

Etude de la germination, morphologie et physiologie de quatre variétés de piment (*Capsicum annuum* L.) (Piment piquillo, Piment grec, Poivron california wonder, Peperone quadrato d'asti rosso)

**[Study of the germination, morphology and physiology of four varieties of pepper
(*Capsicum annuum* L.) (Piquillo pepper, Greek pepper, California wonder pepper,
Peperone quadrato d'asti rosso)]**

Saliha Meliani and Meriem Kaid Harche

Département de Biotechnologie, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Laboratoire des Productions Valorisations
Végétales et Microbiennes USTO-MB, Algeria

Copyright © 2020 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Capsicum annuum* is among the five domesticated species: *Capsicum* (*frutescens*, *annuum*, *baccatum*, *chinense* and *pubescens*) the most cultivated in the world. It adapts quite well to dry and hot environments. Environmental conditions have a great influence on flowering, self-fertilization and fruiting. Fleshy fruits contain seeds that maintain the diversity of the species. It is of real socio-economic importance, capable of providing a production of fruit consumed fresh or in the form of low-processed products (preserved chilli pepper, dried chilli pepper, spice, etc.) of high nutritional value essential for the survival of farmers. The study of the germination of four varieties was carried out respectively for Piquillo Pepper, Greek Pepper, California Wonder Pepper and Peperone quadrato d'asti Rosso. It begins with imbibition and ends when the percentage of water accumulated in the seed albumens of the four varieties reaches 0.362%, 0.370%, 0.364% and 0.372%, with penetration of the tegument. The latency time for all varieties is long. It is influenced by the albumen mass of the seed and by a slight tegumentary dormancy. A description of the plant of its above-ground and underground parts has been made. The determination of the amount of chlorophyll present in the cotyledonary leaves (playing an important role in the early development and growth of the seedling before the formation of true leaves) of the 4 varieties is different according to the varieties, it is 1.2; 3.6; 1.7 and 1.2.

KEYWORDS: Albumen, chlorophyll, dormancy, cotyledon leaf, seed.

RESUME: Le *Capsicum annuum* est parmi les cinq espèces domestiquées: *Capsicum* (*frutescens*, *annuum*, *baccatum*, *chinense* et *pubescens*) le plus cultivé dans le monde. Il s'adapte assez bien, au milieu sec et chaud. Les conditions environnementales ont une grande influence sur la floraison, l'autofécondation et la fructification. Les fruits charnus contiennent des graines qui assurent le maintien de la diversité de l'espèce. Il est d'une réelle importance socio-économique, capable, de fournir une production de fruits consommés frais ou sous forme de produits peu transformés (piment conservé, piment séché, épice, etc.) de valeur nutritive élevée indispensable à la survie des paysans. L'étude de la germination de quatre variétés a été réalisée respectivement pour le Piment piquillo, le Piment grec, le Poivron california wonder et le Peperone quadrato d'asti Rosso. Elle débute par l'imbibition et se termine lorsque le pourcentage d'eau cumulée dans les albumens de graines des quatre variétés atteint 0.362%, 0.370 %, 0.364% et 0.372 %, avec percée du tégument. Le temps de latence pour toutes les variétés est long. Il est influencé par la masse d'albumen de la graine et par une légère dormance tégumentaire. Une description de la plante de ses parties aérienne et souterraine a été réalisée. La détermination de la quantité de la chlorophylle présente dans les feuilles cotylédonaire (jouant un rôle important au début de développement et croissance de la plantule avant la formation de vraies feuilles) des 4 variétés est différente selon les variétés, elle est de 1.2; 3.6; 1.7 et 1.2.

MOTS-CLEFS: Albumen, Chlorophylle, dormance, feuille cotylédonaire, graine.

1 INTRODUCTION

La famille Solanacées comprend 2500 espèces [1] réparties en près de 95 genres [2]. Les genres *Capsicum* (piment), *Lycopersicon* (tomate) et *Solanum* (pomme de terre et aubergine), sont les plus cultivés pour leur importance alimentaire, économique et médicinale par la présence en abondance de la vitamine C, des antioxydants, de la capsaïcine, des flavonoïdes et de l'Alpha-tocophérol. Tous ces éléments présentent un intérêt médicinal certain. Ils ont un rôle dans la préservation de la santé humaine. Dans l'accélération de la cicatrisation [3], [4], le renforcement du système immunitaire; la protection contre certaines maladies chroniques comme le cancer et les maladies cardiovasculaires et contre d'autres maladies liées au vieillissement [5], [6]. Sur la base de la variation du nombre de sites de l'ADN chloroplastique des Solanacées, la tomate et la pomme de terre appartiennent au même clade tandis que l'aubergine et le piment sont distincts [7], [8].

Le piment et le poivron sont des fruits tropicaux originaires de l'Amérique de Sud et de l'Amérique Centrale. Leur culture fût, par la suite, répandue en Europe, en Afrique et en Asie [9], [10]. Le piment arrive en sixième position après la tomate, le bananier, le maïs, le gombo et la morelle noire (*Solanum nigrum*), et en première position dans le groupe des épices en zone forestière humide à pluviométrie bimodale [11]. Le genre *Capsicum annum* présente une grande variété de formes cultivées et renferme des variétés piquantes (piments forts) et non piquantes (piments doux = les poivrons) [12], [13], [9].

Le piment et le poivron sont des plantes annuelles diploïdes à 12 paires de chromosomes ($2n = 2x = 24$) [14], [15], [16], [17], [18], [19]. La taille du génome haploïde est d'environ 2.702 Mbp/C [20]. Ils comprennent 25 espèces [21] dont une vingtaine d'espèces sauvages [22], tandis que 5 espèces sont devenues domestiques. Celles ci se distinguent par leur type de développement; annuel ou vivace et aussi par certains caractères morphologiques [23]: *Capsicum frutescens*, *Capsicum annum*, *Capsicum chinense*, *Capsicum pubescens* et *Capsicum baccatum var pendulum* [15], [24], [25], [26], [19], [27]. Pour la plupart des variétés de piment, la floraison commence 40 jours après le repiquage [28]. Les fleurs de type pentamère, hermaphrodites, se reproduisent par autofécondation ou encore par allogamie résiduelle [29]. La pollinisation est entomophile (abeilles, thrips et autres insectes) dans des taux respectivement compris entre 7 et 37 %, et entre 2 et 78 % [30]. *Capsicum annum* comprend diverses variétés qui produisent des fruits aux saveurs les plus douces (poivron) et au plus piquantes (piment) [31].

Le fruit charnu est une baie indéhiscente, creuse qui dérive de la transformation d'un ovaire supère bicarpellaire avec un placenta axial, portant des graines [28]. Le *Capsicum* est composé de 58% de péricarpe coriace et charnu, de 34% de graine, de 7% de pédoncule épais variant suivant la forme ou la saveur (piquante ou douce) et de calice [32], [28]. Selon les variétés, il existe plusieurs formes de fruits qu'on peut regrouper en trois classes: les carrés, les rectangulaires et les triangulaires [33].

Le piment et le poivron ont une bonne adaptation aux conditions pédoclimatiques en Algérie. L'Algérie a occupé la 13^{ème} position pour la production de piment frais qui est de 268055 (t) avec un rendement 12,97 de tonnes par hectare. Elle a également occupé le 28^{ème} rang dans la production de piment sec qui est à 7600 (t) avec un rendement de 2 (t/ha). Les statistiques de la DSA Ain Defla en 2017 notent une augmentation de la production de piment d'année en année. Cette augmentation est due à l'amélioration des différentes techniques culturales utilisées dans le secteur agricole et à l'augmentation de la superficie destinée à cette culture. Elle est de 2472574,025 quintaux en 20015, pour une superficie récoltée de 10589,8825 d'hectares (rendement moyen: 233,484 (qx/ha).

