moléculaire la subsp. *gadecaei* par rapport aux taxons proches, les populations précitées de la façade atlantique ont été étudiées par 12 marqueurs microsatellites (SSR) sur 16 individus par population. Les résultats ont été traités par analyse des correspondances multiples (ACM) et classification hiérarchique avec le logiciel *R* (R Core Team 2015) ainsi que par le logiciel *Structure* (Pritchard *et al.*, 2000) pour la recherche de structuration par statistiques bayésiennes. La différenciation génétique entre populations a été calculée par l'indice *F_{st}*, qui mesure la différence de fréquence allélique. Les marqueurs SSR sont neutres et représentent des résultats complémentaires par rapport aux données morphologiques qui reflètent des capacités adaptatives.

1. Analyse globale

L'analyse globale (fig. 7) fait apparaître une diversité importante pour var. *gummifer* et plus réduite pour var. *carota*. Les deux populations de la subsp. *gadecaei* sont bien identifiées entre elles, la population 761 de Bidart, montrant une diversité plus importante que celle 715 de Quiberon. Toutefois, cette dernière est regroupée par classification hiérarchique avec la population *gummifer* 720 de Crozon, ce qui peut refléter un phénomène d'introgession. La population *gadecaei* 761 de Bidart est quant à elle identifiée dans un groupe à part.



2. Comparaison des subsp. *gadecaei* et var. *gummifer*

Les populations de la subsp. *gadecaei*, Quiberon (715), Bidart (761) se séparent bien entre elles, et de celles de la var. *gummifer* ; on note l'exception de Crozon (720) qui est en recouvrement partiel avec la subsp. *gadecaei* de Quiberon sur le premier plan de l'ACM mais qui appartient à un autre groupe selon l'analyse de classification hiérarchique (fig. 8).

On remarque également la proximité relative de la subsp. *gadecaei* de Bidart avec la var. *gummifer* d'Hendaye (710). D'ailleurs, les analyses de structuration par le logiciel *Structure* (non montré) affectent ces deux populations au même groupe, ce qui peut s'expliquer par la proximité géographique. Les autres var. *gummifer* sont plus nordiques. Il y a globalement un regroupement géographique. Sur le plan des valeurs *Fst*, la subsp. *gadecaei* de Quiberon montre des valeurs de différenciation fortes avec les populations var. *gummifer* Antifer (740 *Fst* = 0,15), Nez de Jobourg (735 *Fst* = 0,16), et particulièrement forte avec Crozon (720 *Fst* = 0,22) alors que cette population est géographiquement plus proche. Les résultats moléculaires sur des marqueurs reflétant le génome montrent une distinction claire entre ces deux populations contrairement aux caractères morphologiques au stade plantule. La comparaison de la population subsp. *gadecaei* de Quiberon avec les 5 populations de var. *gummifer* aboutit à une *Fst* moyenne de 0,19 - clairement forte.

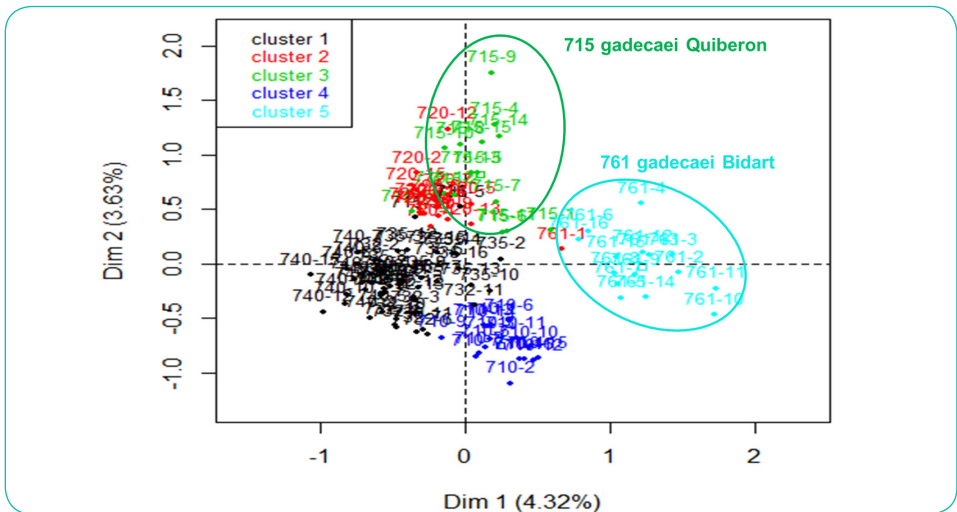


Figure 8. Comparaison de la distribution des populations subsp. *gadecaei* / var. *gummifer* sur la base des données SSR (ACM, représentation des 5 groupes définis par classification hiérarchique)

3. Comparaison des subsp. *gadecaei* et var. *carota*

L'analyse par statistiques bayésiennes (fig. 9) sépare clairement les 2 populations de la subsp. *gadecaei* (715, 761 ; groupes rouge et bleu respectivement) entre elles ainsi qu'avec la var. *carota* (707, 733, 743 ; groupe vert). Ces résultats sont convergents avec l'analyse ACM.

