



HAL
open science

Recherche de l'origine de l'absence de germination des semences de carotte

Coraline Ravenel, Emmanuel Laurent, Marie-Laure Casals, Françoise Corbineau,
Valérie Le Clerc, Emmanuel Lesprit, Sylvie Ducournau

► **To cite this version:**

Coraline Ravenel, Emmanuel Laurent, Marie-Laure Casals, Françoise Corbineau, Valérie Le Clerc, et al.. Recherche de l'origine de l'absence de germination des semences de carotte. *Innovations Agronomiques*, 2016, 50, pp.11-19. <10.15454/1.4721075025751228E12>. <hal-04678844>

HAL Id: hal-04678844

<https://hal.inrae.fr/hal-04678844v1>

Submitted on 27 Aug 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

Recherche de l'origine de l'absence de germination des semences de carotte

Ravenel C.¹, Laurent E.¹, Casals M.L.¹, Corbineau F.², Le Clerc V.³, Lesprit E.⁴, Ducournau S.⁵

¹ FNAMS Impasse du Verger- 49800 Brain sur l'Authion

² UPMC Equipe Physiologie des Semences UR5 Site d'Ivry, boîte 152, 4 place Jussieu – 75252 Paris Cedex 05

³ Equipe IRHS, Agrocampus Ouest, QuarVeg 2 rue Le Nôtre - 49045 Angers cedex 01

⁴ UFS 17 rue du Louvre 75001 Paris

⁵ GEVES – SNES rue Georges Morel – 49071 Beaucozuté Cedex

Correspondance : coraline.ravenel@fnams.fr

Résumé

La carotte porte-graine est une des plus importantes productions de semences potagères fines en France mais depuis ces dernières années elle est soumise à une forte variabilité de la qualité germinative. Cette étude (2008-2011) a permis de mieux comprendre l'acquisition des propriétés germinatives. Avant 30 jours après floraison, les semences sont immatures et ne germent pas ou très peu. Au-delà de ce stade, les semences non germées sont majoritairement saines, mais présentent souvent des embryons dits « nécrosés ». A noter également la proportion non négligeable de semences non germées saines sans embryon tout au long du cycle. Il existe une variabilité importante de la faculté germinative au sein des lots de production de même qu'entre les variétés, les années et les zones de production. Cependant l'analyse des enquêtes culturales ainsi que les essais factoriels n'ont pas permis, à l'issue de l'étude, d'identifier la ou les origines des semences non germées. Pour expliquer ces défauts de germination, de nombreuses hypothèses sont émises comme un défaut de pollinisation, de fécondation ou l'effet de certains bioagresseurs.

Mots-clefs : Production de semences, carottes porte-graine, acquisition des propriétés germinatives, faculté germinative

Abstract: Analyses of possible causes of lack of germination of carrot seeds

Carrot seed production is one of the most important vegetable seed production in France, but over the past few years high germination heterogeneity has been observed. This study (2008-2011) made it possible to better understand the acquisition of germination abilities. Until 30 days after flowering, seeds are immature and do not germinate, or very little. Beyond this stage, non-germinating seeds are mostly healthy, but often exhibit embryo necrosis. Furthermore, there is throughout the cycle a significant proportion of non-germinating seeds without embryo. Germination heterogeneity is observed within production lots and between varieties, years and production areas. However, the analysis of crop surveys and factorial trials has not allowed to identify the origins of non-germinating seeds. To explain these germination issues, many assumptions are made, such as failed pollination, failed fertilization, or pests damages.

Keywords: Seed production, carrot seed production, acquisition of germination abilities, seed germination

Contexte et objectifs de l'étude

La carotte porte-graine est l'une des plus importantes productions de semences potagères fines en France (2395 ha en 2013, source GNIS) mais comme l'ensemble des ombellifères, elle est connue pour présenter périodiquement une forte variabilité de la qualité germinative. Cette faible qualité germinative s'explique avant tout par une forte proportion de semences non germées (entre 10 et 25%) et non par la présence de plantules anormales (entre 1 et 4%). Ces semences non germées peuvent être réparties en trois catégories (Dean et al., 1989 ; FNAMS, 1994) : des semences non germées pourries, souvent liées à des attaques de champignons (*Alternaria dauci*, *Alternaria radicina* ...), et des semences non germées saines, avec ou sans présence d'embryon. Dans le cas des semences non germées pourries, des traitements de semences s'avèrent généralement efficaces. Pour les semences non germées saines (avec ou sans embryon), les problèmes sanitaires ne paraissent pas être responsables de la non germination. Plusieurs hypothèses peuvent être émises (semences immatures, défaut de pollinisation, stress pendant la phase de remplissage, bioagresseurs...) mais peu de travaux scientifiques permettent de déterminer l'origine exacte et les facteurs responsables de la présence de ces semences non germées saines.