Le fruit du piment et du poivron représentent donc un enjeu économique important soumis à une forte concurrence. Dans ce sens, notre travail a pour objectif d'étudier principalement la germination des graines de différentes variétés du genre *Capsicum annum* L. (*Piment piquillo*, *Piment grec*, *Poivron california wonder*, *Peperone quadrato d'asti Rosso*), ainsi que la morphologie et la physiologie de la plante.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

Le matériel végétal étudié a porté sur quatre lots de 30 graines commerciales de différentes variétés de piment: le *Piment grec*, le *Piment piquillo*, le *Poivron california wonder* et le *Peperone quadrato d'asti rosso*.

La longueur et la largeur des 30 graines de chaque variété ont été déterminées à l'aide d'un pied à coulisse. Le test statistique de Student a été employé pour calculer, les moyennes et les variances de longueurs et de largeurs des graines de quatre variétés de *Capsicum*.

Les graines sont soumises aux tests de germination de durée minimale de 21 jours. Pour cela, les graines sont disposées par lot de 15 par boîte de Pétri sur du papier filtre imbibé de 10 ml d'eau distillée. Les boîtes sont placées dans une étuve à la température de 25°C. La graine est considérée comme germée dès la sortie de la radicule, Elle est alors extraite du lot et comptabilisée. Le relevé des graines germées est effectué toutes les 24 heures.

Le passage progressif de semences germées en fonction du temps, montre l'évolution de la germination d'un lot de semences placées dans des conditions déterminées. Le processus de germination nous a permis d'évaluer respectivement:

- **La cinétique d'imbibition** (la phase réversible de la germination): Les graines ont été pesées toutes les 24 h durant 12 Jours. La courbe de la cinétique d'imbibition est déterminée par la mesure du pourcentage d'eau absorbée cumulé.
- **Le temps de latence** qui correspond au temps compris entre le début du test de germination jusqu'à la percée des téguments de la première graine par la radicule pour chaque variété.
- **Le taux de germination** est le nombre de graines germées par rapport au nombre total de graines semées, exprimé en pourcentage [34], [35].
- **L'indice de germination** permet d'exprimer l'énergie de germination responsable de l'épuisement des réserves de la graine germée par jour.

Les graines germées sont placées dans des alvéoles en plastique [à raison d'une graine pour chaque alvéole] remplies d'un mélange du sable fin et de tourbe (1v; 3v), et ce pour le développement et la croissance de la plantule issue de la germination épigée. Les apports d'eau par pulvérisation se faisant chaque 4 jours au substrat. Les paramètres d'étude des plantules âgées de 45 jours et 89 jours retenus sont d'ordre:

- **Morphologique:** La surface foliaire (SF) des feuilles cotylédonaire et les premières feuilles formées (en cm²), a été déterminée à l'aide d'un planimètre électronique, ainsi que la longueur des tiges et racines (en cm) de ces plantules;
- **Physiologique:** Le taux de chlorophylle (en CCI), des premières feuilles formées pour les quatre variétés à l'aide d'un chlorophyllomètre (chlorophyll content Meter, Model CCM- 200 plus) a été évalué pour connaître la quantité d'azote (concentration en chlorophylle) présente dans les feuilles de piment. La résistance stomatique (s.cm²) a été déterminée à l'aide d'un poromètre, la partie médiane de la feuille qui sert à la mesure est placée en contact avec le thermocouple de l'appareil de type Delta –T Devices AP4.

3 RÉSULTATS

3.1 MORPHOLOGIE DES GRAINES

Les graines du piment sont petites, plates, réniformes, de couleur crème (Fig.1a). La coupe longitudinale de la graine à cotylédons foliacés de piment (Fig.1 (b, c)) **montre** que l'embryon protégé par le tégument est constitué de trois parties:

- a) Une radicule qui se développera ultérieurement en racine principale;
- b) Une gemmule de la plantule qui édifiera la tige et les feuilles de la plante;
- c) Deux cotylédons minces foliacés enroulés autour de l'albumen, contenant des réserves nutritives.

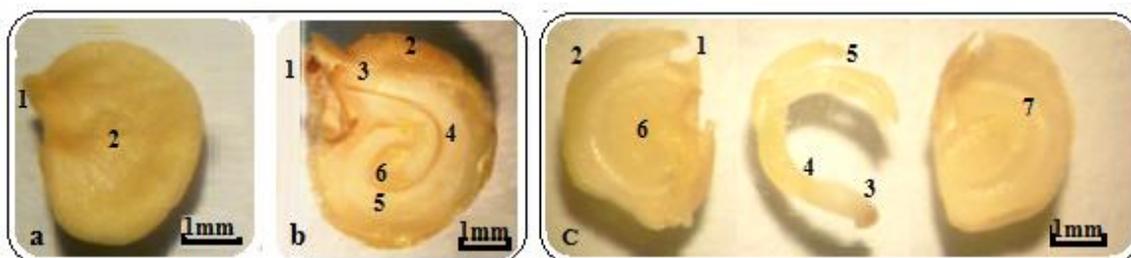


Fig. 1. Morphologie de la graine albuminée du piment (a); coupe longitudinale de la graine (b, c) (1: Micropyle; 2: Tégument; 3: Radicule, 4: Hypocotyle; 5: Cotylédon foliacé; 6: Albumen; 7: Trace des cotylédons foliacé).

Les mesures effectuées sur 30 graines pour chaque variété (Tableau 1) (Fig. 2) montrent que:

Pour le poivron (piment doux): les graines de *Peperone quadrato d'asti rosso* sont plus longues et plus larges que les graines de *California wonder* avec une longueur moyenne de (3,3 et 2,6) mm et une largeur moyenne de (3,8 et 3,3) mm. La variance de la longueur et largeur des graines de *Peperone quadrato d'asti rosso* est non significative avec (0,04 et 0,07) mm, contrairement à celle de *California wonder* avec une variance significative de (2,32 et 2,50) mm;

Pour le piment, les graines de *Piment grec* sont plus longues et plus larges que les graines de *Piment piquillo*, respectivement avec une longueur moyenne de (3,6 et 3,1) mm et une largeur moyenne de (4,2 et 3,7) mm. La variance de la longueur et la largeur des graines des deux variétés est non significative soit de (0,03 et 0,06) mm et de (0,10 et 0,05) mm

Tableau 1. Valeurs des diamètres des graines des quatre variétés de piment

Variétés	Piment		Poivron (piment doux)	
	<i>Piment piquillo</i>	<i>Piment grec</i>	<i>California wonder</i>	<i>Peperone quadrato d'asti rosso</i>
Longueur _{moy} (mm)	3,1	3,6	2,6	3,3
Variance	0,06	0,03	2,32	0,04
Ecart type (mm)	0,25	0,18	1,52	0,20
largeur _{moy} (mm)	3,7	4,2	3,3	3,8
Variance	0,05	0,10	2,50	0,07
Ecart type (mm)	0,22	0,32	1,58	0,27

