

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA

FACULTE : SCIENCES

DEPARTEMENT : DES SCIENCES

AGRONOMIQUES

N° :



DOMAINE : SCIENCE DE LA NATURE
ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES AGRONOMIQUES

OPTION : PRODUCTION VEGETALE

**Mémoire présenté pour l'obtention
Du diplôme de Master Académique**

Par: KOUINI Hayat

KROUMI Fatma

Intitulé

**Analyse des marqueurs agro-morphologiques
et caractères biochimiques chez quelques
variétés de carotte cultivées dans la région de
M'sila**

Soutenu devant le jury composé de:

M ^r . TIAIBA A.	MAA Université de M'sila	Président
M ^r . HADJ KOUIDER B.	MCB Université de M'sila	Promoteur
M ^m . LALLOUCHE B.	MCB Université de M'sila	Co-Promoteur
M ^r . TORCHIT N.	MAA Université de M'sila	Examineur

Année universitaire 2017/2018

REMERCIEMENT

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous tenant à remercier sincèrement **Mr HADJKOUIDER et Mm LALLOUCHE**, qui, en tant que directeurs de mémoire, se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

Nous tenons également à remercier messieurs les membres de jury pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de siéger à notre soutenance, tout particulièrement :

Mr TIAIBA A. pour nous avoir fait l'honneur de présider la jury de cette mémoire.

Mr TORCHIT N. pour avoir accepté d'examiner ce travail.

On n'oublie pas l'équipe de laboratoire d'amélioration des plantes pour leur contribution et leur soutien.

Nous souhaitant également d'adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos parents pour leur soutien et leur patience et à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

Je dédie ce travail à

Mes chers parents

*Qui m'ont entourés de tous soins imaginables pour
atteindre à cet aboutissement ; Je ne trouverai jamais de
mots pour vous exprimer mon amour éternel, mon profond
attachement et ma reconnaissance pour l'amour,*

*La tendresse et surtout
pour votre présence dans
mes moments les plus
difficiles,*

*Que nulle dédicace ne puisse exprimer ce que je leurs dois leur
Bienveillance, leur affection et pour leurs précieux conseils et soutien,
qui ont su me guider vers
la réussite, que Dieu me
les garde.*

A mes chers frères.

A mes chères sœurs

A mon marie

A toute ma famille (Kroumi)

A mon amie et mon binôme

A tous mes amies

*Enfin, à tous ceux qui savent donner sans recevoir, qui aident sans
Retour et sans être égoïste.*

FATMA

Dédicace

A mes parents,

Pour votre soutien tout au long de mes études. Je ne serai jamais arrivée jusqu'à là sans vous. Vous avez toujours été là et m'avez toujours soutenue dans les moments difficiles.

A ma mère,

Qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

A mes frères, et mes sœurs,

Je veux les dire que je vous aime beaucoup et j'espère que vous trouverez vos bonheurs dans les années à venir.

A mes amies intimes, et mon binôme,

Merci pour tous ces moments que nous avons passé ensemble, pour nos éclats de rire et notre complicité. Je profite de cette occasion pour vous dire que je vous aime beaucoup et j'espère que vous trouverez vos bonheurs dans les années à venir.

A Khadîdja ma chère,

Je veux te dire que je t'aime beaucoup et je te considère ma petite sœur, j'espère que tu trouveras le bonheur et la bonne chance pendant toute la vie.

Je dédie ce modeste mémoire

HAYAT

ملخص

يعد الجزر من أكثر الخضروات الجذرية زراعة في العالم بعد البطاطس من الناحية الاقتصادية و الاجتماعية.

تهدف التجربة الاولى إلى مقارنة قدرة الإنتاش لنوعين من الجزر المزروعة والمسوقة في الجزائر. وفي هذا السياق، أجرينا إختبارا للإنتاش في أطباق بتري. و أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن بذور هذين النوعين من الجزر تتميز بقدرة جيدة على الإنتاش تساوي 100%.

وتدرس التجربة التالية الإختلاف الظاهري لهذين الصنفين بعد زراعتهما في المحطة التجريبية التابعة لقسم العلوم الفلاحية و ذلك باستخدام 27 معيار تصنيف معتمد من طرف الإتحاد الدولي لحماية الأصناف النباتية (2015) ، من أجل تحديد أكثر المعايير فاعلية لتقدير التنوع الظاهري داخل الأصناف المدروسة.

واستنادا إلى نتائج التحليل الوصفي الذي تم الحصول عليه في هذه الدراسة ، نلاحظ وجود إختلاف واضح بين الصنفين علي مستوى طول الجزر(الجزء المستهلك) ، وقطرها العلوي ، والقطر في الوسط ، والقطر في الطرف ، و محتواها من فيتامين (ج) والصدويوم. حسب نتائج الإختبار F

استنادا إلى تفسير التحليل الوصفي المعتمد لتصنيف الجزر من طرف الإتحاد الدولي لحماية الأصناف النباتية (2015) ، سجلنا إختلافا ملحوظا لدي الصنفين المدروسين في 17 معيار. ربما يرجع ذلك إلى التنوع الجيني للأصناف. هذه الخصائص يمكن أن تكون بمثابة معايير أساسية للتمييز بين أصناف الجزر في الجزائر. و هذا الإختلاف يمكن أن يساعد خبيري الهندسة و التحسين الوراثي على خلق أصناف محسنة.

كلمات مفتاحية : الجزر ، الإنتاش ، التنوع المورفولوجي ، الإتحاد الدولي لحماية الأصناف النباتية (2015)

RESUME

La carotte est l'un des légumes-racines les plus cultivés dans le monde après la pomme de terre en termes économiques et sociologique.

La première expérience vise à comparer la capacité germinative de deux variétés de carotte cultivées et commercialisées en Algérie. Dans ce cadre, un essai a été conduit sur deux variétés dont les graines sont mises à germer dans des boîtes de Pétri. Les résultats obtenus ont montré que les graines de ces deux variétés de carotte étudiées se caractérisent par une bonne aptitude à germer (TG=100%).

L'expérience suivante étudie la variation phénotypique de deux variétés de carotte, semis dans la station expérimentale au département d'agronomie en utilisant 27 descripteurs de l'UPOV (2015), en vue de rechercher lequel des 27 descripteurs peuvent être utilisés comme de puissants estimateurs de la diversité phénotypique au sein des variétés de étudiées.

D'après les résultats de l'analyse descriptive obtenus au cours de cette étude, nous remarquons une nette variabilité entre les deux variétés au niveau de la longueur de carotte commercialisable, du diamètre au collet, au diamètre au milieu, du diamètre à la pointe, de la teneur en vitamine C et de la teneur en Na⁺. D'après le test F, les descripteurs morphologiques qui discriminent le mieux des deux variétés sont la teneur en vitamine C suivi par le diamètre de la pointe, le diamètre au collet, et la longueur de carotte commercialisable.

D'après l'interprétation des fiches descriptives des deux variétés de carotte selon l'UPOV (2015), nous avons enregistré une variabilité intra-spécifique pour dix-sept (17) paramètres. En outre, la grande différence entre les variétés est due probablement à la variabilité génétique des variétés. Ces caractères peuvent constituer des critères de base pour différencier les variétés de carotte en Algérie. Les différentes classes peuvent servir de géniteurs dans la création de variétés améliorées.

Mots clé : carotte, capacité germinative, diversité morphologique, UPOV

ABSTRACT

The carrot is one of the most cultivated root vegetables in the world after the potato in economic and sociological terms.

The first experiment aims to compare the germination capacity of two carrot varieties grown and marketed in Algeria. In this context, a test was conducted on two whose seeds are germinated in petri dishes. The results obtained showed that the seeds of these two varieties of carrots studied are characterized by a good ability to germinate (TG = 100%).

The following experiment investigates the phenotypic variation of two carrot varieties, sown in the experimental station at the Department of Agronomy using 27 UPOV descriptors (2015), to investigate which of the 27 descriptors can be used as potent estimators of phenotypic diversity within the varieties studied.

Based on the results of the descriptive analysis obtained in this study, we note a clear variability between the two varieties in terms of the length of the salable core, the diameter at the collar, the diameter in the middle, the diameter at the tip, vitamin C content and Na + content. According to the F-test, the morphological descriptors that best discriminate between the two varieties are the vitamin C content followed by the tip diameter, the neck diameter, and the length of salable core.

Based on the interpretation of the two UPOV (2015) core variety data sheets, we recorded intra-specific variability for seventeen (17) parameters. In addition, the great difference between varieties is probably due to the genetic variability of the varieties. . These characters can be basic criteria for differentiating carrot varieties in Algeria. The different classes can serve as spawners in the creation of improved varieties.

Key words: carrot, germinability, morphological diversity, UPOV

TABLE DE MATIERE

REMERCIEMENT

RESUME

TABLE DE MATIERE

LISTE D'ABREVIATION

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Origine et historique de la carotte	12
1.2. Répartition de carotte	12
1.3. Production de carotte	15
1.4. Classification botanique et taxonomie	16
1.5. Description morphologique et cycle de vie	18
1.6. Les ressources génétiques et amélioration	22
1.7. Les exigences de carotte	26
1.8. Principaux maladies et ravageurs de la carotte	30
1.9. Importance de carotte	31
1.10. Les di scripteurs morphologique	32

CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES

2.1. Introduction	34
2.2. Étude de milieu	34
2.3. Installation de l'essai	39
2.4. Les paramètres mesurés et analysés	40
2.5. Analyse statistiques	44

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Test de faculté germinative	46
----------------------------------	----

3.2. Analyse statistique descriptive	46
3.3. Les paramètres les plus discriminants	50
3.4. Fiche synthétique des deux variétés de carotte étudiées selon l'UPOV (2015)	51
CONCLUSION	59
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	
ANNEXE	

LISTES DES FIGURES

Figure 1.1 : Évolution de la production mondiale de carotte (FAO, 2013)	16
Figure 1.2 : Évolution de la production de carotte en Algérie (FAO, 2013)	16
Figure 1.3 : Plant de carotte adulte. Reproduction d'une peinture	19
Figure 1.4 : Cycle de vie de la carotte cultivé	20
Figure 1.5 : l'ombelle florale	21
Figure 1.6 : Forme et couleur de l'épiderme de la racine de neuf cultivars de carotte à trois stades différents	23
Figure 2.1 : Matériel végétal utilisés	39
Figure 2.2 : Mise en culture des variétés de la carotte expérimentées.	40
Figure 2.3 : Teste de germination des semences des variétés étudiées	41
Figure 2.4 : : Racine : forme en section longitudinale et feuillage : largeur de la couronne selon l'UPOV, 2015	42
Figure 2.5 : Diamètre (mm) du collet (_1), du milieu (_2) et de la pointe (_3) sur chaque carotte commercialisable	43
Figure 3.1 : Longueur de carotte commercialisable	46
Figure 3.2 : Diamètre au collet et au milieu des plantes (Hamraya, Muscade d'Alger)	48
Figure 3.3 : Diamètre de la pointe des plantes	49
Figure 3.4 : Teneur en vitamine C	49
Figure 3.5 : Teneur en Na ⁺	53
Figure 3.6 : Aspect morphologique de la variété Muscade d'Alger	52
Figure 3.7 : Aspect morphologique de la variété Hamraya	53

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1: Superficie et production de carotte dans quelques régions de la wilaya de M'sila (Algérie)	14
Tableau 2.1 : Température mensuelle moyenne, minimale et maximale (°C).	35
Tableau 2.2 : Pluviométrie mensuelle (mm).	36
Tableau 2.3 : Normes d'interprétation de taux de la matière organique	37
Tableau 2.4 : Normes d'interprétation du calcaire total	37
Tableau 2.5 : Caractéristiques physico-chimiques du sol	38
Tableau 2.6 : Descripteurs morphologiques et phénologiques utilisés pour la caractérisation des espèces de carotte(UPOV2015).	45
Tableau 3.1 : Test de faculté germinative	46
Tableau 3.2 : Analyse statistique descriptive de tous les variables analysées	47
Tableau 3.3 : Classification des variables suivant les valeurs du test F	50
Tableau ANNEXE 1	

Liste des abréviations

DSA : Direction des Services Agricoles.

MO : matière organique

UPOV : union internationale pour la protection des obtentions végétales.

POP : variété de population Hamraya

MUS : variétés muscade d'Alger

FAO : Food and Agriculture Organisation

pH : potentiel d'hydrogène

CE : conductivité électrique

O.N.M : Office National Météorologique

SCE : La Somme des Carrés et des Ecarts.

DDL : Degré De Liberté.

CM : Carré Moyen.

HS : Hautement Significatif.

NS : Non Significatif.

S : Significatif.

THS : Très Hautement Significatif.

PROBA : Probabilité.

ET : Écart-type.

BAC : Blocs aléatoires complets

VAR : Variance.

INRA : Institut National de la recherche agronomique

BHT : hydro-xytoluène butylé

NDF : matière sèche insoluble dans le détergent

Kcal : kilocalorie

IPGRI : Génétic Ressources Institute

IRHS : L'Institut de Recherche en Horticulture et Semences

QuaRVeg : Qualité et Résistance aux bio-agresseurs des espèces légumières)

INTRODUCTION

Au sein des Apiacées, la carotte est l'espèce qui revêt la plus grande importance économique, même si l'on y retrouve d'autres espèces cultivées comme le céleri (*Apium graveolens* L.), le fenouil (*Foeniculum vulgare* Mill.), le cerfeuil tubéreux (*Chaerophyllum bulbosum* L.), le panais (*Pastinaca sativa* L.), l'angélique (*Angelica archangelica* L.), la coriandre (*Coriandrum sativum* L.), le cumin (*Cuminum cyminum* L.), l'aneth (*Anethum graveolens* L.), le cerfeuil (*Anthriscus cerefolium* L.) Hoffm.) et le persil (*Petroselinum crispum* (Mill.) Fuss) (**Rubatzky et al., 1999**). D'un point de vue économique, la carotte fait partie des dix cultures légumières les plus importantes dans le monde, en termes de surface de production et de valeur marchande (**Simon et al., 2008**).

La carotte est utilisée pour l'alimentation, c'est son utilisation la plus connue (consommation de sa racine). Mais on peut noter que l'huile essentielle de carotte, par distillation des semences, est employée en parfumerie et aromathérapie. Le carotol (alcool sesquiterpénique) est le composant majoritaire de l'huile, qui contient également du daucène, de l' α -pinène, du limonène, du sabinène, de l'acétate de éranyle (**Gonny et al., 2004 ; Reduron, 2007 ; Staniszewska et al., 2005**).

Parmi les autres usages de la carotte, on peut aussi mentionner son emploi comme plante tinctoriale, par exemple pour colorer le beurre ou certains fromages (**Bergeret et al., 1909 In Reduron, 2007**). Plus récemment, la production de pigments alimentaires à partir de la racine de carotte, notamment des variétés à chair violette, s'est développée (**Downham et Collins, 2000**).