Aussi, à la demande des professionnels, la FNAMS, en partenariat avec l'Université Pierre et Marie Curie - Paris 6, Agrocampus Ouest, l'UFS et la SNES-GEVES, a coordonné une étude visant à déterminer l'origine des semences saines incapables de germer et de rechercher les facteurs agroclimatiques explicatifs. Ce projet Contrat de Branche conduit de 2008 à 2011 a été financé par le GNIS et le Ministère de l'Agriculture.

Les actions mises en œuvre dans ce projet se divisent en deux volets. Le premier concerne l'acquisition des propriétés germinatives *i.e.* caractérisation morphologique, physique et physiologique des semences au cours de leur développement sur la plante mère. Le second volet s'attache à analyser la variabilité de la qualité germinative et à identifier les facteurs agro-climatiques à l'origine de cette variabilité.

1 Acquisition des propriétés germinatives

1.1 Matériel et méthode

Le dispositif expérimental a été implanté sur la station de Brain-sur-l'Authion (49) avec deux variétés de type Nantaise et sur deux années (2008 et 2009). Au stade pleine floraison, des ombelles ont été repérées physiquement dans la parcelle. Des prélèvements sont ensuite réalisés régulièrement après floraison (entre 17 à 60 jours après le marquage). Le Tableau 1 synthétise pour chaque année, l'ordre d'ombelle marqué, la date de marquage et les différentes dates de prélèvement. A chaque prélèvement, 40 ombelles sont prises au hasard parmi celles qui sont repérées.

Pour chacun de ces prélèvements, on extrait quelques ombelles sur lesquelles on effectue une mesure de teneur en eau le jour du prélèvement. Les autres ombelles sont mises à sécher en enceinte ventilée à 15°C et 75% HR. Après séchage, les échantillons sont stockés avant battage, triage et mesure de la faculté germinative.

Pour caractériser la qualité des semences, un test de germination est réalisé pour déterminer le nombre de semences germées (plantules normales et anormales) et le nombre de semences non germées (non germées saines et pourries). Toutes les semences non germées saines sont ensuite coupées longitudinalement pour observer précisément l'embryon : présence et /ou absence, présence de nécrose, embryon de petite taille,.... La typologie des semences non germées de carotte est schématisée dans la Figure 1.

En parallèle après le triage, des échantillons ont été transmis à l'Université Pierre et Marie Curie (Equipe Physiologie des Semences de l'UR5) pour caractériser le développement de l'embryon,

l'évolution de la teneur en sucres solubles et en acides gras des lipides totaux des akènes, de l'état des lipides de réserve ainsi que de la qualité germinative à plusieurs températures (entre 10 à 30°C) au cours du développement des semences sur la plante-mère.

L'ensemble des mesures morphologiques, physiques et physiologiques détaillées sont récapitulées dans le Tableau 2.

Tableau 1 : Type d'ombelle marquée, date de marquage et date de prélèvement réalisé (exprimé en nombre de jours après floraison) – Brain/Authion, 2008 et 2009.

Année	Type d'ombelle	Date de marquage	Date de prélèvement (en nombre de jours depuis floraison)
2008	Ombelle Primaire	20/06/2008	20 ; 31 ; 39 ; 45 ; 52 ; 60
2009	Ombelle Primaire	13/06/2009	19 ; 27 ; 37 ; 47 ; 58 ; 67
	Ombelle Secondaire	23/06/2009	17 ; 27 ; 37 ; 48 ; 57
	Ombelle Secondaire	02/07/2009	18 ; 28 ; 39 ; 47

Figure 1 : Typologie des semences de carotte après mise en germination

FG : faculté germinative, GA : germées anormales, NG_S : non germées saines, NG_Se : non germées saines avec embryon, NG_Ses : non germées saines avec embryon sain, NG_Sen : non germées saines avec embryon nécrosé, NS_Sse : non germées saines sans embryon, NG_P : non germées pourries