Sur le plan des valeurs *Fst*, la subsp. *gadecaei* de Quiberon montre des valeurs de différenciation forte avec Bussac-Forêt (707 *Fst* = 0,13), mais moyennes avec Saint-Valéry-sur-Somme (743 *Fst* = 0,09) et La Gouesnière (733 *Fst* = 0,09). La comparaison de la population subsp. *gadecaei* de Quiberon avec les 3 populations de var. *carota* aboutit à une *Fst* moyenne de 0,10, significativement moins élevée que celle de la var. *gummifer* (0,19). Il est possible que la var. *carota* soit intervenue dans l'individualisation de la subsp. *gadecaei*.

La subsp. *gadecaei* de Bidart a une valeur de différenciation forte (*Fst* = 0,19) avec la var. *carota* de Bussac-Forêt (707).

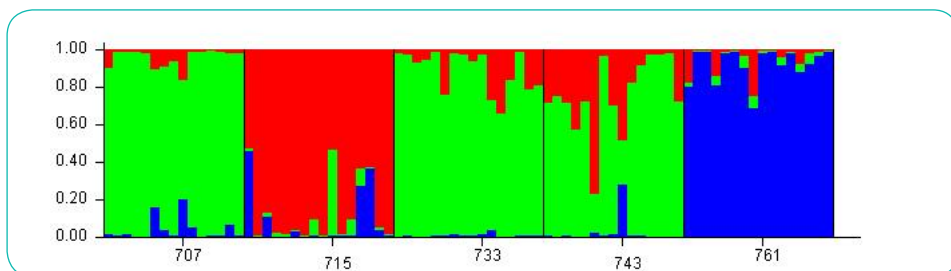


Figure 9. Structuration de la diversité au sein de populations de subsp. *gadecaei* et var. *carota* sur la base des données SSR (Structure, nombre de groupes K=3, chaque couleur indique l'appartenance à un groupe différent).

Conservation

Suite à ces prospections, observations et analyses, qu'il faudrait poursuivre sur un échantillon plus important, il se confirme que *Daucus carota* subsp. *gadecaei* mérite des actions de conservation, à la fois *in situ* et *ex situ* :

- *in situ* : les menaces effectives sont l'aménagement côtier et la surfréquentation des sites (à ce titre, les efforts de canalisation des touristes sur Quiberon ont donné de bons résultats traduits par une augmentation importante des effectifs). Il ne faut pas oublier les possibilités d'introgression par la var. *gummifer* occupant souvent des biotopes proches ainsi que par la var. *carota*, effets secondaires des aménagements facilitant la venue de cette plante rudérale ; à la pointe de Pen Bé, le risque d'extinction de la subsp. *gadecaei* est grand, il faudrait y éradiquer la var. *carota* ; sur d'autres sites une surveillance est à mettre en place.
- *ex situ* : les intérêts scientifiques et patrimoniaux pour la préservation de la subsp. *gadecaei* sont complétés par un intérêt agronomique : en parallèle aux études ici rapportées, une expérimentation de résistance aux pathogènes de la carotte cultivée a montré qu'elle est une source potentielle de résistance, sachant qu'une nouvelle source de stérilité mâle y avait été identifiée (Nothnagel *et al.*, 2000). Elle se confirme ainsi comme ressource génétique d'intérêt. La subsp. *gadecaei* fait l'objet d'action de conservation *ex situ* par : le CBN de Brest, Agrocampus Ouest Centre d'Angers, l'Unité conservatoire du Service des Espaces verts de la Ville de Mulhouse.

Les quelques éléments qui précèdent s'ajoutent au *Plan de conservation* de la subsp. *gadecaei* en Pays de la Loire (Guitton & Lacroix, 2008), document très détaillé et utile à consulter.

Conclusion et prospective

Suite aux différentes observations et analyses effectuées, il est établi que le vaste complexe spécifique de *Daucus carota*, qui s'étire de l'Afghanistan à l'extrême ouest de l'Europe en passant par le pourtour complet de la Méditerranée, se structure de façon distincte sur le littoral français (Geoffriau *et al.* sous presse), avec la frange méditerranéenne d'une part, et la façade atlantique d'autre part, pouvant refléter des histoires migratoires différentes. La subsp. *gadecaei* est présente uniquement sur la façade atlantique, avec seulement 2 autres taxons. Du fait d'une possible histoire évolutive commune et de l'interfertilité observée, des plantes intermédiaires existent, occasionnant des incertitudes de détermination.