La carotte (*Daucus carota* L.) est une plante bisannuelle de climats tempérés, appartenant à la famille des Apiacées (*Apiaceae*), anciennement appelée famille des Ombellifères. Cette vaste et complexe famille comprend environ 445 genres et 3700 espèces (**Downie et Katz-Downie, 1996**). Les relations phylogénétiques établies anciennement sur la base de données morpho-anatomique ont été plusieurs fois remaniées grâce à l'utilisation de nouveaux types de données issues de la biologie moléculaire (**Le Clerc, 2001**). L'exploitation de cette diversité génétique revêt une importance particulière pour le maintien et l'amélioration de la productivité de cette espèce. De nombreuses

procédures permettant de quantifier et d'analyser la diversité génétique existent. Il y a les techniques d'évaluation utilisant les marqueurs morphologiques (**Jaaska, 2001**).

L'analyse des descripteurs morphologiques permet de révéler la diversité telle qu'elle est perçue et sélectionnée par les agriculteurs locaux, principaux acteurs de la gestion de la diversité variétale (**Emperaie, 2003**). Elle est l'approche la plus pratique pour la différenciation phénotypique à condition de l'associer à un outil statistique qui estime la variation liée au milieu expérimental (**Sanou, 1996**).

Les caractères importants qui ont été améliorés chez la carotte, ou qui devraient l'être, concernent (**Doré et Varoquaux, 2006 ; Simon et al., 2008**) : la forme de la racine, le rendement, la qualité visuelle (épiderme lisse et brillant après le lavage, d'une coloration orange vif, de forme régulière, sans meurtrissures ni crevasses. L'absence de collet vert et un cylindre central réduit), la qualité gustative et nutritionnelle (teneur en sucres), la résistance à la montée à graines, la production de semences (rendement en semences satisfaisant d'un point de vue économique) ;

L'évolution des cultivars de carotte en Europe a été continue pendant 400 ans durant lesquels plusieurs centaines de variétés locales et plus largement de variétés-populations ont été sélectionnées. La diversification variétale du type orange a abouti à une variabilité importante pour la forme, l'aptitude à la culture et la précocité puis plus tard la coloration. Quarante variétés sont ainsi connues en 1925 en France (**Pitrat et Foury, 2003**). Afin de conserver cette diversité, des collections de ressources génétiques se sont mises en place dans plusieurs pays comme la France, les États-Unis, le Royaume-Uni, l'Allemagne, le Brésil ou la Corée (**Simon et al., 2008**). La sauvegarde des accessions françaises s'est organisée depuis 1996 sous la forme du réseau de ressources génétiques « Carotte et autres *Daucus* », coordonné par Agrocampus-Ouest – Centre d'Angers (**Briard et al., 2007**).

L'étude de la diversité de ces ressources génétiques est indispensable pour créer des variétés nouvelles ayant un bon rendement, adaptées aux variations climatiques et résistantes aux maladies.

Cette étude a pour objectif d'évaluer la capacité germinative et la variabilité morphologique de quelques caractères quantitatifs et qualitatifs des plantes, des feuilles et racines de deux variétés de carotte cultivées et commercialisée dans la région de M'sila.

Annexe 1

Tableau 1 : Analyse de la variance de Poids de racine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	582,01	11	52,91				
VAR.FACTEUR 1	33	1	33	0,49	0,51922		
VAR.BLOCS	212,73	5	42,55	0,63	0,68681		
VAR.RESIDUELLE 1	336,27	5	67,25			8,2	15,46 %

Tableau 2 : Analyse de la variance de longueur racine totale

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	73,83	11	6,71				
VAR.FACTEUR 1	54,61	1	54,61	87,33	0,00047		
VAR.BLOCS	16,09	5	3,22	5,14	0,04945		
VAR.RESIDUELLE 1	3,13	5	0,63			0,79	3,72%

Tableau 3 : Analyse de la variance de Longueur racine

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROB A	E.T.	C.V.
VAR TOTALE	10,749	11	0,977				
VAR FACTEUR 1	8,168	1	8,168	43,1	7 0,0016		
VAR.BLOCS	1,634	5	0,327	1,725	1 0,2815		
VAR RESIDUELLE 1	0,947	5	0,189			0,435	2,82%

Tableau 4 : Analyse de la variance de longueur pivot

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	35,849	11	3,259				
VAR.FACTEUR 1	26,701	1	26,701	82,708	0,00052		
VAR.BLOCS	7,534	5	1,507	4,668	0,05913		
VAR.RESIDUELLE 1	1,614	5	0,323			0,568	8,49%

Tableau 5 : Analyse de la variance de Diamètre de collet

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	143,378	11	13,034				
VAR.FACTEUR 1	134,403	1	134,403	111,232	0,00032		
VAR.BLOCS	2,934	5	0,587	0,486	0,77715		
VAR.RESIDUELLE 1	6,042	5	1,208			1,099	4,31%

Tableau 7 : Analyse de la variance de diamètre de pivot

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	586,059	11	53,278				
VAR.FACTEUR 1	582,551	1	582,551	4717,537	0,00001		
VAR.BLOCS	2,89	5	0,578	4,68	0,05884		
VAR.RESIDUELLE	0,617	5	0,123			0,351	2,09%

Tableau 8 : Analyse de la variance de Poids de feuille

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	81,989	11	7,454				
VAR.FACTEUR 1	16,101	1	16,101	3,84	0,1059		
VAR.BLOCS	44,924	5	8,985	2,143	0,21084		
VAR.RESIDUELLE 1	20,964	5	4,193			2,048	14,62%

Tableau 9 : Analyse de la variance de Longueur feuille

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	155,749	11	14,159				
VAR.FACTEUR 1	19,508	1	19,508	1,016	0,36184		
VAR.BLOCS	40,204	5	8,041	0,419	0,81974		
VAR.RESIDUELLE 1	96,037	5	19,207			4,383	13,24%

Tableau 10 : Analyse de la variance de poids de feuille

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	81,989	11	7,454				
VAR.FACTEUR 1	16,101	1	16,101	3,84	0,1059		
VAR.BLOCS	44,924	5	8,985	2,143	0,21084		
VAR.RESIDUELLE 1	20,964	5	4,193			2,048	14,62%

Tableau 11 : Analyse de la variance de nombre de feuille

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	6,917	11	0,629				
VAR.FACTEUR 1	2,083	1	2,083	3,049	0,13967		
VAR.BLOCS	1,417	5	0,283	0,415	0,82228		
VAR.RESIDUELLE 1	3,417	5	0,683			0,827	10,90%

Tableau 12 : Analyse de la variance de potassium

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	91,17	5	18,23				
VAR.FACTEUR 1	51,22	1	51,22	11,27	0,07714		
VAR.BLOCS	30,87	2	15,43	3,4	0,22795		

VAR.RESIDUELLE 1	9,09	2	4,54			2,13	4,28%
------------------	------	---	------	--	--	------	-------

Tableau 13 : Analyse de la variance de vitamine C

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	9,36	11	0,85				
VAR.FACTEUR 1	9,36	1	9,36	69632,36	0		
VAR.BLOCS	0	5	0	0,98	0,50732		
VAR.RESIDUELLE 1	0	5	0			0,01	0,44%

Tableau 14 : Analyse de la variance de caroténoïde

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2005,75	5	401,15				
VAR.FACTEUR 1	1598,38	1	1598,38	51,6	0,01542		
VAR.BLOCS	345,41	2	172,71	5,58	0,15304		
VAR.RESIDUELLE 1	61,95	2	30,98			5,57	4,06%

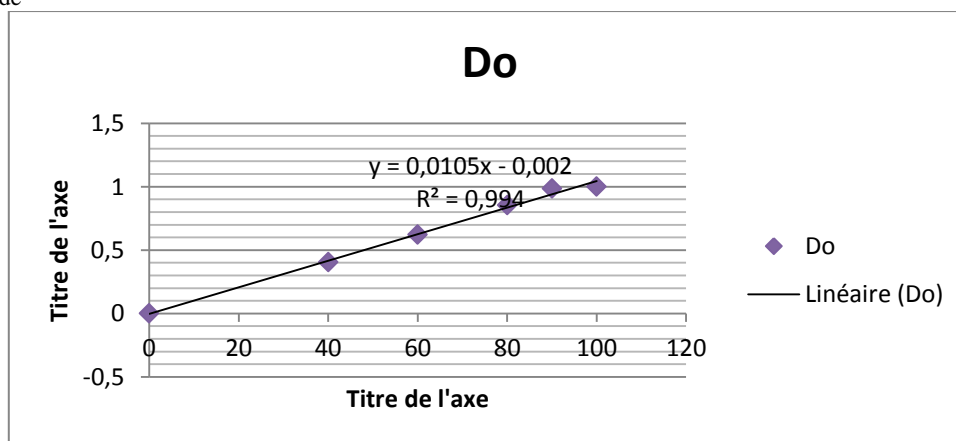
Tableau 15 : Analyse de la variance de sodium

	S.C.E	DDL	C.M.	TEST F	PROBA	E.T.	C.V.
VAR.TOTALE	2005,75	5	401,15				
VAR.FACTEUR 1	1598,38	1	1598,38	51,6	0,01542		
VAR.BLOCS	345,41	2	172,71	5,58	0,15304		
VAR.RESIDUELLE 1	61,95	2	30,98			5,57	4,06%

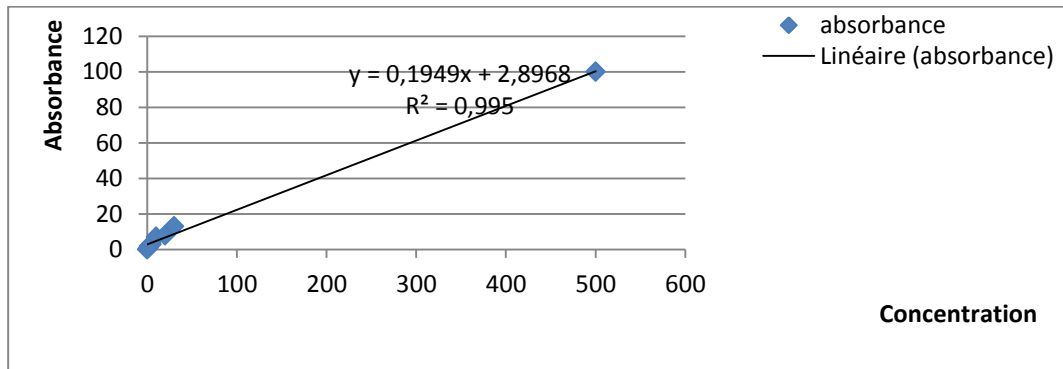
Annexe 2

Les courbes d'étalonnage

Caroténoïde



Sodium



Potassium

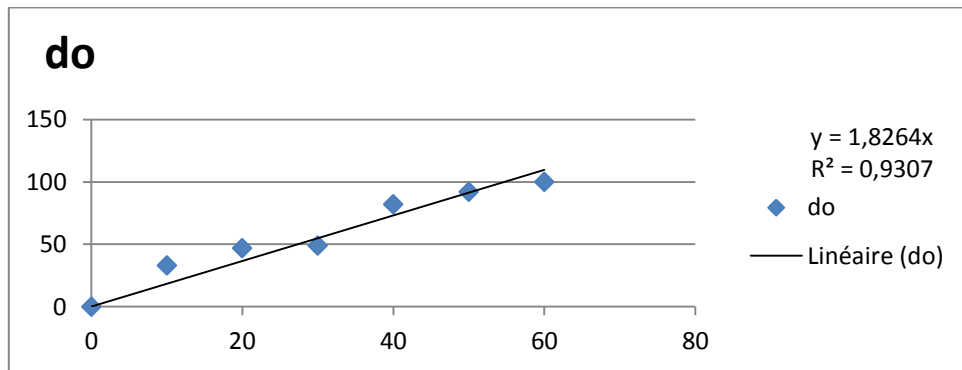


Figure 1: dosage de vitamine C

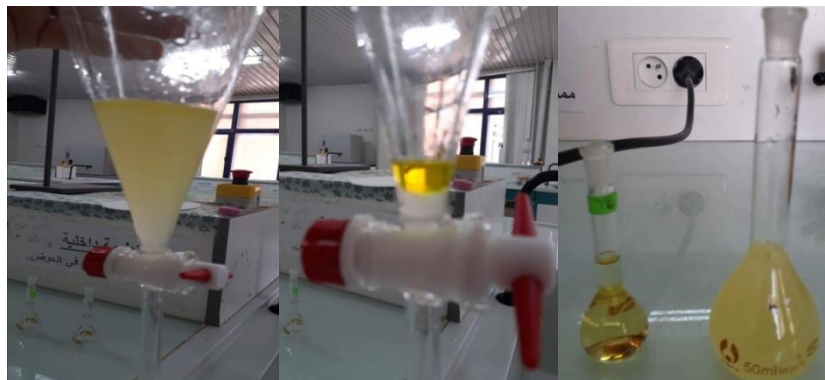


Figure 2 : méthode détermine les cartinoides tautaux



Figure 3 : courbe d'étalonnage des caroténoïdes



Figure 4 : le dispositif au moment de maturation

Figure 5 : la carotte à la maturation



Figure6 : la différence entre 2 variétés

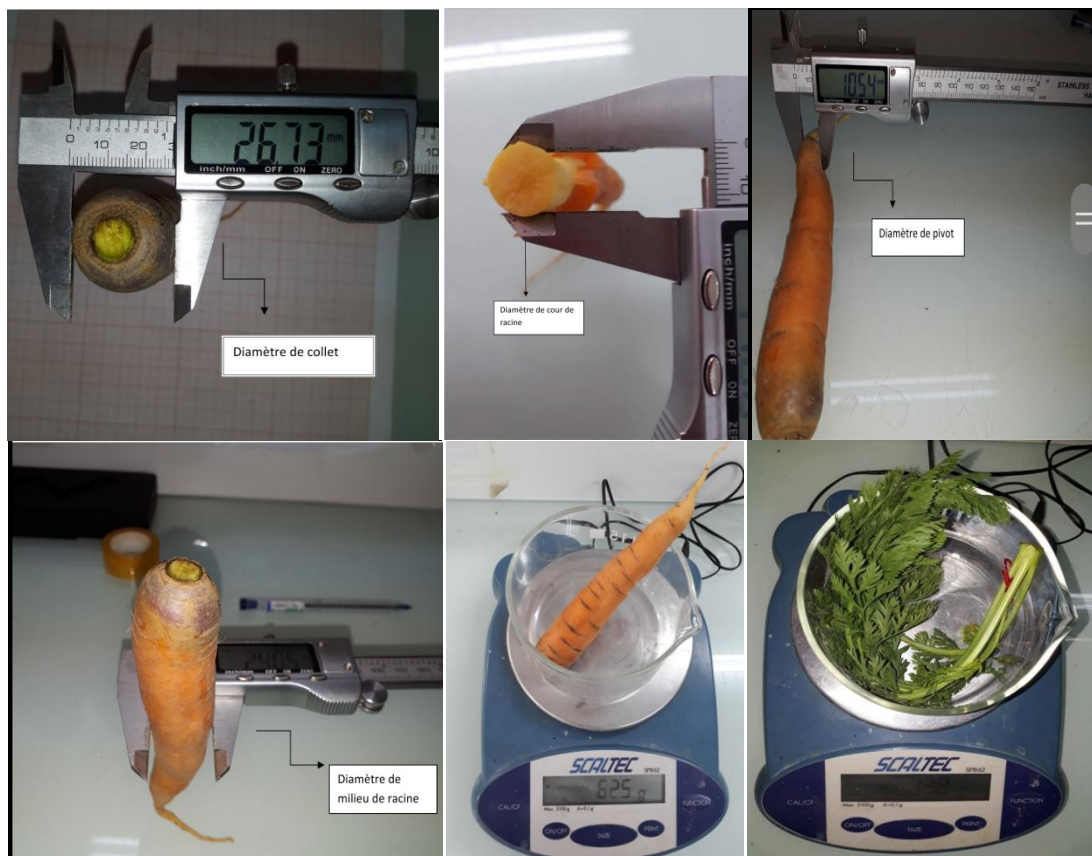


Figure 7 : les paramètres mesurés

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Origine et historique de la carotte

La carotte est une plante bisannuelle originaire des zones tempérées froides ; mais elle est aussi cultivée dans les régions tropicales et subtropicales. La plupart des botanistes de l'Europe centrale admettent que la carotte cultivée est une simple lignée culturelle dérivée de la carotte sauvage (**Thellung, 1927, Reduron, 2007**).