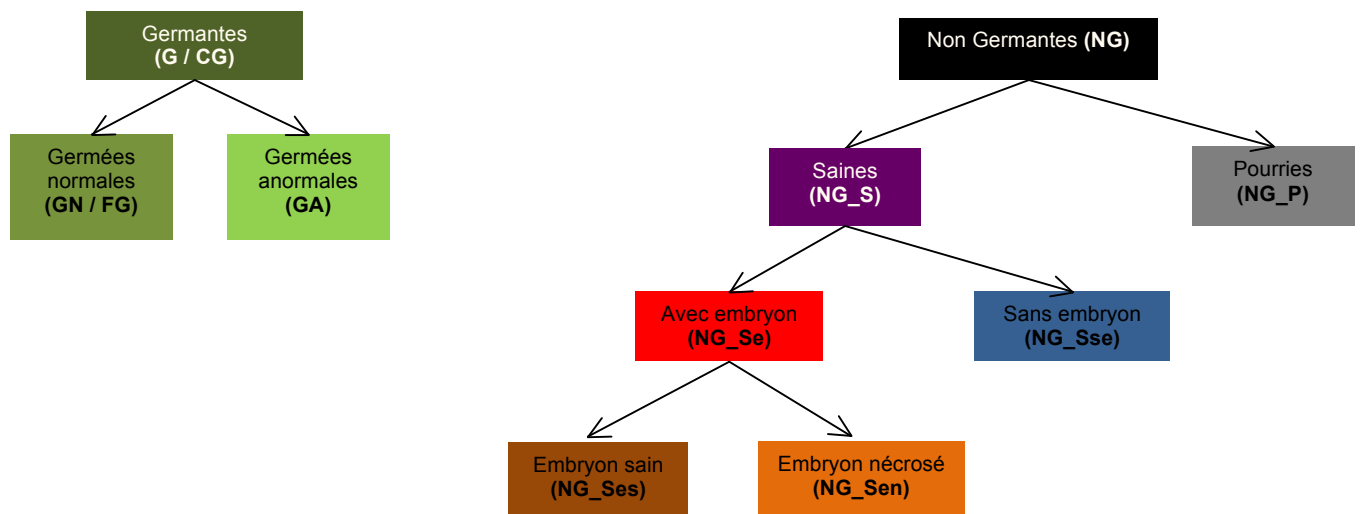


Tableau 2 : Récapitulatif des mesures morphologiques, physiques et physiologiques réalisées sur les semences de carottes en 2008 et 2009.

Mesures morphologiques	Mesures physiques	Mesures physiologiques
- Taille de la semence	- Teneur en eau	- Teneur en sucres (oligosaccharides)
- Taille de l'embryon	- PMG	- Teneur en lipide (acides gras)
		- Germination semences (à 10, 20 et 30°C)
		- Typologie des semences non germées
		- Viabilité de l'embryon

1.2 Résultats

1.2.1 Mesures morphologiques et physiques

Quel que soit le stade de développement, la taille des semences est voisine de 3 mm, mais leur poids et la taille de l'embryon dépendent de la date de récolte. Le PMG maximal et la taille définitive de l'embryon sont atteints 40 jours après floraison (JAF) ou 700°jours. La longueur moyenne de l'embryon varie entre 2,5 et 3,1 mm en 2008 et 2,3 et 2,6 mm en 2009. La répartition des embryons selon leur taille illustre une forte hétérogénéité au sein des lots.

La teneur en eau des ombelles apparaît stable entre 20 et 45 jours après floraison. Au-delà (850°jours ou 45 JAF), la teneur en eau des ombelles diminue pour atteindre une valeur autour de 50% à 60 JAF ; cela correspond au début de la phase de dessiccation.