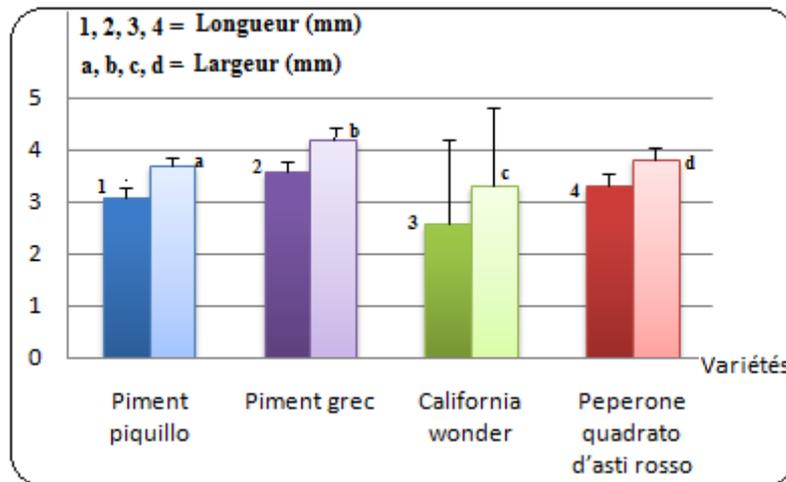


Fig. 2. Diamètres des graines des quatre variétés de Piment

3.2 GERMINATION DES GRAINES DES QUATRE VARIETES

La graine commence à germer par l'imbibition de la graine déshydratée (Fig. 3a) suite à une absorption rapide d'eau, provoquant ainsi le gonflement des graines de piment (Figure.3 (b, c)) et ce jusqu'à ce que le pourcentage d'eau cumulée dans l'albumen atteigne (0.370; 0.372; 0.364; 0.362) % respectivement pour (*Piment grec*; *Peperone quadrato d'asti Rosso*; *Piment piquillo*; *California wonder*) (Tableau 2) (Fig.4). L'imbibition des graines et la percée de la radicule est longue pour toutes les variétés. Elle est de 6 et 9 jours pour *Piment grec* et *Peperone quadrato d'asti Rosso* et de 11 jours pour *Piment piquillo* et *California wonder* (Tableau 2). Quant au taux de germination pour une période énergétique de 21 jours, il est très élevé avec (100%, 90% et 80%) pour (le *Piment grec*, *Peperone quadrato d'asti rosso* et *Piment piquillo*) et moyenne avec 66,6% pour *California wonder*. Alors que l'indice de germination respectivement est à 10,69; 3,49; 2,67 et 2,19 (Tableau 3) (Fig.5).

Les résultats obtenus nous montrent que ces indices dépendent étroitement de la taille des graines. Les graines possédant le diamètre élevé absorbent rapidement une quantité plus élevée d'eau. Elle est influencée par la masse d'albumen de la graine et probablement par une légère dormance tégumentaire.

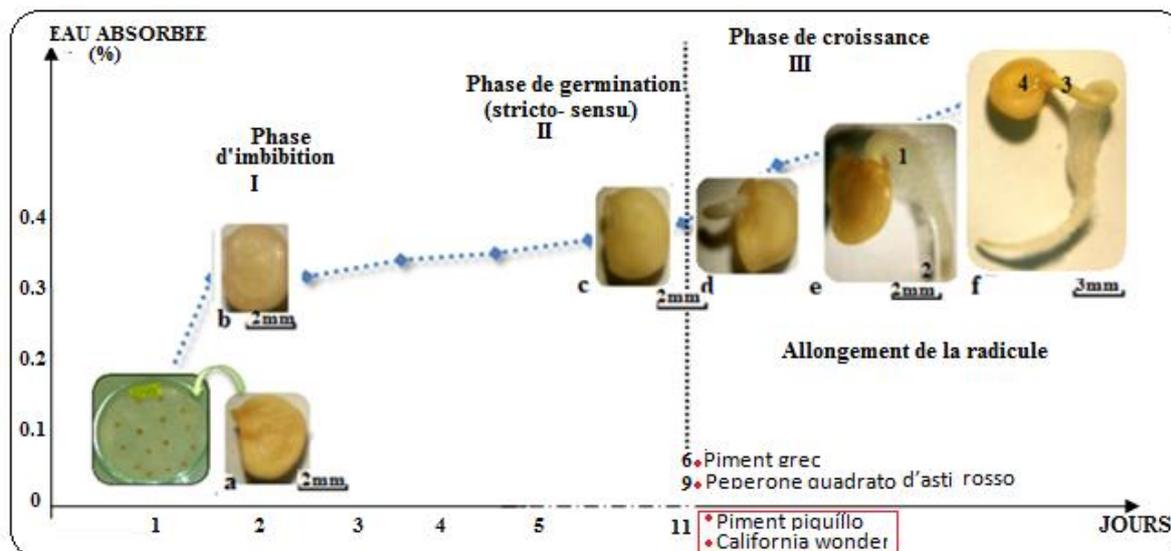


Fig. 3. Germination et premiers stades de la croissance du Piment grec [Graine déshydratée (a); graine réhydratée (b, c); graine germée (d); apparition de poils absorbants; croissance de la plantule (e, f)] [(poil absorbant (1); apex (2); hypocotyle (3); tégument (4)]

Tableau 2. Cinétique d'imbibition (pourcentage d'eau absorbée cumulé des graines de quatre variétés de Piment)

Variétés Jours	Piments		Poivron (piment doux)	
	Piment piquillo	Piment grec	California wonder	Peperone quadrato d'asti rosso
% d'eau absorbé cumulé des graines mises à germées				
1 ^{er} jour	0.205	0.294	0.243	0.262
2 ^{ème} jour	0.207	0.297	0.248	0.265
3 ^{ème} jour	0.223	0.320	0.272	0.290
4 ^{ème} jour	0.229	0.329	0.293	0.294
5 ^{ème} jour	0.237	0.348	0.296	0.334
6 ^{ème} jour	0.249	0.370	0.302	0.346
7 ^{ème} jour	0.257	0.452	0.313	0.361
8 ^{ème} jour	0.298	0.489	0.329	0.469
9 ^{ème} jour	0.310	0.538	0.334	0.372
10 ^{ème} jour	0.335	0.549	0.344	0.383
11 ^{ème} jour	0.364	0.562	0.362	0.385
12 ^{ème} jour	0.382	0.579	0.379	0.403

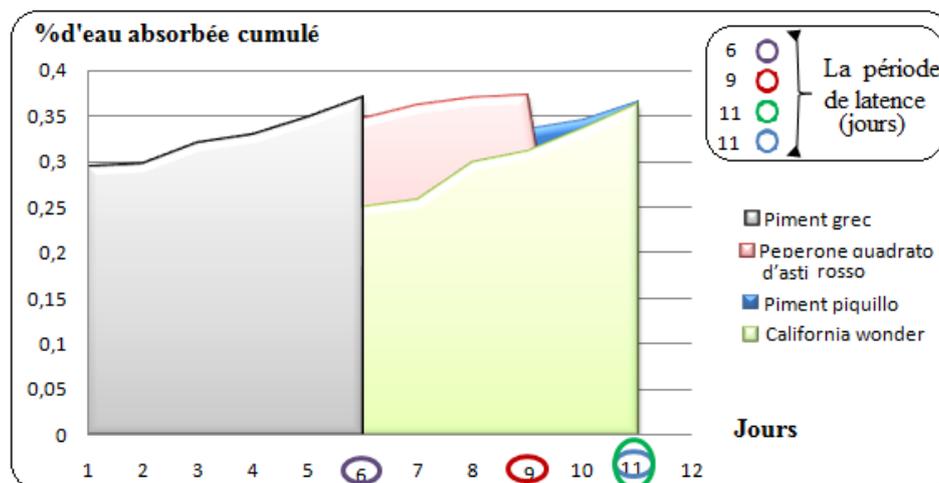


Fig. 4. Le pourcentage d'eau cumulée dans la graine avec percée du tégument, de toutes les variétés de piment

Tableau 3. Taux de germination des graines des quatre variétés de piment

Variétés Jours	Piments		Poivron (piment doux)	
	<i>Piment piquillo</i>	<i>Piment grec</i>	<i>California wonder</i>	<i>Peperone quadrato d'asti rosso</i>
	Nombre des graines germées			
1 ^{er} - 5 jour	0	0	0	0
6 ^{ème} jour	0	13	0	0
7 ^{ème} jour	0	20	0	0
8 ^{ème} jour	0	23	0	0
9 ^{ème} jour	0	25	0	01
10 ^{ème} jour	0	26	0	02
11 ^{ème} jours	01	29	01	09
14 ^{ème} jours	10	30	08	22
15 ^{ème} jours	15	30	12	24
17 ^{ème} jours	21	30	15	25
18 ^{ème} jours	22	30	18	27
21 ^{ème} jours	24	30	20	27
Taux de germination (%)	80	100	66,66	90
Indice de germination	2,67	10,69	2,19	3,49