La carotte (*Daucus carota*) est une espèce indigène, commune en Europe. On la trouve surtout dans des zones incultes, des prairies sèches au sol sableux ou caillouteux, du littoral jusqu'à 1 500 m d'altitude. L'aire de répartition de *D. carota* comprend les régions européennes, périméditerranéennes et se prolonge à l'Est jusqu'aux portes de l'Himalaya (**Reduron, 2007**).

La carotte (*Daucus carota* L.) est le principal légume racine cultivé dans le monde après la pomme de terre (**Villeneuve et Leteinturier, 1992a ; 1992b**). Elle est répandue sous sa forme primitive dans toute l'Europe, le bassin méditerranéen, l'Afrique du Nord, l'Asie centrale et l'Asie du Sud-est (**Heywood, 1983**). Contrairement à la forme sauvage, les variétés cultivées accumulent des réserves sous la forme d'une racine principale tubérisée, pigmentée, pivotante et non ramifiée, correspondant à la partie consommée appréciée pour ses qualités gustatives et nutritionnelles exceptionnelles. La forme recherchée pour le marché de frais actuel est le type « Nantais » (racines cylindriques, boutées, lisses et bien colorées) (**Villeneuve et Letouzé, 1994**).

1.2. Répartition de la carotte

1.2.1. Dans le monde

La culture de la carotte s'est développée dans toutes les zones tempérées du globe, et particulièrement en Europe, où sa production bénéficie des conditions favorables. La carotte est cultivée aussi dans les zones subtropicales, durant la saison fraîche (**Chaux et Foury, 1994**).

Selon **Foury et Pitrat (1994)**, la carotte est, de nos jours, un des légumes le plus largement cultivé et réparti dans toutes les zones climatique.

L'expansion de la carotte vers l'Asie du Sud-est est moins documentée (**Clotault, 2009**); un type rose à rougeâtre serait apparu en Chine au XVIIIe siècle. Des variétés orange occidentales auraient par la suite été introduites au Japon depuis l'Europe et les États-Unis.

On note ainsi la présence des carottes au Moyen-Orient et en Afrique du Nord au XIe siècle puis en Espagne au XIIe siècle, en France, en Allemagne et aux Pays-Bas au XIVe siècle et en Angleterre au XVe siècle (**Banga, 1963 ; Clotault, 2009**).

La carotte est particulièrement populaire dans nombre de pays africains bien loin de sa zone d'origine (**Foury et Pitrat, 2003**)

1.2.2. En Algérie

Les principales variétés cultivées à grande échelle sont la Nantaise, Muscade, Touchon, Napoli, Presto, Premia. La production est destinée généralement au marché du frais. Au point de vue culinaire les carottes sont incorporés dans les recettes des plats traditionnels tels que les tajines et le couscous (**Ferradji et al., 2010**).

1.2.3. Dans la wilaya de M'sila

L'utilisation de la carotte comme aliment de bétail est considérée, par les éleveurs exerçant dans certaines zones du Hodna, comme une solution tout indiquée pour faire face à la cherté du foin, de l'orge et de la paille (**Mahdid, 2015**).

Des éleveurs des régions d'El Maâdher, à proximité de Boussaâda, de Djebel Messaâd, de Aïn El Melh, de Mohamed-Boudiaf et de Sidi Ameer, connues pour être les principaux «fiefs» de la culture de carotte, ne sont pas à court d'arguments pour justifier la transformation de cette apiacée en «must» de la cuisine animale, très appréciée, surtout, des bovins (**Mahdid, 2015**). (tableau1.1).

Tableau 1.1: Superficie et production de carotte dans quelques régions de la wilaya de M'sila (Algérie) 2016-2017.

Commune	Carotte	
	Superficies (ha)	Production (qx)
Khoubana	370	148000
M'cif	120	45600
Ain khadra	20	6800
Bousaada	220	92400
Ouled sidi brahim	4	1360
Sidi ameur	240	96000
Tamsa	100	40000
Ben srour	80	32000
Ouled slimane	5	1600
El houamed	320	134400
Maarif	200	80000
Mohamed boudiaf	102	36720
Bir foda	35	11200
Ain fares	4	1200
Sidi m'hamed	320	128920
Menaa	5	1800
Ain el melh	330	138600
Medjedel	40	14800
Slim	10	3200
Ain errich	400	160000
Djebel messaad	70	23800
Total wilaya	3000	1200000

(Source : D.S.A, 2017)

1.3. Production de la carotte

1.3.1. Dans le monde

D'un point de vue économique, la carotte fait partie des dix cultures légumières les plus importantes dans le monde, en termes de surface de production et de valeur marchande (**Simon et al., 2008**). La carotte, par sa valeur nutritionnelle, ses modes de consommation simples et variés, ainsi que par son prix modéré est le légume racine le plus consommé dans le monde (**Chaux et Foury, 1994**). Sa production mondiale est en constante progression et atteint, pour l'année 2010, les 33,7 millions de tonnes sur une superficie d'environ 1,2 millions d'hectares à travers le monde.

La production mondiale s'élève à 14000000 t .six pays : Chine, États-Unis, Russie, Royaume-Uni, Pologne et Japon en représentent plus de moitié (52%). La production de l'Union européenne, en hausse de 25% par rapport à il y a une dizaine d'années, atteint 3000000t (**FAO, 2013**).

Les pays –bas, l'Italie et l'Espagne ont progressé de plus de 50%, tandis que les autres pays n'augmentaient que de 11%.20% de la production de ce légume font l'objet d'échanges, aussi bien pour le marché du frais que pour la transformation industrielle. Plus de 90% des flux sont réalisés à l'intérieur de l'Union européenne et moins de 10% à l'extérieur (**Tirilly et Bourgeois, 1999**).

Toutefois la production française croit moins vite (**Foury et Pitrat, 1994**) si bien qu'avec une consommation française est de 6,7 kg par personne et par an (hors autoconsommation et production transformée) (**Tirilly et Bourgeois, 1999**).

La production mondiale de carotte entre 2009 et 2013 a connu une croissance continue (Figure1.1).

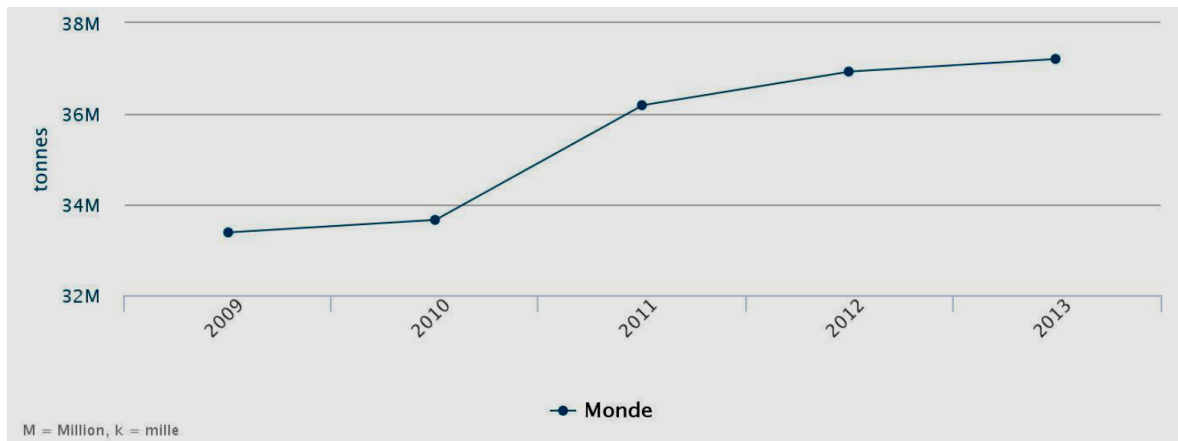


Figure 1.1 : Évolution de la production mondiale de carotte (FAO, 2013)

1.3.2. En Algérie

La production de la carotte enregistrée en Algérie au cours de la période allant de 2009 à 2013(Figure 1.2). La production est en progression continue.

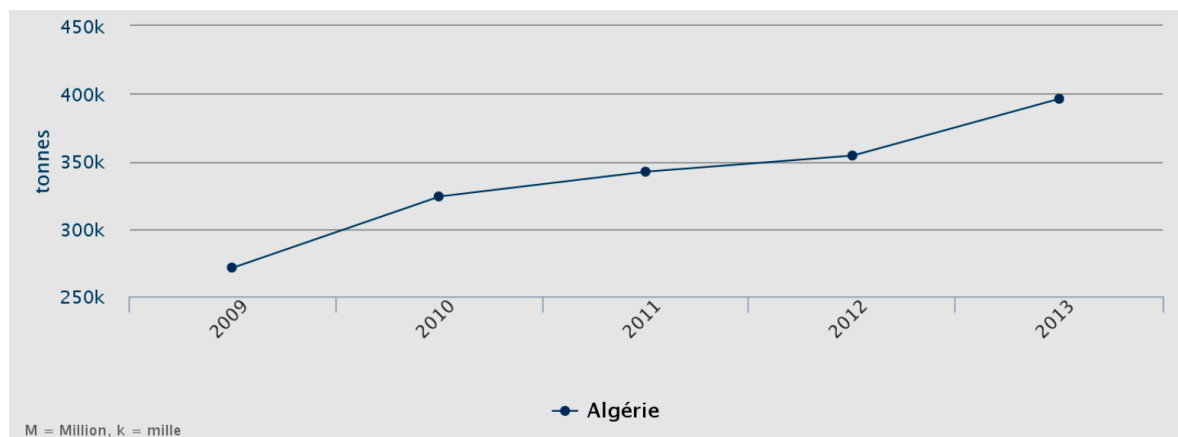


Figure 1.2 : Évolution de la production de carotte en Algérie (FAO, 2013)

1.4. Classification botanique et taxonomie

La carotte (*Daucus carota* L.) est une plante bisannuelle de climats tempérés, appartenant à la famille des Apiacées (*Apiaceae*), anciennement appelée famille des Ombellifères. Cette vaste et complexe famille comprend environ 445 genres et 3 700 espèces (Downie et Katz-Downie, 1996). Les relations phylogénétiques établies anciennement sur la base de données morpho-anatomiques ont été plusieurs fois remaniées

grâce à l'utilisation de nouveaux types de données issues de la biologie moléculaire (**Le Clerc, 2001**).

Le genre *Daucus* comprend 22 espèces, parmi lesquelles *Daucus carota* est la plus répandue (**Reduron, 2007**).

La taxonomie de l'espèce *Daucus carota* est assez complexe, on distingue notamment deux sous-groupes infra-spécifiques ou agrégats, construits sur la base de caractères morphologiques:

D. carota subsp. agg. *carota*, regroupe des plantes à port élancé et dressé, elles sont maritimes ou situées à l'intérieur des terres.

L'agrégat *carota* comprend six sous espèces dont la sous-espèce *sativus* regroupant l'ensemble des carottes cultivées (**Reduron, 2007**). Au sein de cette sous-espèce *sativus*, on distingue encore deux sous-ensembles ou variétés au sens botanique (**Small, 1978 ; Reduron, 2007**).

Les carottes à anthocyanes ou carottes dites de l'Est (*D. carota* subsp. *sativus* var. *atrorubens*).

Les carottes à carotènes ou carottes dites de l'Ouest (*D. carota* subsp. *sativus* var. *sativus*).

D. carota subsp. agg. *gummifer*, comprend des plantes à port trapu, aux feuilles plus épaisses, essentiellement présentes sur le littoral.

L'agrégat *gummifer* comprend sept sous espèces.

Taxonomie

Selon **Botineau, 2010**

Empire : Eukaryota

Règne : Plantae

Sous-règne : Viridiaeplantae

Embranchement : Tracheophyta

Sous-embranchement : Euphyllophytina

Infra-embranchement : Radiatopses

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe: Cornidae

Superordre : Aralianae

Ordre : Araliales

Famille : Apiaceae

Sous famille : Apioideae

Tribu : Caucalideae

Genre: *Daucus*

Espèce: *Daucus carota*L.

Nom vernaculaire: Zaroudia

1.5. Description morphologique et cycle de vie

1.5.1. Description morphologique

Plante: La carotte est une plante de taille moyenne (0,6 à 2 m au moment de la floraison). Nous la connaissons pour sa racine pivotante développée en organe de réserve, charnue, cassante, pigmentée (rarement blanche), agréable au goût et non ramifiée (en sol meuble, sans obstacle) (**Reduron, 2007**) (Figure1.3).

Les feuilles : Les feuilles sont minces, souvent mates, avec un pourtour triangulaire. Elles sont très divisées-pennées, à divisions écartées très allongées, étroites, linéaires ou lancéolées-linéaires (**Reduron, 2007**) (Figure1.3).

Les fleurs : Les inflorescences sont constituées de grandes ombelles composées de fleurs blanches jaunâtres, allogames et protandres¹, regroupées en ombellules. Chaque fleur est constituée de cinq sépales, cinq pétales, cinq étamines et deux carpelles (**Tirilly et Bourgeois, 1999**). La présence d'une fleur pourpre centrale est très variable chez la sous-espèce *sativus* (Figure1.3).

Fruit : Le fruit (communément appelé graine de façon abusive) est un diakène albuminé de forme elliptique (**Tirilly et Bourgeois, 1999**) (Figure1.3).



Figure 1.3 : Plant de carotte adulte. Reproduction d'une peinture du botaniste suédois Carl Axel Magnus Lindman (1856-1928), extraite de son livre '**Bilder ur Nordens Flora**' (1901-1905)

1.5.2. Cycle de vie de la carotte cultivé

1.5.2.1. Première année : le développement végétatif

A. Stades de développement

Selon (Chaux et Foury, 1994), la phase végétative peut être découpée en trois stades clés

- Levée et installation : c'est la phase correspondant à la sortie des cotylédons et des deux premières feuilles, ainsi qu'à la plongée dans le sol d'une fine racine primaire.
- Développement du feuillage : les feuilles, disposées en rosette, assurent la migration des réserves vers la racine.
- Tubérisation : au cours de cette phase, la croissance de la plante ne concerne pratiquement plus que la racine qui s'épaissit (Figure 1.4).

B. La racine, partie consommée de la carotte

La partie consommée correspond à la racine de la plante, récoltée au cours ou à l'issue de la phase végétative. Elle présente une partie centrale (xylème) et une partie extérieure charnue (phloème) (Figure 1.4).