1.2.2 Mesures physiologiques

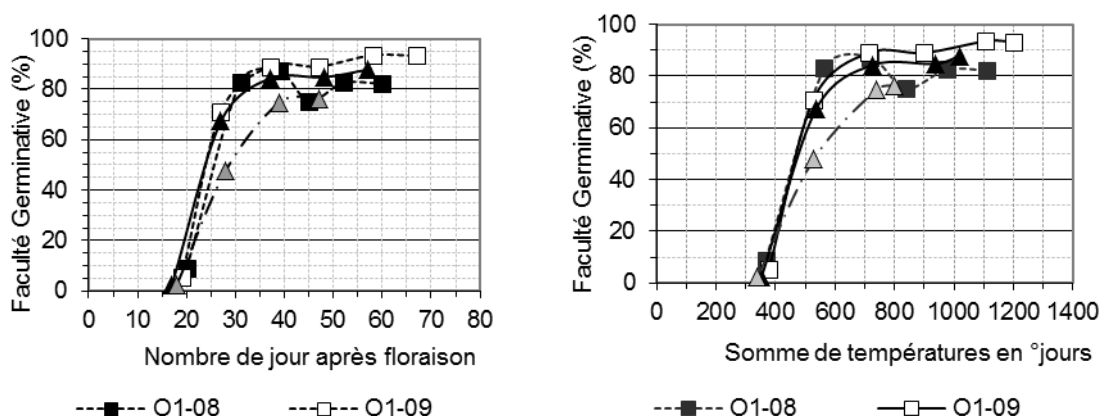
Les semences âgées de moins de 30 jours sont immatures. Après séchage et mise en germination, ces semences ne germent pas et pourrissent. Les semences deviennent capables de germer à partir de 47 JAF à 10°C et 37 JAF à 20 °C. Selon la norme Ista (pourcentage de plantules normales après 14 jours de mise en germination à 20°C), il faut attendre 40 JAF (soit 700°C cumulés depuis la floraison), pour que la faculté germinative soit maximale (Figures 2 et 3). Néanmoins, la vitesse de germination augmente au cours du développement et devient maximale à partir de 52 JAF (Figures 4 et 5). Plus on récolte tardivement plus la vitesse de germination est rapide. Quelle que soit la date de floraison ou l'ordre de l'ombelle, la vitesse de développement des semences semble suivre un schéma équivalent.

La typologie des semences non germées montre qu'elles sont majoritairement saines (Figures 6 et 7). Entre 30 et 40 JAF, la catégorie des semences non germées saines avec un embryon sain diminue au profit de celle avec un embryon nécrosé. A noter également la proportion non négligeable de semences non germées saines sans embryon. A partir de 40 JAF, la cause principale de non germination est la présence de semences non germées saines avec un embryon nécrosé ainsi que des semences non germées saines sans embryon. Cependant, la quantité est variable entre année et type d'ombelle.

L'acquisition de la qualité germinative des semences s'accompagne parallèlement d'une accumulation nette d'ombelliférose après 35 jours et d'acides gras (C18 + C 18/1) après 27 jours.

Figures 2 et 3 : Evolution de la faculté germinative en nombre de jours après floraison et en somme de températures (Essai de Brain-sur-l'Authion, récoltes 2008 et 2009).

OI-08 : ombelle primaire, récolte 2008, OI-09: ombelle primaire, récolte 2009



Figures 4 et 5 : Pourcentage et vitesse de germination de semences issues d'ombelles prélevées entre 20 et 60 JAF en fonction de la température de mise en germination (Essai de Brain-sur-l'Authion, récolte 2008)

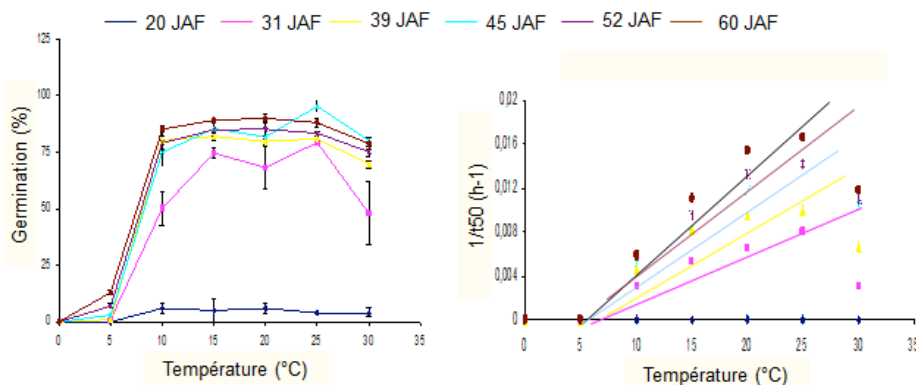
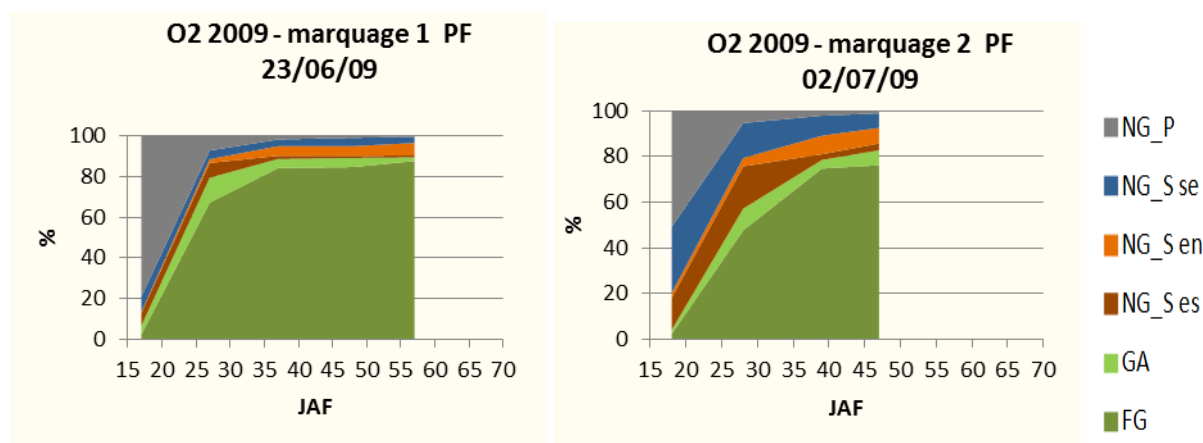