L'influence des populations de l'intérieur des terres (var. *carota*) sur les côtières est démontrée sur la façade atlantique comme sur la frange méditerranéenne, pouvant représenter une menace pour des taxons tels que la subsp. *gadecaei*. Cela dit, les plantes des populations homogènes (non hybridogènes) de la subsp. *gadecaei* se distinguent bien au stade adulte sur le plan morphologique, avec toutefois une relative proximité avec le groupe exclusivement littoral « *gummifer* ». Au stade plantule, la distinction est nette entre la subsp. *gadecaei* et la var. *carota*, mais moins franche (80 %) avec la var. *gummifer*. La majorité des données moléculaires conforte ces observations.

Les subsp. *gadecaei* de Bretagne et du Pays basque sont différentes entre elles au plan génétique ; cela est moindre au niveau morphologique et reste à préciser : l'éventuelle description d'une variété basque requiert un échantillonnage nettement plus élargi pour en valider les caractères diagnostiques.

La biologie de *Daucus carota*, marquée par un caractère monocarpique (bisannuel ou annuel), une allogamie très prédominante et une dispersion épizoochore (fruit à crochets), se caractérise par des échanges géniques rapides et diversifiés dans l'espace, ce qui facilite les phénomènes d'écospéciation donc d'adaptation rapide au milieu (substrat, climat, biocénose...). C'est le cas de la subsp. *gadecaei* qui peut être considéré comme un écotype fixé car il maintient bien sa morphologie par la culture.

Les études ultérieures sur la subsp. *gadecaei* devraient s'attacher à une cartographie fine et complète du taxon (incluant la recherche de populations sur la côte espagnole proche), l'identification des espèces animales impliquées dans la zoochorie, la caractérisation morphologique des populations basques, des analyses génétiques plus approfondies pour préciser l'histoire évolutive et la diversité génétique du taxon, et à des analyses phytochimiques en raison de la grande richesse en constituants des plantes du complexe *carota*.

Nomenclature des taxons cités (Reduron et Muckensturm, 2007)

Daucus carota L.

- subsp. *carota* var. *carota*
- subsp. *gadecaei* (Rouy & E.G. Camus) Heywood
- subsp. *gadecaei* var. *breviaculeatus* Rouy & E.G. Camus
- subsp. *gummifer* (Syme) Hook. f. var. *gummifer* Syme
- nothosubsp. *intermedius* (Corb.) Reduron & Lambinon

Dérogations officielles obtenues pour la récolte de plantes protégées : dérogation préfectorale du Morbihan (19 juillet 2010), de la Loire-Atlantique (n° 32/2010 le 05 août 2010), du Finistère (n° 2010-22 le 05 août 2010) et des Pyrénées-Atlantiques (n° 54/2010 le 17 août 2010).

> **Remerciements** : pour les structures, leurs responsables et les personnels impliqués : Ministère de l'Alimentation, de l'Agriculture et de la Pêche ; CBN de Brest ; CBN Sud-Atlantique et son Relais de Saint-Jean-de-Luz (Jardin botanique littoral) ; CBN de Bailleul et ses antennes Haute-Normandie et Picardie ; CBN de Corse ; Unité conservatoire du Service des Espaces verts de la Ville de Mulhouse ; Jardin botanique de l'Université de Strasbourg ; Société botanique du Centre-Ouest (SBCO) ; Centre d'Etude du Milieu d'Ouessant (CEMO) ; Conservatoire du littoral, sites d'Abbadia et de la Valleeuse d'Antifer ; entreprise HMClause ; entreprise Vilmorin. Un merci particulier pour Michèle et Henri Couderc, botanistes, en raison de leur activité sur le terrain pendant de nombreuses années à propos des populations bretonnes.

Bibliographie

- GEOFFRIAU E., REDURON J.-P., CHAPUT-BARDY A., MAGHRAOUI M., JOURDAN M., HUET S., DUBOIS-LAURENT C., LE CLERC V., PELTIER D., BRIARD M., sous presse - Genetic diversity and taxonomic aspects of wild carrot in France. *Acta Horticulturae*.
- GUITTON H., LACROIX P., 2008 - *Plan de conservation directeur en faveur de la carotte de Gadeceau (Daucus carota L. subsp. gadecaei (Rouy & E.G. Camus) Heywood) en région Pays de la Loire*. Conseil régional des Pays de la Loire / DIREN Pays de la Loire. Nantes : Conservatoire botanique national de Brest, 17 p.
- NOTHNAGEL T., STRAKA P. & LINKE B., 2000 - Male sterility in populations of *Daucus* and the development of alloplasmic male-sterile lines of carrot. *Plant Breeding*, **119** (2) : 145-152.
- PRITCHARD J.K., STEPHENS M. & DONNELLY P., 2000. Inference of population structure using multilocus genotype data. *Genetics*, **155** : 945-959.
- R CORE TEAM, 2015 - *R : A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- REDURON J.-P., MUCKENSTURM B., 2007 - Ombellifères de France, 2. *Bulletin de la Société botanique du Centre-Ouest. Numéro spécial*, **27** : 565-1142 [*Daucus carota* : 968-1090].