Figure 1.4 : Cycle de vie de la carotte cultivé (personnelle, 2018)

1.5.2.2. Deuxième année : la phase reproductive

La seconde année de son développement, après avoir subi les basses températures de l'hiver (vernalisation), la plante utilise les réserves de sa racine tubérisée pour former une hampe florale (Figure 1.5) constituée de plusieurs ramifications (**Villeneuve et Leteinturier, 1992a**).

Après la vernalisation, permettant l'induction florale, la plante atteint le stade montaison qui bloque totalement la croissance en épaisseur de la racine et permet le développement d'une tige florifère. La durée de cette vernalisation est très variable selon les cultivars (**Reduron, 2007**). L'initiation de la montaison est obtenue après 40 à 60 jours de températures inférieures à 10 °C (**Villeneuve et Leteinturier, 1992a**).

La floraison est estivale ; la durée de cette floraison est de 7 à 10 jours pour une ombelle donnée, mais de 30 à 50 jours pour la plante entière (**Rubatzky et al., 1999**).

Une plante produit entre 1 000 et 40 000 semences ; la complète maturation des semences intervient 44 jours au moins après la floraison, 50 à 55 jours après la première fleur (**Reduron, 2007**). La durée de conservation des semences est de quatre ans (**Tirilly et Bourgeois, 1999**).



Figure 1.5: l'ombelle florale (**personnelle, 2018**).

1.6. Les ressources génétiques et amélioration

1.6.1. Ressource génomique

Selon **Chaux et Foury, (1994)**, la carotte est une plante diploïde et possède $2n = 18$ chromosomes, aucune modification de ploïdie ne semble avoir joué un rôle dans la différenciation de la forme cultivée. Son génome a une taille de 473 Mbp (génome haploïde (**Arumuganathan et al., 1991**), ce qui est quatre fois celui d'*Arabidopsis thaliana*, égal à celui du riz (*Oryza sativa*) et la moitié de celui de la tomate (*Solanum lycopersicum*). La taille de sa carte génétique est estimée à 900 cM (**Vivek et Simon, 1999**).

Des séquences issues d'un projet de transcriptome ont seulement été publiées depuis peu (**Iorizzo et al., 2011**). Le séquençage de son génome est en cours dans le cadre d'un projet confidentiel établi au niveau mondial entre plusieurs firmes semencières et quatre laboratoires de recherche publique, dont l'équipe 'QuaRVeg' de l'IRHS.

1.6.2. Variabilité génétique

L'évolution des cultivars de carotte en Europe a été continue pendant 400 ans durant lesquels plusieurs centaines de variétés locales et plus largement de variétés-populations ont été sélectionnées. La diversification variétale du type orange a abouti à une variabilité importante pour la forme (Figure 1.6), l'aptitude à la culture et la précocité puis plus tard la coloration. Quarante variétés sont ainsi connues en 1925 en France (**Pitrat et Foury, 2003**).

1.6.3. Sélection massale

La plupart des variétés-populations ont été obtenues à partir de variétés préexistantes, en exerçant la sélection sur un ou plusieurs caractères. Ces variétés génétiquement hétérogènes ont permis aux sélectionneurs d'obtenir un grand nombre de cultivars, présentant des caractères propres tant au regard des aptitudes culturales que de la morphologie des racines.

Des variétés-populations à fort rendement et de très bonne qualité ont pu être obtenues, mais malgré tous les efforts pour obtenir des variétés-populations avec un haut niveau d'uniformité, les résultats ont été limités (**Le Clerc, 2001**).

La couleur, et indirectement la teneur en caroténoïdes (Figure 1.6), représente l'un des principaux caractères sélectionnés au cours de l'histoire de la carotte cultivée (**Clotault, 2009**). Très rapidement, la longueur des racines a été également privilégiée puisqu'elle représente le principal facteur de production chez la carotte. De même, afin de maintenir des rendements élevés, la forme des racines évolue pour passer du conique au cylindrique, aboutissant à une meilleure productivité des variétés (**Le Clerc, 2001**).



Figure 1.6 : Forme et couleur de l'épiderme de la racine de neuf cultivars de carotte à trois stades différents (**Xu et al., 2014**)

1.6.4. Les hybrides créent

Les premiers hybrides ('Tancar' et 'Nandor') ont été inscrits au catalogue officiel des variétés en 1977. En 1999, 93% des variétés d'obteneurs étaient des hybrides, beaucoup plus homogènes que les variétés-populations jusqu'alors cultivées.

Les hybrides de type 'Nantes' sont aujourd'hui cultivés toute l'année et représentent la majorité des types de carotte utilisés pour le marché de frais en Europe (**Simon et al., 2008**). D'autres types européens restent utilisés, dans une moindre mesure : 'Chantenay', 'Danvers', 'Paris Market', 'Flakkee', 'Berlicum' et 'Amsterdam' (**Simon et al., 2008**). Le type 'Amsterdam' est également vendu en bottes pour le marché de frais mais surtout en tant que carotte d'industrie pour les mélanges pois-carotte.

La création d'hybrides, facilitée par la découverte de stérilités mâle nucléocytoplasmiques, a permis d'obtenir une meilleure vigueur et une uniformité des plantes. Ces stérilités mâles introduites par l'INRA dans les années 1960, sont de deux types. La stérilité mâle du type « anthères brunes » (**découverte par Welch et Grimball en 1947**) est actuellement la plus utilisée en Europe, en particulier chez la plupart des hybrides 'Nantaise' (**Doré et Varoquaux, 2006**). Les anthères restent rudimentaires, elles sont recroquevillées et les cellules-mères des grains de pollen ne dépassent pas le stade tétrade. Le type « étamines pétaloïdes » (découvert par Munger en 1953 chez une carotte sauvage) est actuellement utilisée aux États-Unis dans presque 100 % des variétés hybrides (**Doré et Varoquaux, 2006**). Dans ce cas, les étamines sont transformées en pièces pétaloïdes de couleur verte.

En revanche, pour le semencier, ces hybrides posent problème notamment en termes de production de semences. En effet, la carotte étant allogame, la dépression de consanguinité se fait rapidement sentir après seulement quelques générations d'autofécondations conduisant ainsi à une perte de vigueur des lignées. La faible vigueur des lignées utilisées entraîne alors un rendement en graines peu élevé. Afin de remédier à ce problème, les sélectionneurs ont développé des hybrides trois voies obtenus à partir d'hybrides F1 utilisés comme parent femelle, profitant ainsi de l'effet d'hétérosis, et d'une lignée servant de parent mâle.

1.6.5. Critère et butes d'amélioration

Les caractères importants qui ont été améliorés chez la carotte, ou qui devraient l'être, concernent (**Doré et Varoquaux, 2006 ; Simon et al, 2008**) :

- La forme de la racine : Elle est liée au marché (Europe/Amérique/Japon) et au type de production (pour le frais, pour la transformation) ;
- Le rendement : La production de culture commercialisable est la première priorité pour les producteurs et en conséquence pour les sélectionneurs. Il est dépendant du type et du marché de destination visé (frais, d'industrie, ...) ;
- La qualité mécanique : Il s'agit de la résistance aux manipulations et au transport ; les racines ne doivent pas se casser lors de la récolte ou du transport ;
- L'aptitude à la mécanisation : Les variétés hybrides ont apporté une meilleure homogénéité qui s'est accompagnée d'une amélioration de la qualité de la semence (calibrage notamment).
- La qualité visuelle : Le consommateur recherche une carotte avec un épiderme lisse et brillant après le lavage, d'une coloration orange vif, de forme régulière, sans meurtrissures ni crevasses. L'absence de collet vert et un cylindre central réduit sont également considérés comme un signe de bonne qualité.
- La qualité gustative et nutritionnelle : Les premières variétés de carotte cultivées contenaient un taux élevé en terpénoïdes volatils donnant une saveur désagréable. Une contre-sélection a été effectuée, les populations ainsi que les hybrides de type 'Nantes' actuels en contiennent peu.
- La qualité nutritionnelle, conférée entre autre par la provitamine A, a reçu l'attention des sélectionneurs depuis les années 1960. Aux USA, cette sélection a permis d'augmenter de 70 % la teneur en provitamine A des carottes entre 1970 et 1992 (**Simon et al., 2008**) ;
- La résistance à la montée à graines : Elle permet de réaliser un semis d'automne pour une récolte précoce au printemps. On cherche en effet, les variétés ayant une montaison la plus tardive possible afin d'exploiter pleinement son caractère de plante bisannuelle.

- L'aptitude à une récolte tardive en hiver : Pour les carottes de garde restant au champ, les plantes doivent être vigoureuses avec un feuillage et une racine résistant aux basses températures ;
- La production de semences : En plus des exigences des producteurs et des consommateurs, les sélectionneurs doivent obtenir des parents ayant un rendement en semences satisfaisant d'un point de vue économique ;
- La diversification des systèmes de stérilités mâles nucléo-cytoplasmiques : L'utilisation, à grande échelle en Europe, d'un seul cytoplasme pourrait révéler une sensibilité à certains bio-agresseurs ou à certaines conditions pédoclimatiques. La recherche dans les populations anciennes de nouveaux cytoplasmes mâles stériles doit donc être activement poursuivie ;
- La résistance aux ravageurs et maladies : C'est actuellement l'un des caractères les plus travaillés

1.7. Les exigences de carotte

1.7.1. Les exigences pédoclimatiques

A. Climat : Le climat océanique doux et humide est favorable à une bonne croissance de la carotte et une tubérisation de sa racine.

Les basses températures sont préjudiciables à la formation du carotène et donc à une coloration correcte de la racine (phénomène souvent observé en culture de primeur). Après tubérisation, la racine résiste à des températures de 3 °C à -4 °C.

Les températures optimales de croissance sont comprises entre 16 et 18 °C (**Péron, 2006**).

B. Sol: La carotte nécessite, pour former des racines longues, droites et de belle qualité, des sols profonds et meubles, fertiles, doués d'une bonne capacité de rétention en

eau et exempts de pierres ou de mottes pouvant entraîner la déformation de la racine. Les sols légers, frais, sableux à sablo-limoneux, profonds, non battants et bien drainants sont les plus favorables à une production de carotte de qualité. Le pH optimal se situe à 6,5 (Péron, 2006).

1.7.2 Exigences techniques

A. Le choix de la parcelle

Avant la mise en place de la culture ; il faut prendre en considération que la racine est particulièrement sensible aux différences de densité de sol : lorsqu'elle rencontre un obstacle, elle fourche. Plus le sol est sableux, plus la forme sera régulière, plus il est argileux, plus elle sera qualitative (la limite étant l'arrachage). (Cecile, 2011).

- Eviter les parcelles trop caillouteuses.

- Eviter les sols battants et les sols « lourds » (risque de pourriture et difficultés à la levée et à l'arrachage).

- Favoriser les sols sablo-limoneux bien drainés.

- Les sols sableux sont l'idéal pour des cultures précoces mais à éviter pour des carottes de conservation.

- pH compris entre 6 et 7.5.

B. Préparation du sol

Afin d'obtenir une structure de sol permettant une levée rapide et homogène, ainsi qu'un enracinement profond, deux itinéraires sont conseillés (Collin et al., 2005).

Le déchaumage, sitôt la récolte effectuée. Il facilite la décomposition des débris végétaux et permet l'élimination d'adventices quand il est combiné aux faux-semis.

Le passage d'outil à dents et un disquage (pas en dessous de 10 cm) en cas de sol filtrant non tassé, ou bien un labour, qui ameublissent le sol mais le dessèchent davantage. Une irrigation est nécessaire par la suite.

- Le hersage pour détruire les faux semis
- Le roulage : 2 passages de cultipacker en condition sèche puis semis.

C. Semis

Entre mars et juillet (dès février ou en octobre-novembre, dans la Midi), après avoir affiné la terre à plusieurs reprises, tracez des sillons peu profonds, distants de 25 à 30 cm le long d'un cordeau (**Le Page et Meudec, 2002**).

- A l'aide d'un semoir à main, répartissez régulièrement les graines dans le fond des sillons.
- Refermez les sillons, tassez avec le dos du râteau et arrosez en pluie fine, avec un arrosoir ou un tuyau muni d'une pomme d'arrosage (**Le Page et Meudec, 2002**).

1.7.3. Entretien de la culture

A. Éclaircissage : Environ 3 ou 4 semaines après le semis, les jeunes carottes atteignent 3 ou 4 cm de haut. Éliminez les plantes les plus faibles, afin de ne conserver qu'une carotte tous les 5 à 10cm, selon les variétés et leur grosseur (**Le Page et Meudec, 2002**).

B. Désherbage : D'après (**Cecile, 2011**) ; la carotte exige un ensemble des opérations de désherbage varie de 120 à plus de 900 heures/ ha.

C. Fertilisation : Lors de la culture, une fumure minérale est recommandée mais ne doit pas être excessive au risque d'obtenir un développement important du feuillage au détriment des racines (**Villeneuve et Leteinturier, 1992a**).

D. Irrigation : Dans des conditions pédoclimatiques favorables au stress hydrique la culture de la carotte sans système d'irrigation s'avère très aléatoire. Les étapes nécessitant une bonne gestion de l'eau sont (**Cecile, 2011**):

- la préparation du lit de semence : pour avoir un sol ressuyé;

- la levée : les irrigations après le semis doivent permettre de maintenir le sol humide par petits apports répétés jusqu'à la levée ;

- le développement jusqu'au stade crayon : petits apports répétés jusqu'au stade 1 à 2 feuilles des plantes puis un espacement des apports jusqu'au stade crayon.

E. Récolte : Pour la carotte de primeur, la récolte intervient entre la mi-avril et le début mai. Pour la carotte de saison, qu'elle soit destinée au marché de frais ou à la transformation, la récolte se fait entre juin et mai de l'année suivante selon les régions. En région non exposée au gel, les racines sont arrachées au fur et à mesure des besoins (**Truffaut, 1978**).

F. Conservation : Les Carottes peuvent se conserver en terre, en recouvrant la planche de feuilles mortes à l'approche des grands froids. C'est même le meilleur procédé lorsque les Limaces et les Rongeurs ne sont pas trop à craindre (**Truffaut, 1978**).

On peut encore arracher les Carottes en novembre, et les conserver en silo ou en cave, de préférence enfouies dans du sable. La pourriture due au *Sclerotinia* sera évitée par désinfection ou chaulage de la cave à légumes (**Truffaut, 1978**).