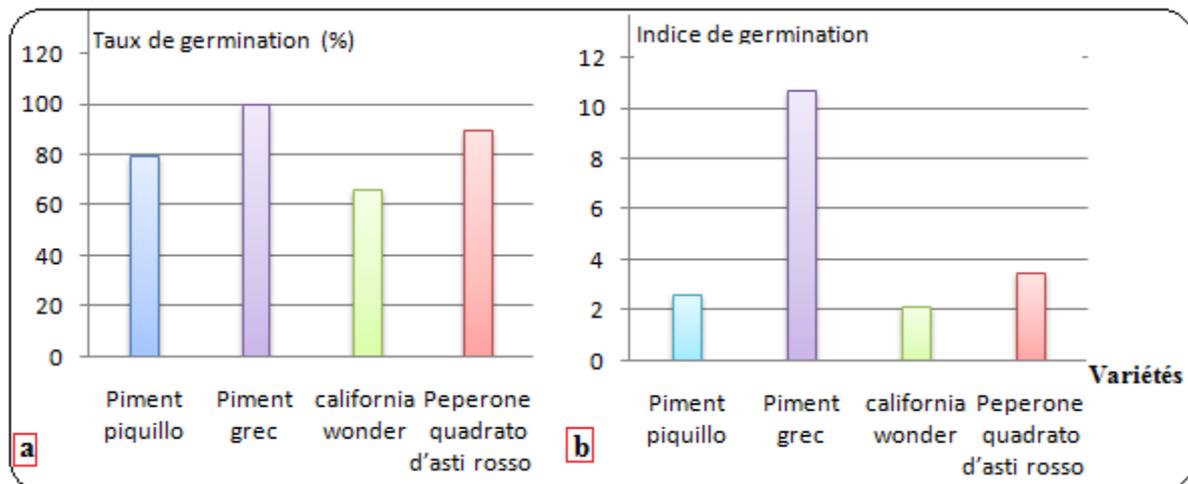


Fig. 5. Taux de germination (a) et l'indice de germination (b) des quatre variétés de piment

3.3 GERMINATION EPIGEE DU PIMENT

Les plantes du piment et du poivron commencent leur croissance par le développement de la racine. La racine (Fig. 3d) s'allonge et la zone pilifère portant les poils absorbants (Fig. 3e) apparaît d'abord chez les deux variétés de poivron, la *California wonder* et *Peperone quadrato d'asti Rosso* lorsque la longueur de la racine atteint 3,1mm, ensuite chez le *Piment piquillo* et le *Piment grec* avec des longueurs de racine respectives de 4,6mm et 5mm.

Les graines germées du piment et du poivron (Figure. 3d) qui sont mises dans des alvéoles en plastique se développent: la racine s'enfonce dans le substrat pour fixer les végétaux, les cotylédons foliacés restent enfermés à l'intérieur du tégument de la graine (Figure. 3f), à ce stade ils n'alimentent pas l'embryon; cet embryon se nourrit au détriment des réserves de l'albumen existant dans la graine (Fig. 6a). Les feuilles cotylédonaires sont soulevées au-dessus du substrat, par l'accroissement de l'axe hypocotyle de la plantule (Fig. 6 b).

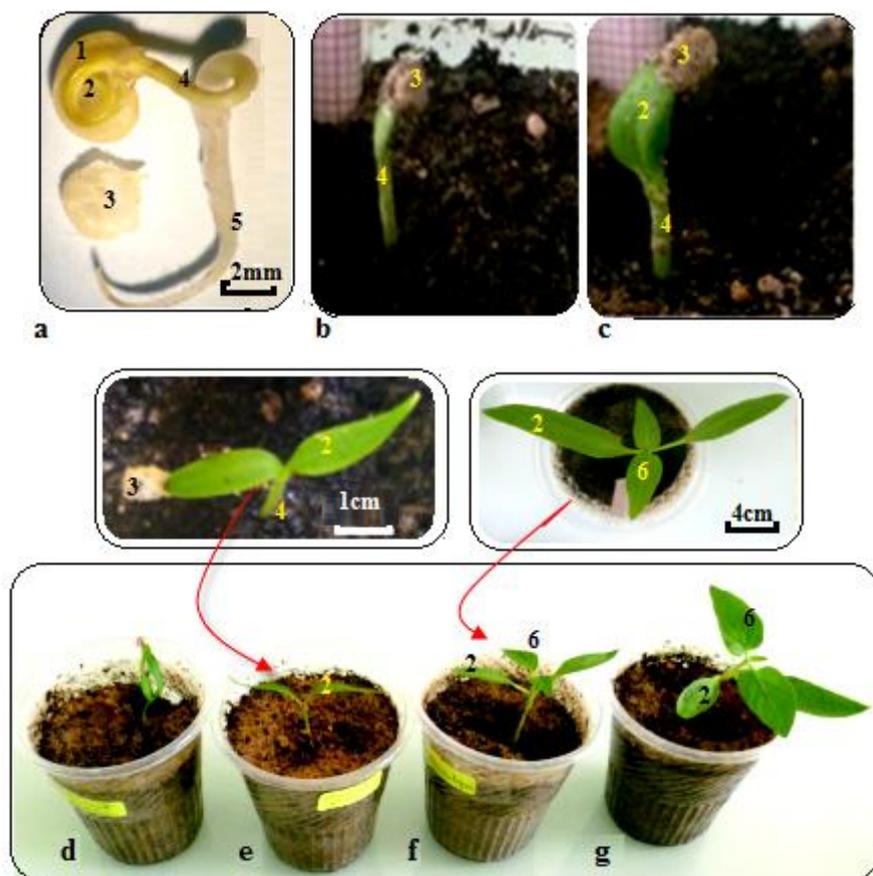


Fig. 6. Germination épigée du Piment grec et croissance de la plante tégument (1); cotylédons foliacés (2); cotylédones (3); hypocotyle (4) Racine (5); Premières Feuilles (6)

Au stade où l'albumen est presque épuisé, les cotylédons foliacés opposée, avec nervure principale centrale et des nervures secondaires peu apparentes, s'épanouissent à l'air, verdissent, s'étalent et contribuent à l'alimentation de la plantule par l'assimilation chlorophyllienne (Fig.6 (c, d e)). Le bourgeon terminal assure la croissance de la tige épicotylée qui constitue la tige feuillée au-dessus du cotylédon et donne naissance tardive, après deux mois de semis aux premières vraies feuilles (Fig. 6f) en alternance pour le piment grec suivi avec une différence de quelques jours respectivement pour le *Peperone quadrato d'asti rosso*, le *Piment piquillo* et le *California wonder*.

La surface foliaire cotylédonaire est différente d'une variété à l'autre. Elle est, pour les plantes âgées de 65 jours, de l'ordre de (98.33mm², 96.33 mm², 59.33 mm², 72.33 mm²) respectivement pour le *Piment grec*, le *Peperone quadrato d'asti rosso*, le *Piment piquillo* et le *California wonder* (Tableau 4) (Fig.7). Ce paramètre influe directement sur la croissance de la longueur de la tige et de la racine avec, respectivement, [(59, 28); (33, 27); (27, 24); (21, 17) mm].