Figure 6 et 7 : Faculté germinative et typologie des semences non germées (essai de Brain-sur-l'Authion, récolte 2009).

FG : faculté germinative, GA : germées anormaux, NG_Ses : non germées saines avec embryon sain, NG_Sen : non germées saines avec embryon nécrosé, NS_Sse : non germées saines sans embryon, NG_P : non germées pourries
 O2 2009 – marquage 1 PF 23/06/09 : ombelle secondaire, récolte 2009 - date de marquage à pleine floraison : 23/06/09
 O2 2009 – marquage 2 PF 02/07/09 : ombelle secondaire, récolte 2009 - date de marquage à pleine floraison : 02/07/09



2 Analyse de la variabilité de la qualité germinative

2.1 Matériel et méthode

Pendant trois années (2008, 2009 et 2010), des lots de semences ont été collectés auprès des établissements semenciers. Au total, cela représente 117 lots issus de deux bassins production (Beauce, Sud-Ouest) et de six variétés (hybride ou population) de type Nantaise et Kuroda. Sur ce jeu de données, la qualité des semences a été caractérisée par une faculté germinative suivie de la typologie des semences non germées. La totalité des lots a été transmise à l'Université Pierre et Marie Curie. Certains d'entre eux ont fait l'objet d'analyses complémentaires : mesures morphologiques (taille de la semence et de l'embryon) et physiologiques (aptitude à la germination à 10 et 20°C, qualité des réserves (glucidique et lipidique), viabilité de l'embryon.

Sur une partie du jeu de données *i.e.* 65 parcelles de production en 2009 et 2010, les itinéraires culturaux et les variables climatiques ont également été recueillis. L'intention de cette action était d'identifier les facteurs agro-climatiques responsables de la variabilité de la qualité germinative.

Enfin, lors la dernière année du programme (récolte 2011), des essais factoriels ont été conduits sur deux stations expérimentales de la FNAMS. Le choix a été fait par les partenaires de tester des facteurs agissant pendant la phase de maturation des semences sur la plante mère.

Aussi, un essai a été mis en place sur la station expérimentale FNAMS de Brain-sur-l'Authion (49) afin de vérifier l'effet des conditions de dessiccation sur la variabilité de la qualité germinative des semences. Pour réaliser cette étude, des marquages d'ombelles au stade floraison ont été réalisés à deux dates. Ces ombelles ont été récoltées manuellement à différentes dates entre 38 et 64 jours après floraison. Après récolte, elles ont subi des conditions de dessiccation différenciées. Ensuite, après battage et triage des prélèvements d'ombelles, la faculté germinative et la typologie des semences non germées saines ont été déterminées.