G. Diversité des productions : Il existe une segmentation du marché de la carotte en fonction de la destination des racines produites. On distingue classiquement la carotte pour la vente en frais (primeur, de saison ou de garde) et la carotte d'industrie destinée en majeure partie à la conserve appertisée (petites carottes pour mélange pois-carotte, grosses

carottes pour macédoine de légumes), avec une part croissante du surgelé (purées, rondelles, jardinières de légumes) (Villeneuve et Leteinturier, 1992b ; Péron, 2006)

1.8. Principaux maladies et ravageurs de la carotte

1.8.1. Les maladies

- A. Pourriture blanche (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Messiaen et al., 1991).
- B. Pourriture noire (*Stemphylium radicinum*)
- C. L'Alternariose ou brûlure foliaire de la carotte (*Alternaria dauci*)
- D. Bactériose américaine de la carotte (*Xanthomonas campestris* pv. *Carotae*)
- E. Virus et Mycoplasmes affectant la carotte carotte

Deux virus sont présents dans les feuillages de la carotte atteintes de nanisme bigarrée (Messiaen et al., 1991):

- un lutéovirus transmis de façon spécifique par *Cavariella aegopodii*, puceron inféodé aux Ombellifères et aux saules (dont la proximité peut être un facteur épidémique important), le « Carrot red leaf virus » 'CRLV) ;
- un autre virus à particules de 52 nm de diamètre, qui n'est pour le moment rattaché à aucun groupe : le Carrot mottle virus. Expérimentalement transmissible par voie mécanique à d'autres Ombellifères.

1.8.2. Les ravageurs

D'après Grubben et Denton (2004), les ravageurs de la carotte sont :

-La Mouche de la carotte (*Psila rosae*), qui creuse des galeries dans la racine, est le ravageur le plus redoutable.

-Les punaises (*Lygus hesperus* et *Lygus elisus*) sur les cultures semencières.

-Les pucerons (par ex. *Cavariella aegopodii*) en tant que vecteurs de maladies virales.

-La cicadelle (*Macrostelus fascifrons*) en tant que vecteur de la jaunisse de la reine-marguerite

-Le charançon de la carotte (*Listronotus oregonensis*) et autres parasites du feuillage sont tous été observés sur les carottes, mais le seul sans doute qui causes de graves pertes de récolte en Afrique est la noctuelle (*Spodoptera* spp.)

1.9. Importance de la carotte

1.9.1. Importance alimentaire

La carotte est utilisée pour l'alimentation, c'est son utilisation la plus connue (consommation de sa racine). Mais on peut noter que l'huile essentielle de carotte, par distillation des semences, est employée en parfumerie et aromathérapie. Le carotol (alcool sesquiterpénique) est le composant majoritaire de l'huile, qui contient également du daucène, de l' α -pinène, du limonène, du sabinène, de l'acétate de géranyle... (**Gonny et al., 2004 ; Reduron, 2007 ; Staniszewska et al., 2005**).

Parmi les autres usages de la carotte, on peut aussi mentionner son emploi comme plante tinctoriale, par exemple pour colorer le beurre ou certains fromages (**Bergeret et al., 1909 in Reduron, 2007**). Plus récemment, la production de pigments alimentaires à partir de la racine de carotte, notamment des variétés à chair violette, s'est développée (**Downham et Collins, 2000**).

1.9.2. Importance médicinale

Tout comme de nombreuses apiacées, les semences de carottes sont aromatiques et durant l'antiquité elles ont été utilisées comme épice ou plante médicinale (**Simon et al., 2008**), ceci constitue vraisemblablement la première utilisation de la plante (**Reduron, 2007**). Chez les Grecs et les Romains, il a été rapporté la consommation d'Apiacées à racine blanches, mais il s'agirait en fait de panais (**Rubatzky et al., 1999**).

1.9.3. Importance fourragère

La carotte blanche ou jaune est utilisée comme plante fourragère. L'appétibilité de la carotte est bonne et elle est riche en énergie. Par contre, la teneur en matière sèche est médiocre. Des déchets de traitements industriels de carottes peuvent aussi servir à nourrir les animaux (**Doré et Varoquaux, 2006**).

1.9.4. Importance dans l'industrie non alimentaire

Du carotène et des oléorésines sont extraits de la carotte pour les industries pharmaceutiques et cosmétiques (**Doré et Varoquaux, 2006**).

1.10. Les descripteurs morphologiques

Un descripteur végétal est une caractéristique identifiable et quantifiable d'une espèce. Les descripteurs sont utilisés dans la caractérisation et dans l'évaluation des populations pour faciliter leur différenciation et rendre facile la classification, le stockage, la récupération et l'utilisation de données (**Painting et al., 1993**).

1.10.1. Descripteurs phénotypiques

La caractérisation morphologique est une des étapes importantes dans la description et la classification du germoplasme des plantes cultivées (**Manzano et al., 2001 ; Yobi et al., 2002; Radhouane, 2004**). Toutefois, ils peuvent être influencés par des facteurs environnementaux et comprennent d'une part mesures biométriques portant sur la plante

(taille et forme des racines, des feuilles, longueur d'inflorescence, nombre de fleurs, etc.) et d'autre part des données qualitatives comme la couleur des racines, le taux de graines (Gharnit *et al.*, 2004).

Ces marqueurs ont déjà été appliqués avec succès à l'étude de la diversité morphologique du sorgho (Ayana et Bekele, 1999 ; Abddi *et al.*, 2002 ; Grenier *et al.*, 2004 ; Koffi *et al.*, 2011) et d'autres céréales cultivées comme le maïs (Li *et al.*, 2002 ; Salami *et al.*, 2007), le riz (Adeyemi *et al.*, 2011 ; Ferreira do Nascimento *et al.*, 2011 ; Chakravorty *et al.*, 2013), le mil (Loumerem *et al.*, 2008 ; Akanvou *et al.*, 2012), l'orge (Jaradat *et al.*, 2004), blé (Martin et Ruiz, 2000; Naghavi et Amirian, 2005; Salem *et al.*, 2008; Ali *et al.*, 2013, la carotte (Alveroda) (Vieira *et al.*, 2012) et l'*Opuntia* (Hadj Kouider *et al.*, 2017).

La thématique de notre travail est l'étude du polymorphisme phénotypique de deux variétés de carotte cultivée, consommée et commercialisée dans la région de M'sila.

CHAPITRE II

MATERIEL ET METHODES

2.1. Introduction

Il existe toujours de nombreux caractères pour lesquels des variations entre individus sont observées. Certaines de ces variations s'expriment au niveau phénotypique. Dans le processus de caractérisation phénotypique d'une collection, si l'objectif principal est de mesurer la variabilité du groupe, il est conseillable de sélectionner des caractéristiques ou descripteurs qui soient les plus discriminants possibles. Un descripteur végétal est une caractéristique identifiable et quantifiable d'une espèce. Les descripteurs morpho-agronomiques peuvent être qualitatifs ou quantitatifs, ils peuvent être importants du point de vue agronomique, de l'amélioration génétique, du marché ou du point de vue culinaire. Parfois on inclut aussi des descripteurs indicateurs des composantes de rendement avec l'objectif de donner au sélectionneur une indication du potentiel du rendement. Souvent ces descripteurs sont influencés par les changements environnementaux (**Boutista, 2009**). Dans notre étude nous utiliserons les descripteurs UPOV de la carotte

2.2. Etude de milieu

2.2.1. Présentation de la station expérimentale

L'essai est réalisé dans une parcelle située au département des sciences agronomiques à l'université de Mohammed Boudiaf, M'sila. Se localisent entre $35^{\circ}74'$ N et $04^{\circ} 55'$ E ; avec 512 m d'altitude.

2.2.2. Etude pédoclimatique

2.2.2.1. Données climatiques

Le climat est l'ensemble des actions de l'atmosphère, l'humidité, la pluie, la température, le vent, etc. C'est l'élément naturel sur lequel l'homme n'a aucune influence

directe à l'exception de cas particuliers tels que les irrigations par exemple. C'est un facteur déterminant pour le développement des plantes, de la formation et de l'évolution des sols (**Greco, 1966**).

2.2.2.1.1. Température

La température, est un facteur constitutif du climat, influe sur le développement de la végétation. Ce sont les températures extrêmes plus que les moyennes qui ont une influence sur la végétation, sauf si elles sont exceptionnelles et de courte durée (**Greco, 1966**). Seules les valeurs ayant une signification biologique sont prises en considération : Températures moyennes mensuelles, moyennes des maxima du mois le plus chaud (M), moyennes des minima du mois le plus froid (m).

L'analyse des valeurs de la température de l'année 2017, montre que les températures maxima sont enregistrées durant le mois le plus chaud (Juillet) avec une valeur de : 40.4 °C (Tableau 2.1).

Tableau 2.1 : Température mensuelle moyenne, minimale et maximale (°C).

Moi	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec
T° Max	12.3	17.8	22.4	25.8	32.9	37.1	40.4	39.9	32.6	26.5	19.0	14.1
T° Min	2.8	6.3	7.7	11.6	18.1	22.0	24.6	25.7	18.5	12.5	6.2	3.4
T° moy	7.55	12.05	15.05	18.7	25.5	29.55	32.5	32.8	25.55	19.5	12.6	8.75

(O.N.M. M'sila 2017)

2.2.2.1.2. Précipitation

La pluviométrie constitue la principale forme des précipitations et la plus importante. C'est le premier facteur du climat influençant la croissance des végétaux. Ainsi la quantité d'eau reçue annuellement est un élément essentiel pour la vie végétale (**Djellouli, 1981**).

Le cumul annuel moyen de la précipitation de l'année 2017 est 142.2 mm (Tableau 2.2).

Tableau 2.2 : Pluviométrie mensuelle (mm).

Moi	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sep	Oct	Nov	Dec	Cumul
P (mm)	71.4	1.0	2.5	5.6	13.2	18.0	4.3	0.5	1.5	12.7	4.1	7.4	142.2

(O.N.M. M'sila 2017)

2.2.2.2. Analyse physico-chimique du sol

Chaque type de sol est soumis à des analyses physico-chimiques (pH, matière organique, calcaire totale, humidité et la conductivité électrique).

2.2.2.2.1. Mesure du pH

Selon **Dinon et Gerstmans(2008)**, le degré d'acidité ou de basicité du sol joue un rôle très important dans l'assimilation des éléments nutritifs du sol par la plante. Le pH eau, selon **Baize, 1988** :

pH inférieur à 3,5 →hyper-acide pH entre 3,5 et 5 →très acide
pH entre 5 et 6,5 →acide pH entre 6,5 et 7,5→neutre
pH entre 7,5 et 8,7→basique pH supérieur à 8,7 →très basique

Le pH eau du sol de notre sol d'étude est égal 8.23, c'est un sol basique (Tableau 2.5).

2.2.2.2.2. Mesure de la conductivité électrique d'un sol (CE)

Elle mesure la teneur en sels solubles dans une solution, la mesure a été faite à l'aide d'une conductimètre (mS/cm). La valeur obtenue est : CE = 0.404 mS/cm (Tableau 2.5).

2.2.2.2.3. Dosage de la matière organique

La matière organique est dosée par la méthode **d'Anne (1845)**. La teneur en

matière organique (MO) totale du sol s'obtient généralement en dosant la teneur en carbone (C).

Tableau 2.3 : Normes d'interprétation de taux de la matière organique

Taux de MO %	Type du sol
<0.5 %	Très pauvre en MO
0.5-1.5 %	Pauvre en MO
1.5-2.5 %	Moyennement pauvre en MO
2.5-6 %	Riche en MO
6-15 %	Très Riche en MO

D'après ces normes, notre sol est riche en matière organique car il enregistre un pourcentage élevé de l'ordre de 3.268 %, ce qui va influencer positivement sur le rendement des carottes (Tableau 2.5).

2.2.2.2.4. Humidité du sol

La mesure de l'humidité du sol a été faite par la méthode d'Aubert (Aubert, 1978). Le taux de l'humidité prélevé concernant notre parcelle d'expérimentation est égale à 4.14 % (Tableau 2.5).

2.2.2.2.5. Dosage du calcaire total (calcimètre de Bernard) (Bernard, 1990)

Tableau 2.4 : Normes d'interprétation du calcaire total

Calcaire total	Sol
<1 %	Non calcaire
1-5 %	Peu calcaire
5-25 %	Modérément calcaire
25-50 %	Fortement calcaire
50-80 %	Très Fortement calcaire
>80 %	Excessivement calcaire

On trouve (après l'analyse de sol) que le taux de calcaire total est compris de 11.79%, et selon les normes de tableau ci-dessus, on peut classer notre sol comme sol modérément calcaire (Tableau 2.5).

2.2.2.2.6. Analyse granulométrique

La carotte exige des sols profonds froids et fertiles, les sols argileux siliceux lui convient bien, les sols légers favorisent la précocité, les terres lourds et compactes convient males: les racines sont moins colorées, ligneuses et tendent à se fondre (mélange des couleurs).

L'analyse granulométrique du sol consiste à classer les éléments du sol d'après leur grosseur et à déterminer le pourcentage de chaque fraction (sable, limon argile) afin de définir la texture d'un sol.

Dans notre cas, on trouve que le sol à une texture argilo-sableuse (Tableau 2.5).

Les résultats des analyses physico-chimiques d'un échantillon de sol au niveau du laboratoire des sciences agronomiques, université Mohamed Boudiaf, M'sila sont récapitulés dans le tableau 2.5.

Tableau 2.5 : Caractéristiques physico-chimiques du sol.

Analyse de sol	Résultats
PH	8.23
Conductivité électrique (CE) Mmhos/cm	0.40
Humidité %	4.14%
Calcaire totale %	11.79
Matière organique %	3.27
Texture	argilo-sableuse

2.3. Installation de l'essai

2.3.1. Matériel végétal

Le matériel végétal étudié est composé de deux (02) variétés de carottes (Figure 2.1) : carotte Muscade d'Alger et carotte Hamraya.



Figure 2.1 : Matériel végétal utilisés

2.3.2. Démarche expérimentale

2.3.2.1. Préparation des planches de plantation

Les planches sont labourées superficiellement de 15-20 cm de profondeur. Par la suite les planches sont préparées manuellement. La taille des planches est de 150 cm de longueur et 80 de largeur. Les terrains ou « blocs parcellaires » sont d'abord nettoyés, les résidus sont enlevés (Figure 2.2). Une fois les planches délimitées, avant le semis, un binage léger à l'angady est réalisé afin de casser les mottes et d'aplanir la planche.

a. Semis : Le semis est réalisé à la main en ligne distante de 15 cm, sur une profondeur de 1cm d'environ. Les graines sont ensuite recouvertes par un mélange de terre et sable fin (1/2 de volume)(Figure 2.2).

b. Irrigation: Tous les arrosages sont réalisés manuellement, à l'aide d'un arrosoir de 15 litres. Les exigences en eau des cultures varient au cours du cycle de développement. Après le semis une irrigation immédiate avec l'eau du robinet est réalisée (jour/jour).après l'apparition des premières feuilles, l'arrosage est effectué chaque jour.

- c. **Désherbage :** Comme toutes les opérations culturales, le sarclage est réalisé manuellement, et le sarclage est réalisé juste après l'arrosage.
- d. **Éclaircissage:** L'éclaircissage consiste à supprimer les jeunes pousses les plus fragiles pour laisser aux plus vigoureuses la place de se développer.
- e. **Récolte des échantillons :** s'effectuée manuellement après 110 jours de la culture.

2.3.2.2. Dispositif expérimental

L'expérience suit un dispositif en Blocs aléatoires complets (BAC), avec six répétitions (n=6 blocs). Chaque bloc contient trois lignes de plantation pour chaque variété, soit neuf lignes par bloc au total (Figure 2.2).



Figure 2.2 : Mise en culture des variétés de la carotte expérimentées.