Tableau 4. Paramètres morphologiques des plantules âgées de 45 jours des quatre variétés du piment

Variétés	Piments		Poivron (piment doux)	
	<i>Piment piquillo</i>	<i>Piment grec</i>	<i>California wonder</i>	<i>Peperone quadrato d'asti rosso</i>
Surface foliaire de feuille cotylédonaire (mm ²)	59,3	98,3	72,3	96,3
Longueur de tige (mm)	21	59	27	33
Longueur de racine (mm)	17	28	24	27

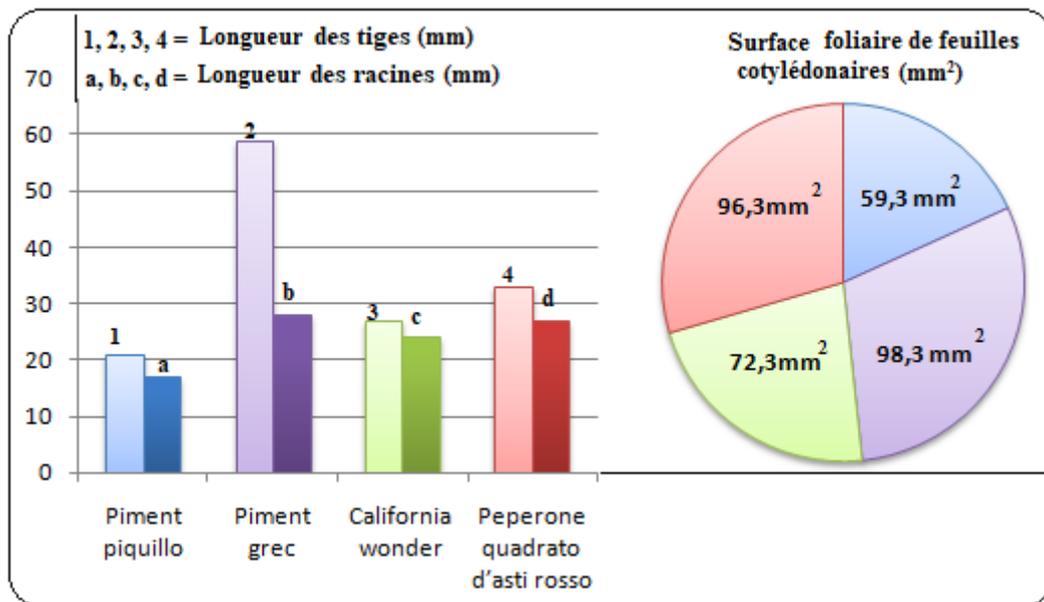


Fig. 7. Paramètres morphologiques [longueur de (tiges et racines)] et la surface de feuilles cotylédonaire des plantules, âgées de 45 jours des quatre variétés du piment

3.3.1 TAUX DE CHLOROPHYLLE DES FEUILLES

Les feuilles de plante des quatre variétés de piment âgées de 89 jours sont utilisées pour la détermination du taux de chlorophylle et la mesure de la résistance stomatique.

Le taux de chlorophylle évalué, indique que la quantité de chlorophylle varie selon les différentes variétés. Elle est très importante avec 3.6 CCI, dans les feuilles du *Piment grec* possédant une surface foliaire de 296mm². Elle baisse avec la diminution de la surface foliaire du *Peperone quadrato d'asti rosso* (174,33mm²); du *California wonder* (145,66mm²) et du *Piment piquillo* (60,33mm²), avec, respectivement (1.76 1.23; 1.20) CCI (Tableau 5).

3.3.2 MESURE DE LA RÉSISTANCE STOMATIQUE

Les résultats de la résistance stomatique des premières feuilles formées des quatre variétés, mesurée par le poromètre de type Delta-TD evices AP4, montre que les échanges gazeux, et notamment la fourniture en CO₂, sont plus élevés chez le *Piment grec* qui possède une surface foliaire élevée (296mm²) avec une résistance stomatique 0,055 (cm².s⁻¹). Cette résistance diminue avec la diminution de la surface foliaire [*Peperone quadrato d'asti rosso* (174.3mm²); *California wonder* (145.6mm²); *Piment piquillo* (60.33mm²)] respectivement avec (0.046; 0.035; 0,034) (cm².s⁻¹).

Tableau 5. Surface foliaire, taux de chlorophylle et résistance stomatique de la 1^{ère} feuille formée des plantules âgées de 89 jours des quatre variétés du piment

Variétés	Piments		Poivron (piment doux)	
	<i>Piment piquillo</i>	<i>Piment grec</i>	<i>California wonder</i>	<i>Peperone quadrato d'asti rosso</i>
Surface foliaire (mm ²)	60,3	296	145,6	174,3
Taux de chlorophylle (CCI)	1,20	3,60	1,23	1,76
Résistance stomatique (cm ² .s ⁻¹)	0,034	0,055	0,035	0,046

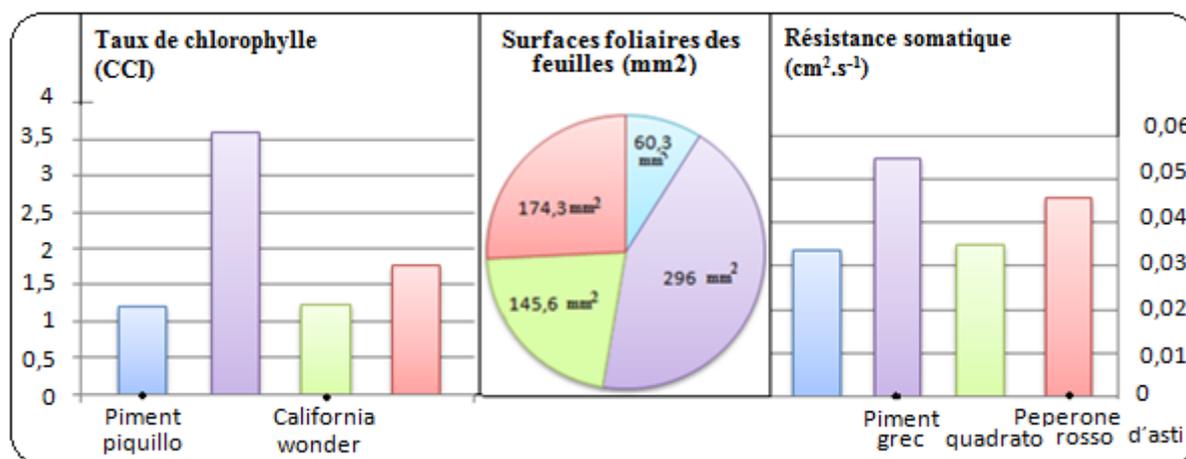


Fig. 8. Taux de chlorophylle; Surface foliaire et Résistance stomatique des 1^{ères} feuilles formées de plantules âgées de 89 jours des quatre variétés du piment

Le (Tableau 4 et 5) (Fig. 7 et 8) montrent qu'il existe une corrélation positive entre la surface foliaire, Taux de chlorophylle et la résistance stomatique. La réduction de la surface foliaire conduit à une réduction de nombre des stomates. Cela mène inévitablement à une diminution de l'activité photosynthétique. De ce fait elle influe en partie sur la croissance et le développement de la plantule.

Les plantules des 4 variétés continuent leur développement et sa croissance en édifiant une plante à port herbacé qui se traduit par des modifications quantitatives, impliquant une augmentation des dimensions (longueur, surface, masse) et des modifications qualitatives qui se traduisent par l'acquisition de nouvelles propriétés morphologiques et fonctionnelles

Le bourgeon apical situé entre les feuilles cotylédonaire, édifie des feuilles simples à bord lisse, glabres, lancéolées, aplaties qui présentent une symétrie dorso-ventrale, et sont de couleur verte plutôt brillante. Le limbe est parcouru de nervures secondaires apparentes qui constituent à la fois le système conducteur des sèves et la charpente de la feuille. La nervure principale est proéminente sur la face abaxiale et creuse sur la face adaxiale. La feuille est fixée sur la tige anguleuse, verte à brun vert par un long pétiole souple au niveau d'un nœud (Fig. 9 (a, b et c)).