Deux autres essais ont été mis en place sur les stations expérimentales FNAMS de Brain-sur-l'Authion (49) et Condom (32) afin de vérifier l'effet de l'interaction entre l'homogénéité de la floraison et le stade de récolte sur la qualité germinative des semences de carotte. Pour étudier le facteur « homogénéité de floraison à l'échelle de la plante », la dynamique de floraison de la plante a été modifiée artificiellement en réalisant un écimage de l'ombelle primaire (objectif : floraison groupée) et un traitement faible densité pour augmenter l'étalement de la floraison sur la plante (objectif : floraison étalée). Ce premier facteur a été croisé avec le stade de récolte. Ainsi, 2 ou 3 dates de récolte ont été réalisées. Un suivi de floraison par ordre d'ombelle a permis de déterminer les dates de récolte en fonction du taux d'ombelles primaires et secondaires âgées de plus de 45 jours après floraison. Après battage et triage des prélèvements d'ombelles, la faculté germinative et la typologie des semences non germées saines ont été déterminées

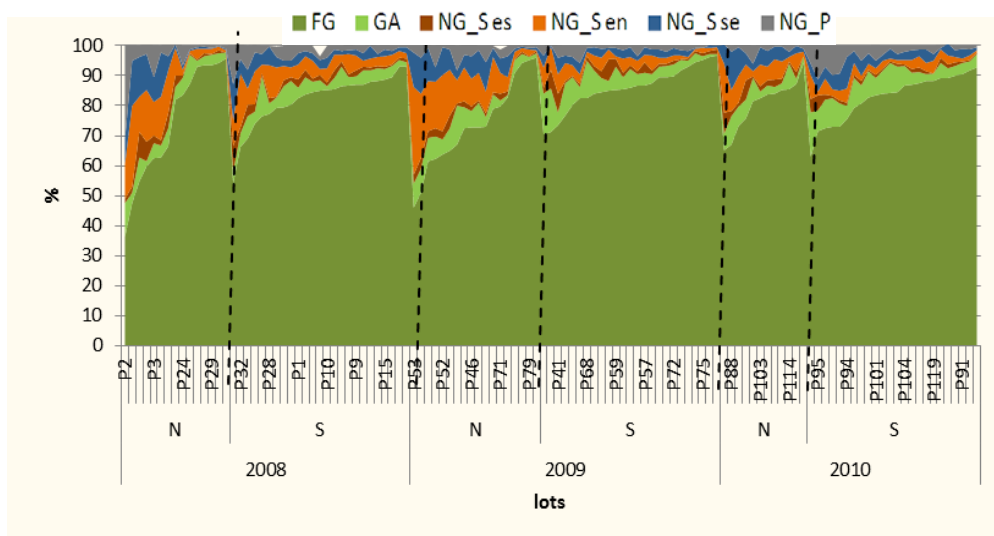
2.2 Résultats

2.2.1 Analyse des lots agriculteurs collectés entre 2008 et 2010

L'analyse des 117 récoltés entre 2008 et 2010 montre une variabilité de la faculté germinative entre les années, les variétés et les zones de production (Figure 8). La variabilité de la qualité germinative est encore plus importante entre les lots récoltés. La boîte à moustache indique que la médiane des 117 lots se situe à une faculté germinative (FG) de 84% et la moyenne à 80.6%. Le quart de lots présentant une faible FG se situe entre 51.0% et 73.2%. La moitié des lots ont une FG comprise entre 73.1% et 88.2%. Le dernier quart des lots ont une FG entre 88.2% et 96.7%. La plus faible FG observée est de 36.25% et la FG la plus élevée est de 96.7%.

Figure 8 : Qualité germinative et typologie des non germées en pourcentage de lots agriculteurs triés par année de récolte et zone de production (récolte 2008 à 2010).

N : zone nord, S : zone sud. FG : faculté germinative, GA : germées anormaux, NG_Ses : non germées saines avec embryon sain, NG_Sen : non germées saines avec embryon nécrosé, NS_Sse : non germées saines sans embryon, NG_P : non germées pourries



La typologie des semences non germées réalisée sur ces lots confirme les résultats présentés dans la partie 1. Les semences non germées sont majoritairement saines (moyenne des 117 lots : 12%) et présentent souvent un embryon nécrosé (moyenne des 117 lots : 6%). La proportion de semences sans embryon est également non négligeable (moyenne des 117 lots : 4%).

L'interprétation de l'enquête culturale est difficile compte-tenu (i) du nombre important de données manquantes dans les itinéraires techniques, (ii) du faible effectif de lots récoltés par variété et par zone et (iii) et de données à l'échelle de la parcelle succinctes (*ex. architecture plante, stades de développement,...*)

Essai factoriel : Effet des conditions de dessiccation

La principale conclusion que l'on peut tirer de cet essai est que pour des teneurs en eau des ombelles élevées (75%) à l'andainage, la capacité germinative diminue avec l'augmentation de la vitesse initiale (Figure 9). Dans cette situation, les semences seraient plus sensibles à des conditions de dessiccation brutales avec une baisse de la capacité germinative. Cela semble favoriser l'apparition de semences non germées saines avec embryons nécrosés et la catégorie des anormaux (Figure 10). En revanche pour des teneurs en eau des ombelles plus faibles (65%) à l'andainage, les semences ne semblent pas sensibles à des variations de conditions de dessiccation en début de phase de séchage.