2.4. Les paramètres mesurés et analysés

Les caractères qui font l'objet de notre étude sont ceux trouvés dans les principaux directeurs pour la conduite de l'examen de la distinction, de l'homogénéité et

de la stabilité des caractères de la carotte et admis par l'UPOV 2015 (Union internationale pour la Protection des Obtentions Végétales). Dans ce travail, nous avons étudiés les caractères qualitatifs et quantitatifs de la plante : feuillage et racine. Ils sont choisis dans le but de refléter la variabilité entre les espèces étudiées.

2.4.1. Test de germination

Un test de germination au laboratoire nous a permis de connaître la faculté germinative et l'énergie germinative de nos semences à 25 °C (figure 2.3).



Figure 2.3 : Teste de germination des semences des variétés étudiées

2.4.2. Paramètres étudiés

2.4.2.1. Descripteurs phénologiques

- ✓ Recouvrement du sol par les feuilles
- ✓ Tendance à la montaison (première année)
- ✓ Vitesse de la montaison

2.4.2.2. Paramètres phénotypique

- ✓ Plante : hauteur de l'ombelle primaire à l'époque de sa floraison
- ✓ Feuillage : largeur de la couronne
- ✓ Feuille : port
- ✓ Feuille longueur (pétiole compris)

- ✓ Feuille : division
- ✓ Feuille : intensité de la couleur vert
- ✓ Type de feuilles
- ✓ Division des feuilles
- ✓ Couleur des feuilles
- ✓ Intensité de la couleur des feuilles
- ✓ Feuillage : Largeur de l'insertion
- ✓ Racine : longueur
- ✓ Racine : largeur
- ✓ Racine : forme en section longitudinale
- ✓ Racine : tendance à avoir une forme conique
- ✓ Racine : extrémité (à plein développement)
- ✓ Racine : couleur externe
- ✓ Racine : intensité de la couleur externe
- ✓ Racine pigmentation anthocyanique de la peau du collet
- ✓ Racine : annelure de la surface
- ✓ Racine : couleur du cortex
- ✓ Racine : intensité de la couleur du cœur
- ✓ Racine : couleur du cortex
- ✓ Racine : diamètre du collet, du milieu et de la pointe

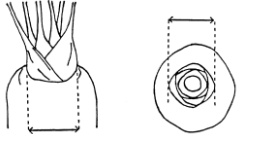
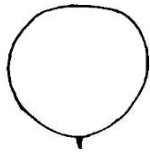





			
Latérale verticale	arrondie	obovale	Ob-triangulaire moyen
Feuillage : largeur de la couronne selon l'UPOV, 2015			
	Obtriangulaire étroite	obtriangulaire étroite à rectangulaire	rectangulaire étroite

Figure 2.4 : Racine : forme en section longitudinale et feuillage : largeur de la couronne selon l'UPOV, 2015



Figure 2.5 : Diamètre (mm) du collet (_1), du milieu (_2) et de la pointe (_3) sur chaque carotte commercialisable

2.4.2.3. Dosage du sodium et potassium par photomètre de flamme

Pour doser les minéraux Na^+ et K^+ , nous avons utilisé la méthode d'extraction avec des acides concentrés pour dissoudre toute la matière organique.

A partir de cette minéralisation de plante nous pouvons doser les éléments minéraux qui nous intéressent.

Le potassium et le sodium sont dosés par photomètre de flamme. L'excitation du potassium par la chaleur va dégager une luminescence qui sera détecté par une cellule photoélectrique qui le convertira en intensité. La mesure de cette intensité dépend de la concentration en potassium.

2.4.2.4. Vitamine C

La teneur de nos fruits en vitamine C a été déterminée sur la base de la méthode iodométrique qui consiste à oxyder l'acide ascorbique par l'iode en milieu acide. La teneur en vitamine C est obtenue à l'aide de la formule suggérer par **Prodn** et la cite par **Tanislav (1978)**.

$$X = (n \cdot V1 \cdot 0.088) \cdot 100 / G \cdot V2$$

X : mg d'acide ascorbique pour 100g produit soumis à l'analyse

n: nombre de ml d'iodate de potassium : déduit par la différence entre le premier titrage et le titrage témoin.

V1 : volume totale d'extrait obtenu pour l'analyse (100ml).

G : quantité de produit analysé (10g de pulpe de fruit).

V2 : volume d'extrait filtre soumis à l'analyse (100ml).

2.4.2.5. Caroténoïdes totaux

Les caroténoïdes totaux ont été déterminés en utilisant la méthode décrite par **Duvivier et al., (2008)**, avec quelques modifications. Brièvement, 0,2 g de carbonate de sodium, 0,1 g de terre de diatomées (sable fin lavée plusieurs fois par le méthanol), 5 ml de méthanol et 10 ml d'hexane / acétone (1: 1, v / v) avec 0,001% de BHT ont été ajoutés à 2 g de chaque échantillon. Les échantillons ont été agités pendant 2 h puis filtrés à travers du papier filtre. Le résidu a été lavé deux fois avec 5 ml de méthanol et une fois avec 10 ml de mélange hexane / acétone. Le volume a été complété à 50 ml avec de l'eau distillé. La couche lipophile a été transférée dans une fiole jaugée et le volume a été complété à 10 ml avec de l'hexane. L'absorption a été mesurée à 450 nm en utilisant un spectrophotomètre). La quantification était basée sur la courbe standard générée avec 5-10 mg / ml de b-carotène et les caroténoïdes totaux étaient exprimés en ug d'équivalent b-carotène / 2 g MF. Tous les échantillons ont été analysés en triple et les valeurs moyennes ont été rapportées.

Équation de caroténoïde :

Concentration obtenu*facteur de dilution/poids de l'échantillon

2.5. Analyse statistiques

Les résultats obtenus pour les paramètres biométriques sur les variétés étudiées sont été traitées par le logiciel Statbox v. 6. L'analyse permet de déterminer par la méthode de l'ANOVA les paramètres dont la différence d'expression est significative ce qui a facilité la comparaison des variétés entre eux selon chaque caractère.

Tableau 2.6 : Descripteurs morphologiques et phénologiques utilisés pour la caractérisation des espèces de carotte(UPOV2015).

Code	Descripteurs	Catégorie	Note	
			Hamraya	Muscad d »Alger
VAR 1	Feuillage : largeur de la couronne	5 : Moyenne ; 7 : large	7	5
VIR 2	Feuille : port	1 : dressé ; 3 : demi-dressé	3	1
VIR 3	Feuille longueur (pétiole compris)	3 : Courte ; 7 : Longue	7	3
VAR 4	Feuille : division	3 : fine ; 7 : grossière	3	7
VAR 5	Feuille : intensité de la couleur vert	5 : moyenne	5	5
VAR 6	Racine : longueur	5 : moyenne ; 9 : très longue	9	5
VAR 7	Racine : largeur	5 : moyenne	5	5
VAR 8	Racine : forme en section longitudinale	4 : ob-triangulaire étroite ; 5 : ob-triangulaire étroite à rectangulaire étroite	5	4
VAR 9	Variétés notées entre 4 et 6 pour le caractère 10 uniquement : Racine : tendance à avoir une forme conique	3 : faible ; 7 : forte	3	7
VAR 10	Racine : extrémité (à plein développement)	2 : légèrement pointue ; 3 : fortement pointue	2	3
VAR 11	Racine : couleur externe	3 : orange	3	3
VAR 12	À l'exclusion des variétés à racine de couleur externe blanche : Racine : intensité de la couleur externe	5 : moyenne	5	5
VAR 13	Racine pigmentation anthocyanique de la peau du collet	9 : présente	9	9
VAR 14	Racine : annelure de la surface	1 : absente ou très faible ; 5 : moyenne	5	1
VAR 15	Racine : couleur du cortex	3 : orange	3	3
VAR 16	À l'exclusion des variétés à cœur blanc : Racine : intensité de la couleur du cœur	3 : claire ; 5 : moyenne	3	5
VAR 17	Racine : couleur du cortex	3 : orange	3	3
VAR 18	Plante : tendance à la montaison	3 : faible ; 7 : haute	7	3
VAR 19	Plante : hauteur de l'ombelle primaire à l'époque de sa floraison	3 : basse ; 7 : haute	7	3
VAR 20	Type de feuilles	3 : ressemblant à une feuille de persil ou une fronde de fougère	3	3
VAR 21	Division des feuilles	3 : légèrement découpées ; 7 : Fortement découpées	3	7
VAR 22	Couleur des feuilles	2 : vert	2	2
VAR 23	Intensité de la couleur des feuilles	7 : Foncée	7	7
VAR 24	Recouvrement du sol par les feuilles	5 : Intermédiaire ; 7 : Dense (offrant une bonne protection des racines contre les rayons du soleil)	7	5
VAR 25	Feuillage : Largeur de l'insertion	3 : Étroite ; 5 : Intermédiaire	3	5
VAR 26	Tendance à la montaison (première année)	3 : Faible ; 7 : Élevée	7	3
VAR 27	Vitesse de la montaison	3 : Lente ; 7 : Rapide	7	3

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Test de faculté germinative

Les résultats obtenus de cet essai montrent que la faculté germinative des deux variétés (Hamraya, Muscade d'Alger) est homogène, elle est maximale (100%) durant la durée de germination (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 : Test de faculté germinative

Variétés	Hamraya	Muscade d'Alger
Nombre de jour	2	2
Faculté germinative (%)	100	100

3.2. Analyse statistique descriptive

3.2.1. Longueur de carotte commercialisable

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les deux variétés étudiées pour ce paramètre (Tableau 2, ANNEXE). Le test de NEWMEN-KEULS donne deux groupes homogènes (Tableau 3.2, Figure 3.1)

Le test de NEWMEN-KEULS classe les variétés en 2 groupes homogènes; les plus grandes valeurs sont enregistrées chez la variété Hamraya, alors que la variété Muscade d'Alger montre les valeurs les plus faibles (Tableau 3.2, Figure 3.1).

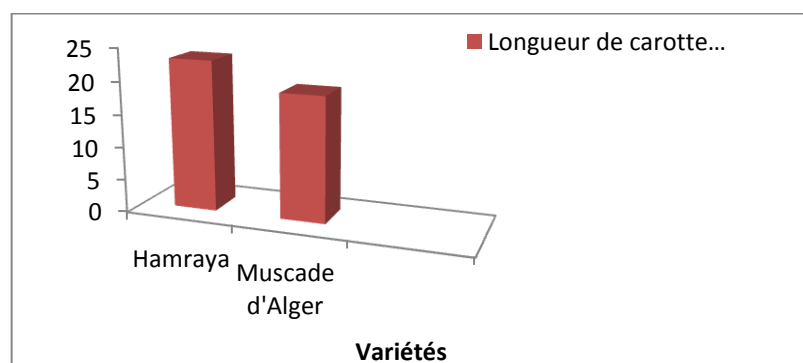


Figure3.1 : Longueur de carotte commercialisable

3.2.2. Poids frais de carotte commercialisable, poids des feuilles, longueur et largeur des feuilles, teneur en caroténoïdes et en K+

L'effet variété n'est pas significatif en ce qui concerne le poids frais de carotte commercialisable (p-valeur =0.5), poids frais des feuilles (p-valeur =0.10), longueur des feuilles (p-valeur =0.3), et nombre des feuilles (p-valeur= 0.13), teneur en caroténoïdes (p-valeur =0.5) et en K+ (p-valeur =0.5) d'après les résultats de l'ANOVA (Tableau 3.2).

Tableau 3.2: Analyse statistique descriptive de tous les variables analysées

Variables		Hamraya	Muscade	Prb	Sig
Racine	Poids frais de carotte commercialisable (g)	51.4 ± 5.8	54.72 ± 5.8	0,51	ns
	Longueur de carotte commercialisable (cm)	23,4 ± 0.6a	19.1 ± 0.5 b	0,00	***
	Diamètre au collet (mm)	22,2±0.77b	28,87±0.7a	0,00	***
	Diamètre au milieu (mm)	18,5±0,79b	23,81±0,7a	0,00	***
	Diamètre a la pointe (mm)	23,8±0,24 a	9,88±0,24b	0,00	***
	Caroténoïde (ug/2g)	16.3±1.61	17.3±1.61	0,61	ns
	K+ (mg/ml)	46.9±0.7	52.76±0.56	0,07	ns
	Na+ (mg/ml)	153.4± 3.9a	120.8± 3.9b	0,01	**
	Vitamine C (mg/100g)	1.7 ± 0.01b	3.5 ± 0.01a	0	***
Feuille	Poids (g)	15,16 ± 1,4	12,85 ± 1,4	0,10	ns
	Longueur (cm)	34,38±3,09	31,83±3,09	0,36	ns
	Nombres	7,16±0,58	8±0,585	0,13	ns

Proba. >0.05 ne sont pas significatifs (ns); Proba ≤ 0.05 significatif (*); Proba ≤0.01 hautement significatif (**); Proba ≤0.001 très hautement significatif (***). Pour chaque descripteur les valeurs portant les mêmes lettres sont statistiquement égales

3.2.3. Diamètre au collet et au milieu des plantes

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les deux variétés étudiées pour la croissance en termes de diamètre au collet et au milieu (Tableau 5 et 6, ANNEXE1). Le test de NEWMEN-KEULS donne deux groupes homogènes (Tableau 3.2, Figure 3.2).

Les valeurs moyennes du diamètre au collet et au milieu des deux variétés révèlent que la variété Muscade d'Alger donne les caractéristiques morphologiques les plus élevées (28.87 cm de diamètre au collet, 23.81 de diamètre au milieu). Alors que la variété Hamraya présente les valeurs les plus faibles de ces paramètres (Tableau 3.2, Figure 3.2).

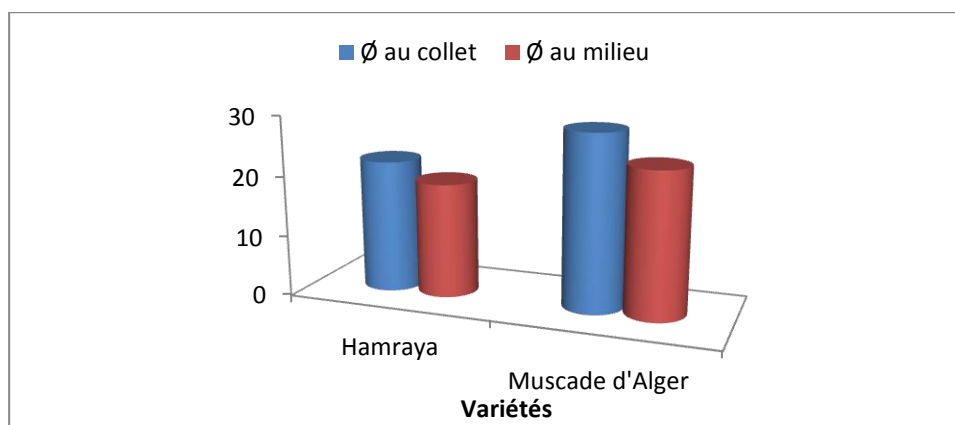


Figure 3.2 : Diamètre au collet et au milieu des plantes (Hamraya, Muscade d'Alger)

3.2.4. Diamètre de la pointe des plantes

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les deux variétés étudiées pour ce paramètre (Tableau 8, ANNEXE). Le test de NEWMEN-KEULS donne deux groupes homogènes (Tableau 3.2, Figure 3.3).