Le système racinaire du piment et du poivron est d'abord pivotant, de couleur brun jaunâtre à partir de laquelle se ramifient les racines secondaires (Fig. 9 d).

Les racines adventives prennent naissance latéralement sur hypocotyle enfouie dans le sol. Elles interviennent en complément de l'enracinement latéral pour empêcher la plante de se courber. (Fig. 9d).

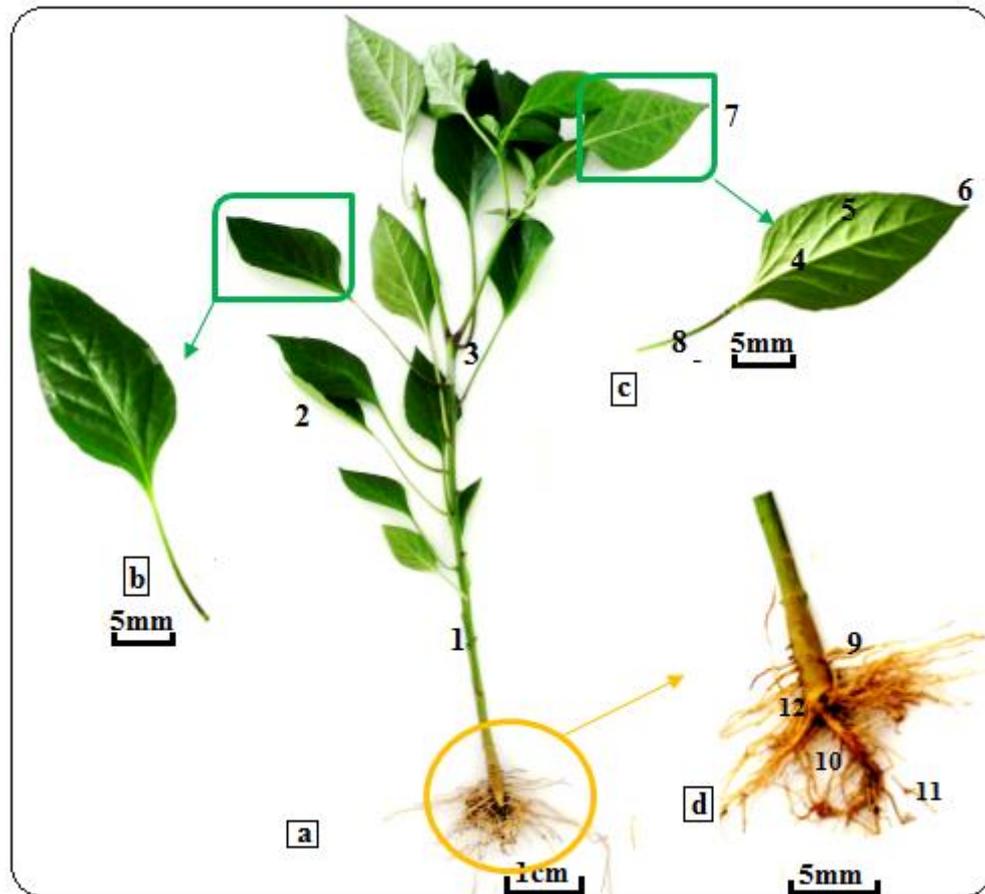


Fig. 9. Morphologie de la plante adulte du piment (plante de piment (a); face adaxiale de la feuille (b); face abaxiale de la feuille (c); système racinaire (d)). (tige (1); feuille (2); nœud (3); nervure principale (4); nervure secondaire (5); feuille (6); limbe (7); pétiole (8); racine adventive (9); racine principale (10); racine secondaire (11); collet (12)).

4 DISCUSSION

Le zygote issu de la fécondation se développe aux dépens de réserves de l'albumen, il forme la plantule qui donnera une nouvelle plante ou sporophyte.

Les semences du piment et du poivron sont classées dans la catégorie des graines microbiotiques c'est à dire qu'elles ne survivent pas plus de 3 ans [36]. Elles sont constituées d'un embryon (plantule en miniature), de tissus de réserve (albumen) nécessaires au développement de la plantule enfermée dans le tégument, enveloppe protectrice plus au moins résistante. Elles ne peuvent germer qu'après une dormance ayant plusieurs origines: soit l'immaturité des téguments, ou celle de l'embryon ou des deux en même temps [37]., [38] ont signalé que la graine est considérée mature lorsque toutes les parties qui la constituent sont complètement différenciées morphologiquement et lorsque l'amidon, les protéines, les lipides, et les nutriments à travers l'activité des enzymes et des voies spécifiques sont disponibles pour l'embryon de la graine.

[39], [40] ont mentionné que 1 gramme de piment contient environ 140 à 150 graines. Les semences de piment fraîchement préparées possèdent un niveau de dormance qui est spontanément élevé au cours de la période de conservation [41]. Elles peuvent conserver 50 % de leur viabilité pendant 03 ans (la durée pendant laquelle les semences restent vivantes et gardent leur pouvoir germinatif) lorsqu'elles sont conservées dans un milieu aseptique, sec et sombre [42] dans du matériel de conditionnement (verre, papier, film en aluminium, film en polyéthylène, tissu, sac en jute avec ou sans doublure plastique) [43], [44]. Selon [45], [46] cette conservation retarde seulement leur vieillissement ainsi que la perte de la capacité de germination.

La germination se déroule de la graine sèche jusqu'au percement du tégument au niveau de micropyle par la radicule [47]., [48] ont signalé que c'est à ce moment, la germination stricto sensu est terminée. Tout ce qui déroule ensuite est la croissance de la plante. Le phénomène apparent pour la levée de dormance et la germination de la graine, est marqué par l'augmentation du volume de la semence par suite d'absorption d'eau extérieure par capillarité. Cette entrée d'eau permet l'activation métabolique de la graine [49]. Les réserves de toute nature sont ainsi digérées [50] pour être utilisée par l'embryon, provoquant le gonflement des cellules et donc leur division [51].

La germination est l'ensemble des phénomènes chimiques et physiologiques [48], caractérisés par le passage d'une semence de l'état de vie ralentie à un stade qui assure l'émergence de la plantule capable de croître normalement aux dépens de la graine [47], [52], [53].

La germination des graines de différentes tailles des 4 variétés de *Capsicum* à la température 25°C est hétérogène avec (100%, 90% et 80%) pour (le *Piment grec*, *Peperone quadrato d'asti rosso* et *Piment piquillo*) [54]. a constaté que chaque espèce dispose d'un délai de germination spécifique à sa nature. Ce phénomène a été expliqué par [55], qui a signalé que l'espèce, la variété, la taille, le poids et l'âge des semences sont des facteurs génétiques qui peuvent avoir une influence sur la qualité germinative des semences.

[43] ont signalé que la germination des semences de piment serait soumise à un contrôle hormonal. L'acide gibbérellique (GA) est reconnu pour avoir la propriété d'accélérer la germination des semences de piment [56], et ce, en régulant l'expression génique. Les produits codés par ces gènes comprennent les amylases ainsi que d'autres enzymes responsables de la dégradation des glucides mis en réserve et utilisés dans le développement de l'embryon [57]. Tout ce qui se produira après la germination est considéré comme relevant du phénomène de la croissance [58].

La plantule continue son développement en absorbant l'albumen. La racicule possédant un gravitropisme positif croit la première et s'enfonce dans le sol comme chez les plantes des Angiospermes [59]. Suit alors l'allongement lent de l'hypocotyle qui soulève les cotylédons foliacés, enfermés dans le tégument de la graine au-dessus de sol [60]. a mentionné que les cotylédons foliacés sont fréquents au niveau des plantes à germination épigée mais ne permettent pas de nourrir l'embryon.