La relation négative entre la capacité germinative (CG en %) et la vitesse de séchage initiale (perte teneur en eau (%)) n'est vérifiée que sur les ombelles primaires et secondaires ayant une teneur en eau des ombelles de 75%. Cet essai montre donc un effet limité de l'influence des conditions de dessiccation sur la qualité germinative.

Figure 9 : Comparaison de la capacité germinative entre 3 vitesses initiale de dessiccation – ex. ombelles secondaires – TE prélèvement 75% (Essai de Brain-sur-l'Authion, récolte 2011)

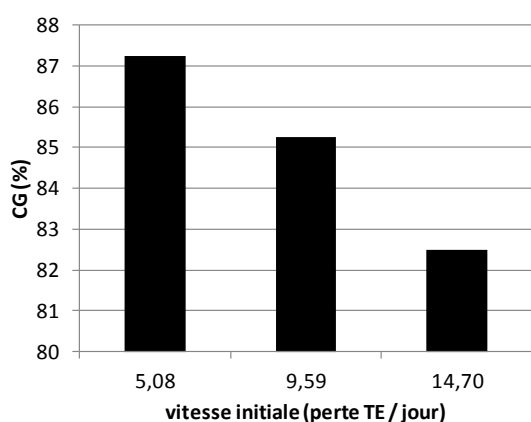
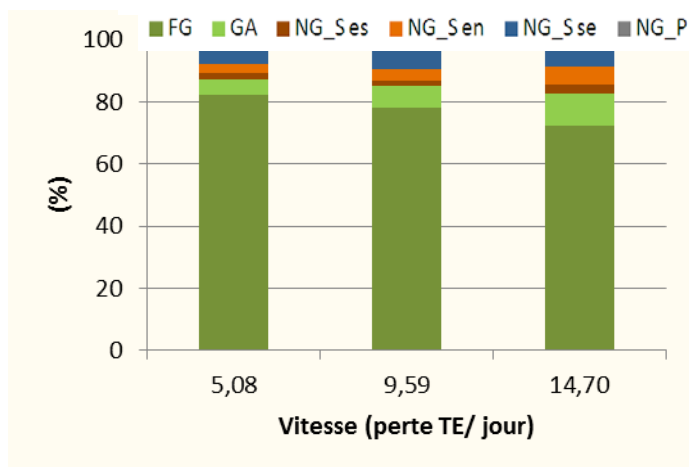


Figure 10 : Comparaison de la qualité germinative et de la typologie des non germées entre 3 vitesses initiale (perte TE (%) / jour). – TE prélèvement 75% (Essai de Brain-sur-l'Authion, récolte 2011)

FG : faculté germinative, GA : germées anormaux, NG_Ses : non germées saines avec embryon sain, NG_Sen : non germées saines avec embryon nécrosé, NS_Sse : non germées saines sans embryon, NG_P : non germées pourries



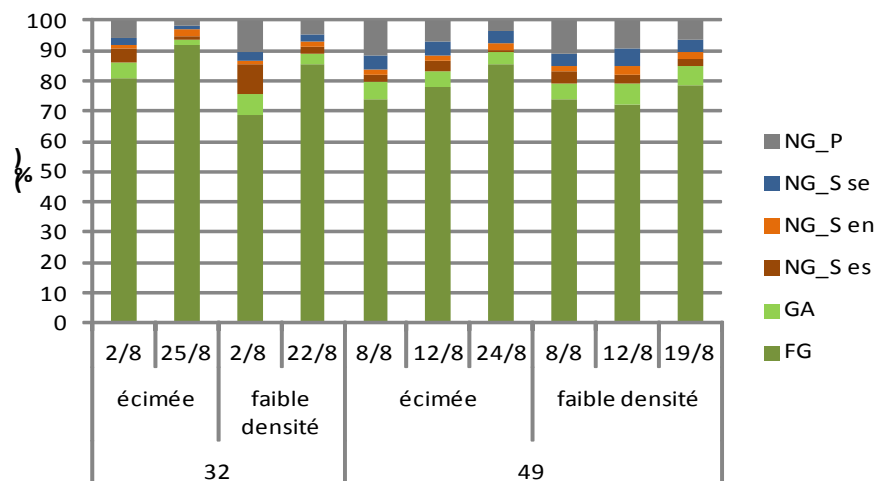
Essai factoriel : Effet de l'interaction homogénéité de floraison et date de récolte