Les valeurs moyennes du diamètre à la pointe des deux variétés révèlent que la variété Hamraya présente le diamètre le plus élevé (23.8). Alors que la variété Muscade présente un diamètre plus faible (9.88) (Tableau 3.2, Figure 3.3).

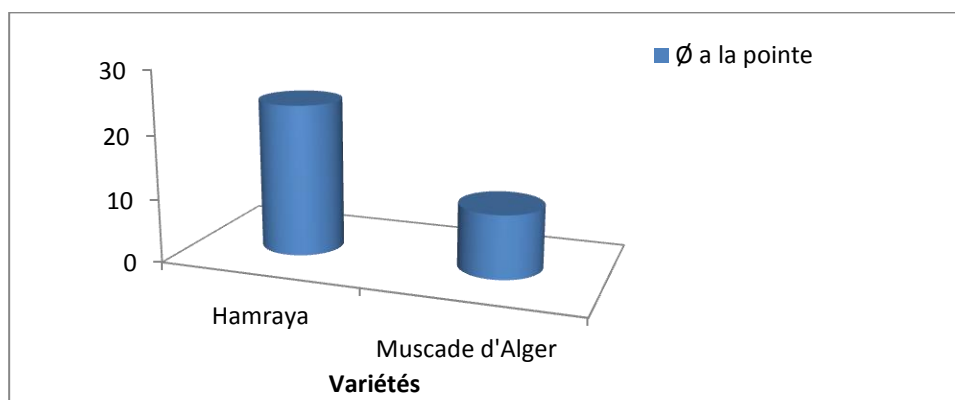


Figure 3.3: Diamètre de la pointe des plantes

3.2.5. Teneur en vitamine C

L'analyse de la variance montre une différence très hautement significative entre les deux variétés étudiées pour ce paramètre (Tableau 13, ANNEXE). Le test de NEWMEN-KEULS donne deux groupes homogènes (Tableau 3.2, Figure 3.4).

La teneur moyenne en vitamine C des deux variétés révèle que la variété Muscade d'Alger donne la valeur la plus élevée (3.52 mg/100g). Alors que la variété Hamraya présente la valeur la plus faible de ce paramètre (Tableau 3.2, Figure 3.4).

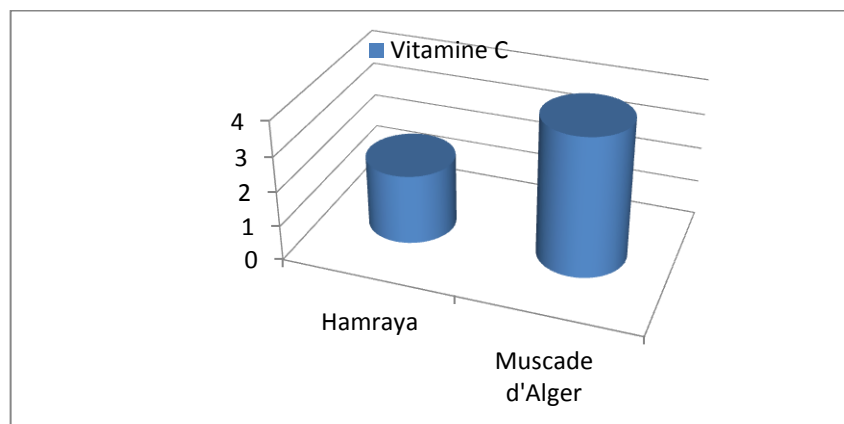


Figure 3.4: Teneur en vitamine C

3.2.6. Teneur en Na⁺

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre les deux variétés étudiées pour ce paramètre (Tableau 15, ANNEXE). Le test de NEWMEN-KEULS donne deux groupes homogènes (Tableau 3.2, Figure 3.5).

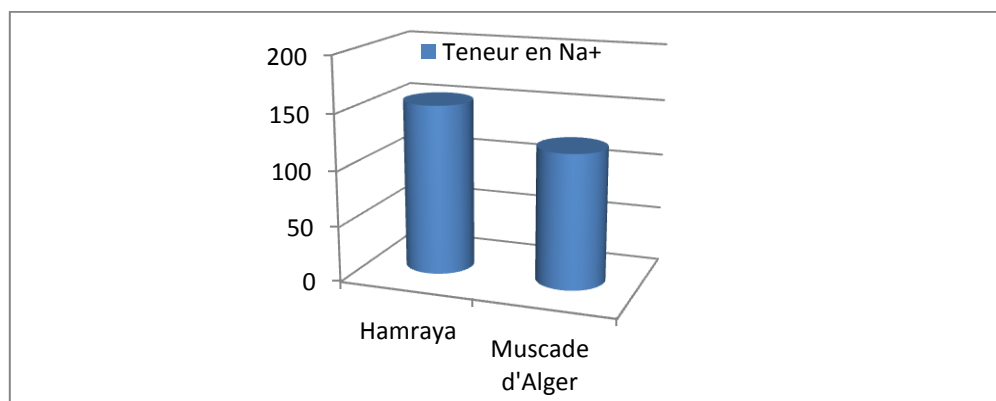


Figure 3.5 : Teneur en Na⁺

La teneur moyenne en Na⁺ des deux variétés révèle que la variété Hamraya donne la valeur la plus élevée (153.4 mg/ml). Alors que la variété Muscade d'Alger présente la valeur la plus faible de ce paramètre (Tableau 3.2, Figure 3.5).

3.3. Les paramètres les plus discriminants

D'après le test F, les descripteurs morphologiques qui discriminent le mieux des deux variétés sont la teneur en vitamine C suivi par le diamètre de la pointe, le diamètre au collet, et la longueur de carotte commercialisable (Tableau 3.3).

Tableau 3.3 : Classification des variables suivant les valeurs du test F

Variables	Test F	Classement des variables
Vitamine C	69632,36 ***	1
Diamètre a la pointe (Ø)	4717.53 ***	2
Diamètre au collet (Ø)	111.23 ***	3
Longueur de carotte commercialisable	87,33 ***	4
Diamètre au milieu (Ø)	66.35 ***	5
Na ⁺	51.6 ***	6
K ⁺	11.27 ^{ns}	7
Poids de feuille	3,84 ^{ns}	8
Nombres des feuilles	3.04 ^{ns}	9
Longueur de feuille	1,016 ^{ns}	10
Caroténoïde	0.35 ^{ns}	11
Poids de la racine	0.49 ^{ns}	12

Les résultats montrent que les teneurs en vitamine C est le paramètre le plus discriminant suivi par le diamètre de la pointe, le diamètre du collet, la longueur de carotte commercialisable, diamètre au milieu et la teneur en Na⁺. En effet, c'est la variété Muscade d'Alger qui semble être très riche en vitamine C, elle présente un diamètre au collet plus élevé (28.87 mm), un diamètre de la point plus faible (9.88 mm) avec une moyenne générale de la croissance en longueur de carotte commercialisable plus faible (19.1 cm), un diamètre au milieu plus élevé et une faible teneur en Na⁺. Alors que la variété Hamraya

présente une faible teneur en vitamine C, un diamètre au collet plus faible, un diamètre de la point plus élevé avec une moyenne générale de longueur de carotte commercialisable plus élevé, un diamètre au milieu plus faible et présente une forte teneur en Na⁺ (Tableau 3.2).

3.4. Fiche synthétique des deux variétés de carotte étudiées selon l'UPOV (2015)

Les résultats sont présentés sous forme de fiche synthétique des notations et observations réalisées pour chacune des variétés évaluées selon l'U.P.O.V. (Union Internationale de la Protection des Observations des Obtentions Végétales) (Figure 3.6 ; Figure 3.7)

Fiche synthétique : variété Muscade d'Alger

Feuillage : largeur de la couronne :	Moyenne
Feuille : port :	Dressé
Feuille longueur (pétiole compris) :	Courte
Feuille : division :	Grossière
Feuille : intensité de la couleur vert :	Moyenne
Racine : longueur :	Moyenne
Racine : largeur :	Moyenne
Racine : forme en section longitudinale :	Ob-triangulaire étroite
Racine : tendance à avoir une forme conique :	Forte
Racine : extrémité (à plein développement) :	Fortement pointue
Racine : couleur externe :	Orange
À l'exclusion des variétés à racine de couleur externe blanche : Racine : intensité de la couleur externe :	Moyenne
Racine pigmentation anthocyanique de la peau du collet :	Présente
Racine : annelure de la surface :	Absente ou très faible
Racine : couleur du cortex :	Orange
À l'exclusion des variétés à cœur blanc : Racine : intensité de la couleur du cœur :	Moyenne
Racine : couleur du cortex :	Orange
Plante : tendance à la montaison :	Faible

Plante : hauteur de l'ombelle primaire à l'époque de sa floraison :	Basse
Type de feuilles :	Ressemblant à une feuille de persil ou une fronde de fougère
Division des feuilles :	Fortement découpées
Couleur des feuilles :	Vert
Intensité de la couleur des feuilles :	Foncée
Recouvrement du sol par les feuilles :	Intermédiaire
Feuillage : Largeur de l'insertion :	Intermédiaire
Tendance à la montaison (première année) :	Faible
Vitesse de la montaison :	Lente



Figure 3.6 : Aspect morphologique de la variété Muscade d'Alger

Fiche synthétique : variété Hamraya

Feuillage : largeur de la couronne	Large
Feuille : port	Demi-dressé
Feuille longueur (pétiole compris)	Longue
Feuille : division	Fine
Feuille : intensité de la couleur vert	Moyenne
Racine : longueur	Très longue
Racine : largeur	Moyenne
Racine : forme en section longitudinale	Ob-triangulaire étroite à Rectangulaire étroite
Racine : tendance à avoir une forme conique	Faible
Racine : extrémité (à plein développement)	Légèrement pointue

Racine : couleur externe	Orange
À l'exclusion des variétés à racine de couleur externe blanche : Racine : intensité de la couleur externe	Moyenne
Racine pigmentation anthocyanique de la peau du collet	Présente
Racine : annelure de la surface	Moyenne
Racine : couleur du cortex	Orange
À l'exclusion des variétés à cœur blanc : Racine : intensité de la couleur du cœur	Claire
Racine : couleur du cortex	Orange
Plante : tendance à la montaison	Haute
Plante : hauteur de l'ombelle primaire à l'époque de sa floraison :	Haute
Type de feuilles :	Ressemblant à une feuille de persil ou une fronde de fougère légèrement découpées
Division des feuilles :	
Couleur des feuilles :	Vert
Intensité de la couleur des feuilles :	Foncée
Recouvrement du sol par les feuilles :	Dense (offrant une bonne protection des racines contre les rayons du soleil)
Feuillage : Largeur de l'insertion :	Étroite
Tendance à la montaison (première année)	Élevée
Vitesse de la montaison	Rapide



Figure 3.7 : Aspect morphologique de la variété Hamraya

Fiches descriptives globales des deux variétés

Les résultats décrits dans les fiches descriptives globales sont ceux déterminés au champ et au laboratoire, dans les conditions environnementales de la zone d'étude selon UPOV (2015). L'interprétation de ces fiches a permis de rassembler les caractères en deux groupes de caractères : caractères communs et caractères différents

A. Caractères communs entre les deux variétés de carotte (Hamraya et Muscade d'Alger) :

Ce groupe de caractères est moins important, il regroupe dix (10) caractères:

- Feuille : intensité de la couleur vert
- Racine : largeur
- Racine : couleur externe
- À l'exclusion des variétés à racine de couleur externe blanche : Racine : intensité de la couleur externe
- Racine pigmentation anthocyanique de la peau du collet
- Racine : couleur du cortex
- Racine : couleur du cortex
- Type de feuilles
- Couleur des feuilles
- Intensité de la couleur des feuilles

B. Les caractères différents entre les deux variétés de carotte : Les caractères qui diffèrent entre les deux variétés sont les suivants

- Feuillage : largeur de la couronne
- Feuille : port
- Feuille longueur (pétiole compris)
- Feuille : division
- Racine : longueur
- Racine : forme en section longitudinale
- Variétés notées entre 4 et 6 pour le caractère 10 uniquement : Racine : tendance à avoir une forme conique
- Racine : extrémité (à plein développement)
- Racine : annelure de la surface

- À l'exclusion des variétés à cœur blanc : Racine : intensité de la couleur du cœur
- Plante : tendance à la montaison
- Plante : hauteur de l'ombelle primaire à l'époque de sa floraison
- Division des feuilles
- Recouvrement du sol par les feuilles
- Feuillage : Largeur de l'insertion
- Tendance à la montaison (première année)
- Vitesse de la montaison

Discussion

La germination est le passage de la vie latente de la graine à la vie active, sous l'effet de facteurs favorables. Selon **Evenariin Mazliak (1982)**, c'est un processus physiologique dont les limites sont le début de l'hydratation de la semence et le tout début de la croissance de la radicule. Une semence a germé, lorsque la radicule a percé les enveloppes ou elle est visiblement allongée (**Come, 1970**).

Les résultats obtenus ont montré que les graines de ces deux variétés de carotte étudiées se caractérisent par une bonne aptitude à germer.

Nos résultats se concordent avec ceux de **Durr et al., (1990)** et de **Tamet (1992)**. En effet, ces auteurs montrent que les semences appartiennent à la variété Nandor (Clause, type Nantaise améliorée) qui est une variété hybride F1 (carotte); elle a été choisie parmi d'autres à cause de sa germination rapide et homogène fournissant un taux final de germination élevé (environ 96%).

La connaissance de la variabilité génétique est essentielle en sélection variétale. La mise en évidence de cette variabilité génétique pour certains caractères morphologiques constitue la première étape indispensable dans la description des ressources génétiques (**Radhouane, 2004**). En effet, tout programme d'amélioration s'appuie nécessairement sur la variabilité morphologique (**Smith et al., 1991**). Elle permet de mettre à la disposition des améliorateurs des informations capitales, nécessaires pour leurs travaux (**Fraleigh, 1987**). C'est dans ce contexte qu'une étude morphologique de deux variétés de carotte cultivée et commercialisée dans la région de M'sila (Algérie) s'est avérée nécessaire. Les analyses descriptives ont montré des différences hautement significatives pour la plupart des caractères morphologiques analysés. Ceci témoigne d'une variabilité inter-variété importante. Cette forte diversité morphologique résulterait des pratiques de gestion paysanne des semences. En effet, plusieurs auteurs ont montré que les pratiques de gestion paysanne des semences, notamment les échanges de variétés entre agriculteurs sont à l'origine d'une diversité importante entre les populations de plantes cultivées (**Mckeye, et al., 2001 ; Delaunay et al., 2008**).

Principales conclusions obtenus pendant ce travail sur l'analyse de la variabilité phénotypique des deux variétés de carottes :

L'analyse descriptive : D'après les résultats obtenus au cours de cette étude, nous remarquons une nette variabilité entre les deux variétés au niveau de la longueur de carotte commercialisable, du diamètre au collet, au diamètre au milieu, du diamètre à la pointe, de la teneur en vitamine C et de la teneur en Na⁺.

D'après le test F, les descripteurs morphologiques qui discriminent le mieux des deux variétés sont la teneur en vitamine C suivi par le diamètre de la pointe, le diamètre au collet, et la longueur de carotte commercialisable.