Après l'épuisement de l'albumen et la perforation du tégument de la graine de piment, les cotylédons qui se présentent sous forme foliacée, s'épanouissent et deviennent verts après leur exposition à la lumière et contribuent à ce moment-là à l'alimentation du jeune plant par l'assimilation chlorophyllienne. On passe ainsi d'un embryon hétérotrophe à une jeune plante autotrophe ce phénomène a été aussi défini par [47]. Les deux premières feuilles apparaissent tardivement, puis au cours du temps d'autres feuilles apparaissent au long de l'axe épicotyle de la plante [61]. ont révélé que les méristèmes apicaux caulinaires édifient continuellement des organes au cours du développement de l'appareil aérien et que le méristème apical caulinaire maintient la présence de cellules en prolifération, tout en assurant la différenciation des organes latéraux de la plante.

5 CONCLUSION

L'étude de la germination des graines, nous a permis de connaître la biologie et la physiologie des plantules de 4 variétés de piment (le *Piment grec*, *Peperone quadrato d'asti rosso* et *Piment piquillo*).

L'étude nous a permis d'observer les premiers signes visibles de changement d'apparence morphologiques de la graine mise en germination. Elle nous a aussi permis d'observer le percé du tégument par la racicule qui se fait au niveau de micropyle, suivi par la germination épigée qui est subdivisée en quatre étapes.:

- Soulèvement des cotylédons foliacés par l'hypocotyle au-dessus du sol,
- Epanouissement et verdissement des cotylédons foliacés pour la réalisation de la photosynthèse qui permet la synthèse de la matière organique nécessaire au bon développement de la plantule.
- Apparition tardive de vraies premières feuilles en alternance.

L'Algérie possède un climat méditerranéen qui favorise un bon développement de fruits de piment. Une attention particulière doit être accordée à la plantation de cette plante qui présente une riche diversité génétique. Une étude de cette espèce doit être réalisée pour ressortir les variétés les plus intéressantes et assurer leur régénération d'une campagne agricole à une autre.

REFERENCES

- [1] R. G. Olmstead, L. Bohs, H.A. Migid, E. Santiago-Valentin, V. F. Garcia and S. M. Collier, "A molecular phylogeny of the Solanaceae," *Taxon*, no. 57, pp 1159-1181, 2008.
- [2] Angiosperm Phylogeny Group, "An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III," *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol.161, pp 105-121, 2003.
- [3] Y. Lee, L. R. Howard and B. Villalon, "Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annum*) Cultivars," *J. Food Sci*, Vol. 60, no. 3, pp 473-476, 1995.
- [4] A. Topuz and F. Ozdemir, "Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annum L.*) grown in Turkey," *J. Food Compos. Analy*, no. 20, pp 596-602, 2007.
- [5] J. K. Willcox, S. L. Ash and G.L. Catignani, "Antioxidants and prevention of chronic disease," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr*, Vol. 44, no.4, pp 275-95, 2004.

- [6] A. M. Chuah, Y. C. Lee, T. Yamaguchi, H. Takamura, L. J. Yin and T. Matoba, "Effect of cooking on the antioxidant properties of coloured peppers," *Food Chem*, no. 111, pp 20–28, 2008.
- [7] R.G. Olmstead and J.D. Palmer, "Implications for the phylogeny, classification, and bio- geography of *Solanum* from cpDNA restriction site variation," *Syst Bot*, no. 22, pp 19–29, 1997.
- [8] S. Doganlar, A. Frary, M. C. Daunay, R. N. Lester and S.D. Tanksley, "A comparative genetic linkage map of eggplant (*Solanum melongena*) and its implications for genome evolution in the Solanaceae," *Genetics*, no. 161, pp 1697-1711, 2002.
- [9] F. Menichini, R. Tundis, M. Bonesi, M.R. Loizzo, F. Conforti, G. Statti, B. De Cindio and P. J. Houghton, "The influence of fruit ripening on the phytochemical content and biological activity of *Capsicum chinense* Jacq. Cv Habanero," *Food Chemistry*, no. 114, pp 553– 560, 2009.
- [10] A. R. Zimmer, B. Leonardi, D. Miron, E. Schapoval, J. R. Oliveira and G. Gosmann, "Antioxidant and anti-inflammatory properties of *Capsicum baccatum*," From traditional use to scientific approach. *Journal of Ethnopharmacology*, Vol.139, no.1, pp 228-233, 2012.
- [11] J. Gockowski and N. M. Ndoumbe, An analysis of horticultural production and marketing systems in the forest margins ecoregional benchmark of southern Cameroon, In *Resource and Crop Management Research Monograph No. 27*, International Institute of tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigeria, 1999.
- [12] H. Jolicoeur, *Les chasse-ours à base de poivre de Cayenne*, Société de la faune et des parcs du Québec Ed. Direction du développement de la faune Québec, 2001.
- [13] K. Tano, R. Koffi-Nevry, M. Koussémon and M. K. Oulé, "The effects of different storage temperatures on the quality of fresh Bell pepper (*Capsicum annum* L.)," *Agricultural Journal*, Vol. 3, no. 2, pp 157-162, 2008.
- [14] P. G. Smith and C. B. Heiser, "Taxonomy of *Capsicum sinense* Jacq, and the geographic distribution of the cultivated *Capsicum* species," *Bull. Torrey Bot Club*, no. 84, pp 413-20, 1957.
- [15] L. F. Lippert, P. G. Smith and B. O. Bergh, "Cytogenetics of the vegetable crops. Garden pepper, *Capsicum* sp," *Botanical Rev*, Vol.32, no. 1, pp 24-55, 1966.
- [16] B. Pickersgill, "Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chili peppers (genus *Capsicum*)," *Evolution*, no. 25, pp 683-691, 1971.
- [17] V. A. Limaye and V. P. Patil, "Karyomorphological studies in the genus *Capsicum* Linn," *Cytologia*, Vol. 54, no.3, pp 455-463, 1989.
- [18] E. A. Moscone, M. Lambrou, A. T. Hunziker and F. Ehrendorfer, "Giemsa C-banded karyotypes in *Capsicum* (Solanaceae)," *Plant. Syst. Evol*, no. 186, pp 213-229, 1993.
- [19] M. T Pozzobon, M. T. Schifino-Wittmann and L. D. B. Bianchetti, "Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (Solanaceae) species: do $x = 12$ and $x = 13$ represent two evolutionary lines?" *Botanical J. of the Linnean Society*, Vol. 151, no. 2, pp 259-269, 2005.
- [20] K. Arumuganathan K and E. Earle, "Nuclear DNA content of some important plant species," *Plant Molecular Biology Reporter*, no. 9, pp 208-218, 1991.
- [21] J. Baral and P.W. Bosland, "Genetic diversity of a *Capsicum* germplasm collection from Nepal as determinate by randomly amplified polymorphic DNA markers," *J. Amer. Soc Hort. Sc*, no. 127, pp 316 – 324, 2002.
- [22] W. H. Eshbaugh, "The Taxonomy of the genus *Capsicum* Solanaceae," *Phytologia*, no. 47, pp 153-166, 1980.
- [23] C. M. Messiaen, *Le potager tropical, tome 2: cultures spéciales*. Collection « Techniques vivantes ». Presses Universitaires de France, 1975.
- [24] W. H. Eshbaugh, *The Taxonomy of the genus Capsicum Solanaceae*. In: E. Pochard (ed) *Capsicum 77 Comptes Rendus 3ème Congrès EUCARPIA Piment*, Avignon-Montfavet, France, 1977.
- [25] M. J. McLeod, W. H. Eshbaugh and S. I. Guttman. A preliminary biochemical systematic study of the genus *Capsicum*-Solanaceae, In: J. G. Hawkes, R. N. Lester and A. D. Skelding (eds) *The biology and taxonomy of the Solanaceae*. Academic Press, London, 1979.
- [26] B Pickersgill, C. B. Jr. Heiser and M. C. Neill, Numerical taxonomic studies on variation and domestication in some species of *Capsicum*. In: J.G. Hawkes, R. N. Lester, Skelding AD (eds) *The biology and taxonomy of the Solanaceae*. Academic Press, London, 1979.
- [27] De Teodoro-Pardo, C. V., García-Velázquez A, T. Corona-Torres, "Chromosome Polymorphism in *Capsicum annum* L. (Solanaceae)," In *Collections from Puebla, Morelos and Queretaro, Mexico*. *Agrociencia*, Vol. 41, no. 8, pp 873-881, 2007.
- [28] J. C., Rajput and Y. R. Parulekar, *Capsicum*. In: D. K. SALUNKHE and S. S. KADDAM, *Handbook of vegetable science and technology; production, composition, storage and processing*, Marcel Dekker, Inc. New York, USA, 1998.
- [29] D. De Witt and P. W. Bosland, *The pepper garden*. Ten Speed Press. Berkeley, California, USA, 1993.
- [30] O. Kallo, *Vegetable breeding*, Vol. I. CRC Press, Inc. Boca Raton / Florida, USA, 1988.
- [31] L. Perry, R. Dickau, S. Zarrillo, I. Holst I, D. M. Pearsall, D. R. Piperno, M. J. Berman, R. G. Cooke, K. Rademaker, A. J. Ranere, J. S. Raymond, D. H. Sandweiss, F. Scaramelli, K. Tarble and J. A. Zeidler, "Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L) in the Americas," *Science*, no. 315, pp 986–988, 2007.