Toutes dates de récolte confondues et pour les deux essais, la modalité avec un pic de floraison plus précoce et groupé enregistre une faculté germinative significativement plus élevée (Figure 11. FG Condom : 86.2%, Brain : 79.0%) que la modalité avec une floraison plus étalée dans le temps (FG Condom : 77.1%, Brain : 75.0%). Aucune catégorie de non germées ou germes anormaux n'explique à elle seule ces différences : toutes les catégories baissent dans les mêmes proportions. Par ailleurs, les semences non germées saines avec un embryon nécrosé sont généralement la catégorie la plus faible en proportion par rapport aux trois autres catégories de non germées saines.

Les dates de récolte les plus tardives sont associées aux facultés germinatives les plus élevées (Figure 11). L'effet de la date de récolte est significatif à Condom entre les 2 dates testées et à Brain entre les deux dates les plus extrêmes (08/08/11 et 24/08/11). Une date de récolte plus tardive favorise la diminution des semences non germées pourries et des non germées saines à embryons sains *i.e.* les embryons immatures. En revanche, la date de récolte ne semble pas avoir d'effet sur les semences non germées saines à embryons nécrosés

Figure 11 : Comparaison de la qualité germinative et la typologie des non germées en pourcentage entre 2 structures de peuplement (écimée, faible densité) et 2 ou 3 dates de récolte sur les deux essais de carotte porte-graine (Essais de Brain-sur -l'Authion (49) et Condom (32), récolte 2011).

FG : faculté germinative, GA : germées anormales, NG_Ses : non germées saines avec embryon sain, NG_Sen : non germées saines avec embryon nécrosé, NS_Sse : non germées saines sans embryon, NG_P : non germées pourries



Conclusions & Perspectives

Cette étude a apporté de nouvelles connaissances sur l'acquisition des propriétés germinatives des semences de carotte. En particulier, elle permet de préciser qu'avant 30 JAF (jours après floraison), les semences sont immatures et les non germées sont essentiellement des semences non germées pourries. Au-delà, les semences non germées sont majoritairement saines et présentent des embryons nécrosés. A noter également la proportion non négligeable de semences non germées saines sans embryon tout au long de la maturation. Pour améliorer la qualité germinative des semences, il paraît primordial d'agir sur ces deux catégories de semences non germées saines (avec embryon nécrosé et sans embryon).

Il existe une forte variabilité de la faculté germinative au sein des lots de production de même qu'entre les variétés, les années et les zones de production. L'enquête culturale et les essais factoriels ont apporté peu d'éléments de réponse sur les facteurs responsables des défauts de germination des

semences de carotte. Il est tout de même intéressant de relever qu'une date de récolte plus tardive favorise l'augmentation de la faculté germinative, de même qu'un pic de floraison plus précoce et groupé. En revanche, aucun effet sur les semences non germées saines avec un embryon nécrosé n'a été mis en évidence. De nouveaux axes d'investigation sont à étudier comme la pollinisation et la fécondation, ainsi que les bioagresseurs.

Les travaux visant à identifier les causes des défauts de germination et de rendement en production de semences de carotte porte-graine, et les moyens d'y remédier se poursuivent actuellement. Une étude, initiée en 2012 et financée par la Section Potagères et Florales du GNIS, est conduite en partenariat avec la FNAMS, le GNIS et l'UFS.

Références bibliographiques

Casals M.L., 2012. Carotte porte graine : des méthodes pour rechercher les causes de non germination. Bulletin semences 223, 36-38

Casals M.L., Ravenel C., Corbineau F., 2012. Semences de carotte : la formation de la semence à la loupe. Bulletin semences, 227, 33-35

Dean B.B., Noland T., Maguire J.D, 1989. Correlation of low seed quality with growing environment of carrot. Hort Sci 24, 2, 247-249

FNAMS, 1994. Mise au point de méthodes permettant de rechercher les causes des principaux défauts de qualité germinative rencontrés en multiplication. Document interne, 49 p.

Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 3.0)



<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue « Innovations Agronomiques », la date de sa publication, et son URL)