Fiches synthétiques : L'interprétation des fiches descriptives des deux variétés de carotte selon l'UPOV (2015) a permis de rassembler les caractères en deux groupes: le groupe 1, regroupe 10 caractères communs qui sont :

- Feuilles (intensité de la couleur vert, type de feuilles, couleur, Intensité de la couleur des feuilles),
- Racine (largeur, couleur externe ,intensité de la couleur externe, pigmentation anthocyannique de la peau du collet, couleur du cortex, couleur du cortex

Le groupe 2, englobe les caractères différents entre les deux variétés de carotte : qui sont :

- Feuillage (largeur de la couronne, port, longueur « pétiole compris », division, largeur de l'insertion).
- Racine (longueur, forme en section longitudinale, tendance à avoir une forme conique, extrémité « à plein développement », annelure de la surface, intensité de la couleur du cœur, tendance à la montaison
- Plante (hauteur de l'ombelle primaire à l'époque de sa floraison, recouvrement du sol par les feuilles
- Montaison (tendance à la montaison en première année), vitesse de la montaison

Nous avons enregistré une variabilité intra-spécifique pour dix-sept (17) paramètres. En outre, la grande différence entre les variétés est due probablement à la variabilité génétique des variétés.

CONCLUSION

Les résultats obtenus ont montré une très bonne aptitude à la germination des semences de ces deux variétés de carotte.

Les résultats préliminaires sur la diversité phénotypique de la carotte cultivée et commercialisée en Algérie montrent clairement que les deux variétés analysées présentent une variation pour l'ensemble des caractères utilisés, en particulier ceux liés aux feuilles, racines, et montaison. Il est important d'associer aux caractères morphologiques des techniques moléculaires telles que les microsatellites qui permettront de mieux caractériser les variétés.

Références bibliographiques

1. **Abdi A., Bekele E., Asfaw Z., Teshome A. (2002) :** Patterns of morphological variation of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) landraces in qualitative characters in North Shewa and South Welo, Ethiopia, *Hereditas*, 137,161– 172, pp.
2. **Adeyemi R.A., Gana A.S., Yusuf S.T. (2011) :** Biometrical Character Interrelationship And Morphological Variations In Some Upland Rice (*Oryza Sativa* L.) Varieties, *African Journal of Food Agriculture, Nutrition and Development*, 11, 2, 4673-4687, pp.
3. **Akanvou L., Akanvou R., Kouakou C.K., N'DA H.A., Koffi K.G.C. (2012) :** Évaluation de la diversité agro morphologique des accessions de mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R.Br.), *Journal of Applied Biosciences* 50 3468-3477, pp.
4. **Ali A., Ali N., Ali I., Adnan M., Ullah N., Swati Z.A. (2013) :** Morphological And Genetic Diversity Of Pakistani Wheat Germplasm Under Drought Stress, *International Journal of Advancements in Research & Technology*, 2, 186- 193, pp.
5. **Anne. (1945) :** Dosage rapide du carbone organique des sols. *Ann., Agro.* 2: 161-172 pp.
6. **Arumuganathan K. et Earle E. (1991) :** Nuclear DNA content of some important plant species. *Plant Molecular Biology Reporter* 9: 208-218 pp.
7. **Aubert G. (1978) :** Méthodes d'analyses des sols, Marseille, Editions CRDP, 360 pp.
8. **Ayana A., Bekele E. (1999) :** Multivariate analysis of morphological variation in sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) germplasm from Ethiopia and Eritrea, *Genetic Resources and Crop Evolution*, 46, 273–284 pp.
9. **Baize D. (1988) :** Guide des analyses courantes en pédologie. Ed. INRA, Paris.171 pp.

10. **Banga O. (1963)** : Origin and distribution of the western cultivated carrot. *Genetica Agraria* 17: 357–370 pp.
11. **Bautista Salas A.M, 2009** : Caractérisation agro-morphologique et moléculaire d'une collection de landraces péruviennes de pigeonpea (*Cajanus cajan L. Mill sp.*) pour l'analyse de sa diversité. Dissertation présentée En vue de l'obtention du grade de Docteur en Sciences, Unité de Recherche en Biologie cellulaire et moléculaire Végétale Rue de Bruxelles 61 B-5000 Namur – Belgique, 28 pp.
12. **Botineau M. (2010)** : Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs, Tec & Doc, Paris, 13-35 pp.
13. **Briard M., Le Clerc V., Peltier D., Suel A., Granger J., Dubois C. et Geoffriau E. (2007)** : Genetic Resources Management with Networks: the Example of the Network« Carrot and Other Daucus ». *Acta Horticulturae* 760: 99. In ; Mickael Lecomte, 2013 : Analyse des mécanismes de défense de la carotte (*Daucus carota*) face au champignon pathogène *Alternaria dauci*, responsable de l'alternariose ou brûlure foliaire. Thèse de Doctorat en Biologie cellulaire. Université d'Angers, 2013. 16 pp.
14. **Cecile.P, (2011)** : Repères technico-économiques : Cultiver la carotte de plein champ en agriculture biologique, Cette fiche a été élaborée dans le cadre du projet CAS DAR n°9016 « Accompagnement du développement et de la structuration de la filière légumes de plein champ en zones céréalières biologiques ».
15. **Chaux C. ET Foury C. (1994)** : Productions légumières - Tome 2 : Légumes feuilles, tiges, fleurs, racines, bulbes. Éditions Tec & Doc, Paris, 639 pp.
16. **Clotault J. (2009)** : Impact de la sélection sur l'expression et la variabilité de séquences de gènes de la voie de biosynthèse des caroténoïdes chez la carotte cultivée. Thèse de doctorat. Université d'Angers, Angers, 183 pp.
17. **Come D. (1970)** : Les obstacles à la germination. Ed. Masson et Cie, Paris, 162 pp.

18. **Collin. F. et Brun. L., Serpeille.. A., Laurent E., Broucqsault. LM, Jonis. M., Delmont F., Konaté K., (2005) :** Produire des semences de Carotte dans un itinéraire Agrobiologique, **FNAMS 74**, rue J. J. Rousseau 75001 Paris.
19. **Delaunay S., Tescar R-P., Oualbego A., Vom-brocke K., Lançon J., (2008) :** La culture du coton ne bouleverse pas les échanges traditionnels de semences de sorgho. *Cahiers Agricultures*, 189– 194 pp.
20. **Djellouli, H.T.Y. (1981) :** «Etude climatique et bioclimatique des hauts plateaux du sud Oranais, wilaya de Saida comportements des espèces vis à vis des éléments du climat», thèse de doctorat de 3eme cycle en science biologique, option écologie végétale, Université des Science et de la Technologie Houari Boumediene, Alger, 178 pp.
21. **Dinon, E. et Grstmans A. (2008) :** L'influence du pH sur l'assimilation des éléments nutritifs du sol par les plantes et sur la variété des plantes. Université de Liège, Printemps Des Sciences.
22. **Doré C. et Varoquaux F. (2006) :** Histoire et amélioration de cinquante plantes cultivées. Éditions Quae, 185 pp
23. **Downie S. R. ET Katz-Downie D. S. (1996) :** A Molecular Phylogeny of Apiaceae Subfamily Apioideae: Evidence from Nuclear Ribosomal DNA Internal Transcribed Spacer Sequences. *American Journal of Botany* **83**: 234-251 pp.
24. **Downham A. et Collins P. (2000) :** Colouring our foods in the last and next millennium. *International Journal of Food Science & Technology* **35**: 5–22 pp.
25. **D.S.A., (2010) :** Directions des services agricoles.
26. **D.S.A., (2017) :** Directions des services agricoles.
27. **Duvivier P., Hsieh P., Lai P., et Charles A. L. (2008) :** Evaluation of drying methods on antioxidant activity, total phenolics and total carotenoid content of sweet

potato (*Ipomea batatas* (L.) Lam) var Tainong73. Journal of International Cooperation, 3, 73-86 pp.

28. **Durr C, Tamet V, Boiffin J (1990)** : Redistribution of seed reserves during the emergence of carrot seed-lings and its influence on subsequent growth. In: Proceedings of the First Congress of the European Society of Agronomy (A Scaife, ed), Colmar: ESA, Sect 1, 43 pp.
29. **Foury C., et Pitrat M., 1994**: Histoires de légumes: des origines à l'orée du XXI^e siècle, Ed : INRA, Paris 127 pp.
30. **FAO, 2013** : Food and Agriculture Organisation (FAO) Institution spécialisée des Nations Unies.
31. **Fraleigh B., (1978)** : Importance des banques de ressources phylogénétiques, In: Amélioration et protection des plantes vivrières tropicales, (Éd) Saint Pierre C-A., Demaly Y., AUPELF-UREF, Québec, Canada, 13-18 pp.
32. **Gonny M., Bradesi P., et Casanova J. (2004)** : Identification of the components of the essential oil from wild Corsican *Daucus carota* L. using ¹³C-NMR spectroscopy. Flavour and Fragrance Journal **19**: 424–433 pp.
33. **Greco, J. (1966)** : «L'érosion, la défense et la restauration des sols, le reboisement en Algérie», Alger Algérie, 393 pp.
34. **Grubben, G.J.H. et Denton, O.A. (2004)** : Ressources végétales de l'Afrique tropicale 2. Légumes.(traduction de : Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables. 2004). Fondation PROTA, Wageningen Pays-Bas / Bchuys Publishers, Leiden, Pays-Bas / CTA, Wageningen, Pays-Bas. 318 pp
35. **Iorizzo M., Senalik D. A., Grzebelus D., Bowman M., Cavagnaro P. F., Matvienko M., Ashrafi H., Van Deynze A. et Simon P. W. (2011)** : De novo assembly

and characterization of the carrot transcriptome reveals novel genes, new markers, and genetic diversity. *BMC Genomics* **12**: 389 pp.

36. Le Clerc V. (2001) : Etude de la diversité génétique chez la carotte (*Daucus carota* L.): mise au point de stratégies d'analyse et de régénération des ressources génétiques. Thèse de doctorat. Université d'Angers, Angers, 125 pp.

37. Le Page R.et Meudec G. (2002) : L'abc du potager. Editions : Rustica, Paris, 49-51 pp.

38. Mazlaik E., (1982) : Physiologie végétale, croissance et développement. Tome 2. Ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris, 420 pp.

39. Mckeye D., Emperaie L., Elias M., Pinton F., Robert T., Desmoulière S. et RIVAL L., (2001) : Gestion locales et dynamiques régionales de la diversité variétale du manioc en Amozonie, *Genetic Selection Evolution*, 465-490 pp.

40. Messiaen C.M, Blancard.D, Rouxel.F, Lafon.R. (1991) : les maladies des plantes maraîchères (Du labo au terrain). Éditions Quae, 329-339-576 pp

41. Painting K.A., Perry M.C., Denning R.A. and Ayad W.G. (1993) : Guide de documentation des ressources génétiques: méthode d'autoformation pour la compréhension, l'analyse et l'utilisation de la documentation des ressources génétiques, 269 pp.

42. Péron J.-Y. (2006) : Références Productions légumières : 2ème édition. Synthèse Agricole,696 p. In ; Mickael Lecomte, 2013 : Analyse des mécanismes de défense de la carotte (*Daucus carota*) face au champignon pathogène *Alternaria dauci*, responsable de l'alternariose ou brûlure foliaire. Thèse de Doctorat en Biologie cellulaire. Université d'Angers, 2013. 13 pp.

43. **Pitrat M., et Foury C., (2003) :** Histoires de légumes: des origines à l'orée du XXI^e siècle, Ed : INRA, Paris 127 pp.
44. **Radhouane L. (2004) :** Etude de la variabilité morpho-phénologique chez *Pennisetum glaucum* (L.) R. Br., Plant Genetic Resources Newsletter, 18-22 pp.
45. **Reduron J.-P. (2007) :** Ombellifères de France - tome 2 (Bulletin de la Société Botanique du Centre-Ouest, 27). Société Botanique du Centre-Ouest, 564 pp.
46. **Rubatzky V. E., Quiros C. F. et Simon P. W. (1999) :** Carrots and related vegetable Umbelliferae. CABI, Wallingford, 310 pp.cbb
47. **Simon P. W., Freeman R. E., Vieira J. V., Boiteux L. S., Briard M., Nothnagel T., Michalik B. et Kwon Y.-S. (2008) :** Carrot. In : PROHENS J. ET NUEZ F. (eds). Vegetables II -*Fabaceae, Liliaceae, Solanaceae, and Umbelliferae*. Springer, New York, 327-357 pp.
48. **Small.E, (1978) :** A numeral taxonomic analysis of the *Daucus carota* complex. Canadian Journal of Botany 56: 248-276 pp.
49. **Smith S. E. Doss A. A. and Warburton M., (1991)** Morphological and agronomic variation in North African and Arabian alfalfas, Crop Science, 1159- 1163 pp.
50. **Staniszewska M., Kula J., Wieczorkiewicz M. et Kusewicz D. (2005) :** Essential Oils of Wild and Cultivated Carrots—the Chemical Composition and Antimicrobial Activity. Journal of Essential Oil Research 17: 579-583 pp.
51. **Tamet V (1992) :** Étude de la croissance hétérotrophes plantules de carotte (*Daucus carota* L).Conséquences sur l'implantation de la culture. Thèse docting, INA-PG, Paris, 87 pp.

- 52. Thellung M. A. (1927).** L'origine de la Carotte et du Radis cultivés.. In: Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale, 7^eannée, bulletin n°74, octobre 1927. 666-671, pp.
- 53. Tirilly Y. et Bourgeois C.-M. (1999) :** Technologie des légumes. Éditions Tec & Doc, 558 pp.
- 54. Truffaut G., (1978) :** Comment en soin son jardine éd : BORDAS, Paris, 112 pp.
- 55. Villeneuve F., et LETEINTURIER J. (1992) :** La carotte - Tome 2 : Etat des connaissances. Centre technique interprofessionnel des fruits et légumes, Paris, 227 pp.
- 56. Villeneuve F., et Leteinturier J (1992a) :** La Carotte: état des connaissances. Tome 2. CTIFL / SILEBAN, 227 pp. In : **Frédéric Suffert, 2006 :** Epidémiologie du cavity spot de la carotte perspectives d'application en protection intégrée. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Agrocampus Rennes, France. 23 pp.
- 57. Villeneuve F., et Leteinturier J (1992b) :** La Carotte: guide pratique. Tome 1. CTIFL / SILEBAN, 229 pp. In : **Frédéric Suffert, 2006 :** Epidémiologie du cavity spot de la carotte perspectives d'application en protection intégrée. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Agrocampus Rennes, France. 23 pp
- 58. Villeneuve F., et Letouzé P (1994) :** Variétés de carotte: faire le bon choix. Info-CTIFL 105: 28-33. In : Frédéric Suffert, (2006) : Epidémiologie du cavity spot de la carotte perspectives d'application en protection intégrée. Thèse pour l'obtention du grade de Docteur de l'Agrocampus Rennes, France. 23 pp
- 59. Vivek B.S., et Simon P. W. (1999) :** Linkage relationships among molecular markers and storage root traits of carrot (*Daucus carota* L. ssp. *sativus*). Theoretical and Applied Genetics **99**: 58-64 pp.