- [32] V. S. Govindarajan, "Capsicum – production, technology, chemistry and quality. part I. History, botany, cultivation and primary processing," *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, Vol. 22, no. 2, pp 109-176, 1985.
- [33] M. Pitrat, C. Foury, – *Histoires de légumes - Des origines à l'orée du XXI e siècle*, Ed. Quae. Amazon France, 2004.
- [34] D. Côme, *Germination*. In P. MAZLIAK, *croissance et développement. Physiologie Végétale 2*, Ed. Herman, paris, 1982.
- [35] P. MAZLIAK, *Physiologie végétale, croissance et développement*, Tome 3 Ed. Hermann éditeurs des sciences et des arts, collecte méthodes, Paris, 1982.
- [36] A.J. Ewart, "On the longevity of seeds," *Proc. Royal Soc. Victoria*, Vol.21, no. 1, pp 1-210, 1908.
- [37] R. Heller, R. Esnault and C. lance C, *physiologie végétale et développement*, Ed. Dunod, Paris, 2000.
- [38] M. Miransari and D. Smith, "Rhizobial Lipo-Chito oligosaccharides and gibberellins enhance Barley (*Hordeum vulgare L.*) seed germination," *Biotechnology*, Vol. 8, no. 2, pp 270 – 275, 2009.
- [39] J.W. Pursglove, *Tropical Crops: Dicotyledons*, Ed. Longman Group Ltd, Singapore, 1984.
- [40] C. Chaux and C. Foury, *Productions Légumières: Légumineuses potagères - Légumes fruits*. Tome 3, Coll. « agriculture d'aujourd'hui: Sciences, Techniques, Applications ». Tec & Doc. Lavoisier, Paris, France, 1994.
- [41] C. E. Dorworth and C. M. Christensen, "Influence of moisture content, temperature and storage time upon changes in fungus flora germinability and fat acidity values of soybeans," *Phytopathology*, Vol. 58, no. 11, pp 1457-1459, 1968.
- [42] S. Ashworth, *Seed to seed: seed saving techniques for the vegetable gardene*, Seed Saver Publications, Decorah, Iowa / USA, 1991.
- [43] R.H. Ellis, T.D. Hong, E. H. Roberts, "Procedure for safe removal of dormancy from rice seeds," *Seed Science and Technology*, no.11, pp 72-112, 1983.
- [44] D. F. Grabe and D. Isely, "Seed storage in moisture resistant packages," *Seed World*, no. 104, pp 2-5, 1969.
- [45] J. A. Oladiran and S. A. Ogunbiade, "Germination and seedling development from pepper (*Capsicum annum L.*) seeds following storage in different packaging materials," *Seed Science and Technology*, no. 28, pp 413-419, 2000.
- [46] W. M. Randle and S. Honma, "Dormancy in peppers," *Scientia Horticulturae*, no. 14, pp 19-25, 1981.
- [47] P. Binet and J. P. Brunel, *Physiologie végétale*. Ed. Doin, Paris, 1968.
- [48] M. Evenari, *Les problèmes physiologiques de la germination*, Bulletin. Société. Française. Physiologie. Végétale. Vol.3, no. 4, pp 105 - 124, 1957.
- [49] J. F. Morot-Gaudry, F. Moreau, R. F. Prat, C. Maurel, H. Sentenac, *Biologie végétale, Nutrition et métabolisme* Ed. Duno, France. Paris, 2009.
- [50] V. Michel, *La production végétale, les composantes de la production*, Ed. Danger. Paris, 478p.
- [51] D. SOLTNER, *Les bases de la production végétale: la plante*, Ed. Collection sciences et technique agricole Paris, 2007.
- [52] D. Côme, *Les obstacles à la germination*, Ed. Masson et compagnie. Paris, 1970.
- [53] L. Guyot, *La biologie végétale*, 4ème Ed. Collection "que sais-je". Presses Universitaires de France, 1978.
- [54] G. QUILLEC G and J. L. RENARD, "L'Helminthosporiose du cocotier. Etudes préliminaires," *Oléagineux*, Vol. 30, no. 5, pp 209-213, 1975.
- [55] D. Corne, *Germination of seeds of some aromatic plants*, In: *Identification, Preservation, Adaptation, and Cultivation of Selected Aromatic and Medicinal Plants Suitable for Marginal Lands of the Mediterranean Region (Progress report of the EEC CAMAR-Programme No. 8001-CT91-0104, February 1993–August 1993)*, Mediterranean Agronomic Institute of Chania, 1993.
- [56] J. Sosa-Coronel and J. E. Motes, "Effect of Gibberelic acid and seed rate on pepper seed germination in aerated water columns," *Journal of the American Society of Horticultural Science*, no. 107, pp 290-295, 1982.
- [57] W. G. Hopkins, *Physiologie végétale*, 2ème Ed. De Boeck. Bruxelles, 2003.
- [58] A. M. Mayer and A. Poljakoff-Mayber, *The germination of seeds*, Fourth Ed. Pergamon Press. Toronto, 1989.
- [59] C. Gimeno-Gilles, E. Lelievre, L. Viau, M. Malik-Ghulam, C. Ricoult, A. Niebel, N. Leduc, A. M. Limami, "ABA-Mediated Inhibition of Germination Is Related to the Inhibition of Genes Encoding Cell-Wall Biosynthetic and Architecture: Modifying Enzymes and Structural Proteins in *Medicago truncatula* Embryo Axis," *Mol Plant*, no. 2, pp 108-119, 2009.
- [60] G. De La Mensbrugge, *La germination et les plantules des essences arborées de la forêt dense humide de la Côte D'Ivoire*, Ed. Nogent-sur-Marne: CTFT (Nogent-sur-Marne, France), 1966.
- [61] D. Autran and J. Traas, "Organisation et fonctionnement des cellules souches végétales: le méristème apical d'*Arabidopsis*," *Médecine/Sciences*, no. 17, pp 836-844, 2001.